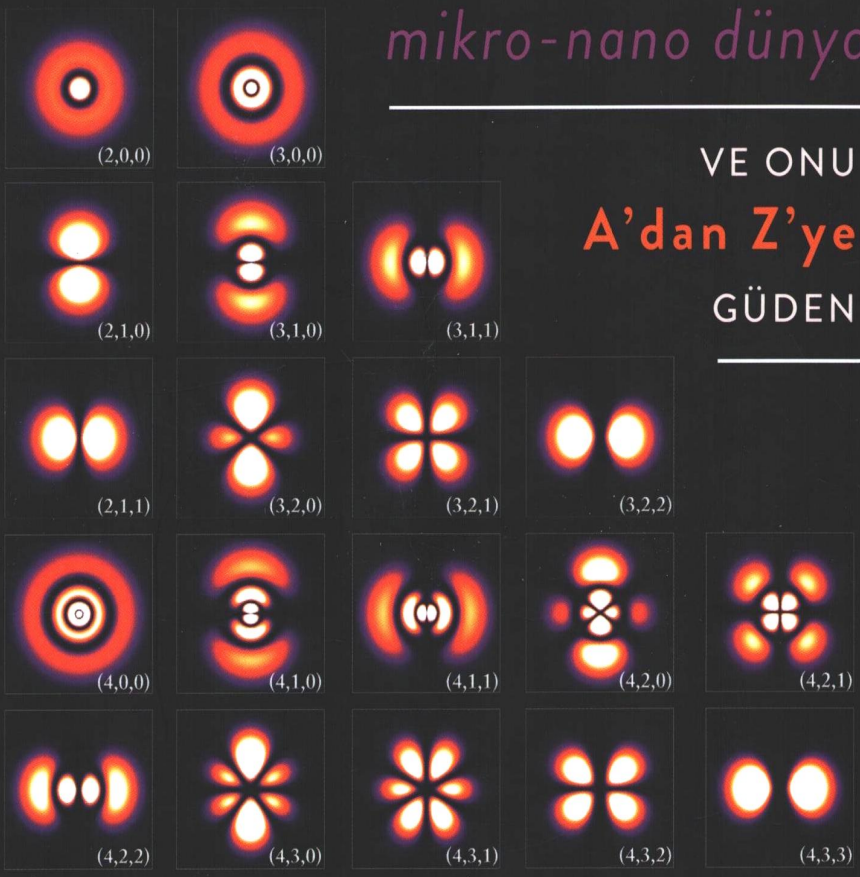
# JOHN GRIBBIN

*mikro-nano dünya*

VE ONU
A'dan Z'ye
GÜDEN




# KUANTUM

TEMEL PARÇACIKLAR İÇİN DÜŞÜNÜLMÜŞ(?) AMA
FİZİĞİN NEREDEYSE "BÜTÜNÜNÜ" KAPSAYAN BİR

## ANSİKLOPEDİK SÖZLÜK

ALFA | BİLİM

4139 | ALFA | BİLİM | 189

# *Mikro-Nano Dünya ve Onu A'dan Z'ye Güden KUANTUM ANSİKLOPEDİK SÖZLÜK*

JOHN GRIBBIN

Tam zamanlı bir bilim yazarı olmadan önce Cambridge Üniversitesinde astrofizik bölümünde eğitim görmüştür. *Nature* ve *New Scientist* için çalışmalar yapan Gribbin ayrıca *The Times*, *The Guardian* ve *The Independent*'a bilim dalında yazdığı makalelerle katkıda bulunmuştur. Ayrıca BBC Radyo 4 için de pek çok bilim dizisi hazırlamıştır. John Gribbin yazılan nedeniyle İngiltere ve Amerika'da pek çok ödül almıştır. Halen Sussex Üniversitesinde astronomi bölümünde misafir araştırmacı olarak görev yapmaktadır. Alfa Bilimden çıkan kitapları şunlardır: *Çoklu Evrenler*, *İlk Şempanze*, *Derin Basitlik*, *Schrödinger ve Kuantum Devrimi*, *Bilim Tarihi*, *Her Şeyin Nedeni*, *Evren* ve *İnsan Olmak*. John Gribbin ayrıca *Innervisions* [İçgörü] dahil olmak üzere pek çok bilimkurgu eserinin de yazarıdır. Doğu Sussex'te yaşayan Gribbin evli ve iki çocuk babasıdır.

R. ÖMÜR AKYÜZ

İstanbul Üniversitesi fizik bölümünde lisans öğreniminden (1959-1963) sonra ABD'de Worcester P.I.'de yüksek lisansını (1966-1968), ardından Brown Üniversitesinde doktorasını tamamlamıştır (1972). Deniz Astsubay S.H.O'da öğretmenlik (1965-1966), Ç.N.A.E.M.'de (1963-1966) ve ABD Brookhaven N.L.'de deneysel araştırmalara katılmış olup akademik yaşama 1972 yılında Boğaziçi Üniversitesinde başlamıştır. Arada, bir yıla yakın Danimarka Niels Bohr Enstitüsünde ve kısa sürelerle Trieste Abdüsselam Fizik Merkezi ile Niels Bohr Enstitüsünde araştırmalar yapmış, sırasıyla konuk olarak İ.Ü.F.F., İ.Ü.E.F., İ.T.Ü., Koç, Işık ve Yeditepe Üniversitelerinde dersler vermiş, çeşitli liselere danışmanlık yapmıştır. 2001-2011 yılları arasında Eczacılık ve Eğitim Fakültesi dekanlıkları yaptığı Yeditepe Üniversitesine katılmıştır (bu arada bir süre MEB TTK'nın da danışmanlığını yapmış, 4 yıllık lise fizik müfredat çalışmalarına katılmıştır). 2011 yılından bu yana – ders vermeye hiç ara vermediği– Boğaziçi Üniversitesinde emekli olarak ders vermektedir. Çeşitli dergilerde fizikle ilgili İngilizce ve Türkçe makalelerinin yanı sıra popüler dergilerde ve gazetelerde fizik, eğitim ve siyaset üzerine çeşitli yazıları yayımlanmış; Richard Feynman'ın *Kuantum Elektrodinamiği-KEDİ*, S. Weinberg'in *"Bir Ötesi Olmayan Kuram" Düşleri*, Lee Smolin'in *Evrenin Yaşamı* ve Pauline Gagnon'un *Herkes İçin Parçacık Fiziği* kitaplarını Türkçeye kazandırmıştır.

*Mikro-Nano Dünya ve Onu A'dan Z'ye Güden Kuantum*
© 2020, ALFA Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.

*Q is for Quantum: An Encyclopedia of Particle Physics*
© 1998, John and Mary Gribbin

**Yayıncı ve Genel Yayın Yönetmeni** M. Faruk Bayrak
**Genel Müdür** Vedat Bayrak
**Yayın Yönetmeni** Mustafa Küpüşoğlu
**Dizi Editörü** Kerem Cankoçak
**Redaksiyon** Mehmet Ata Arslan
**Çeviren** R. Ömür Akyüz
**Kapak Tasarımı** Füsun Turcan Elmasoğlu
**Sayfa Tasarımı** Mürüvet Durna

ISBN 978-625-449-350-8
ISBN 978-625-449-402-4 (ciltli)
1. Basım: Eylül 2021

Baskı ve Cilt
**Melisa Matbaacılık**
Çiftehavuzlar Yolu Acar Sanayi Sitesi No: 8 Bayrampaşa-İstanbul
Tel: 0(212) 674 97 23 Faks: 0(212) 674 97 29
Sertifika no: 45099

**Alfa Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.**
Alemdar Mahallesi Ticarethane Sokak No: 15 34110 Cağaloğlu-İstanbul
Tel: 0(212) 511 53 03 (pbx) Faks: 0(212) 519 33 00
www.alfakitap.com - info@alfakitap.com
Sertifika no: 43949

# JOHN GRIBBIN

*mikro-nano dünya*

VE ONU
**A'dan Z'ye**
GÜDEN

# KUANTUM

TEMEL PARÇACIKLAR İÇİN DÜŞÜNÜLMÜŞ(?) AMA
FİZİĞİN NEREDEYSE "BÜTÜNÜNÜ" KAPSAYAN BİR

## ANSİKLOPEDİK SÖZLÜK

Derleyen: Mary Gribbin
Çizimler: Jonathan Gribbin
Zamandizini: Benjamin Gribbin

ALFA

# İçindekiler

ÇEVİRMENİN ÖNSÖZÜ, 7
SUNUŞ, 9
A-Z SÖZLÜK, 21
ÇEVİRMENİN NOTLARI, 544
KAYNAKÇA, 559
ZAMAN DİZİMİ, 563

Kuantum mekaniğini hiç kimsenin anlamadığını güvenle söyleyebileceğimi düşünüyorum. ... Kendinize "ama bu nasıl olabilir?" deyip durmaktan da kaçınabilirseniz kaçının, yoksa çıkışına henüz kimsenin ulaşamadığı bir sokakta, pis su giderine doğru "boşuna" akıp gidersiniz. Bunun nasıl böyle olabildiğiniyse (hâlâ) hiç kimse bilmiyor.

***Richard P. Feynman,***
*Fizik Yasaları Üzerine*

# ÇEVİRMENİN ÖNSÖZÜ

Astrofizikçi John Gribbin yetkin ve üretken bir popüler fenbilimi yazarıdır. (Ancak *SI* birimler sistemine ve *standart* kuantum mekaniğine karşıdır.) Fen konularında, birçoğu fizik üzerine çok sayıda ilgi çekici, kolay anlaşılır ve öğretici kitap yazmıştır. Elinizdeki kitap, *popülerliğin* biraz *ötesine* geçse de meraklısı için atomaltı parçacıkları ve ilişkilerini inceleyen fizik dalını ve bunun ardalanını oluşturan –hatta neredeyse fiziğin bütününe yayılan– terimlerin ve bilgilerin açıklamalarıyla ilgili önemli kişilerin kısa yaşam öykülerini de alfabetik sırasıyla sunuyor.

Kitabın, özgün adındaki (*Q for Quantum*) "KUANTUM" ile sunulma sebebi sanırım bu terimin bir süredir "parabilim," hatta *sosyal* bilim çevrelerinde "gizemli" bir anlam yüklenerek kullanılmasından ötürü "reklam amacı" gütmek de olabilir. Tıpkı *The God Particle* [Tanrı Parçacığı] adlı kitabın, yazarı Leon Lederman'ın "Tanrı'nın belası parçacık, bulunamadı gitti!" gibi bir sözü üzerine *yayıncı tarafından* "iyi reklam olur" diye adlandırılması gibi (Amanda Gefter'in, *New Scientist*, 20 Eylül 2008'de Frank Wilczek'in *The Lightness of Being*. Basic Books, N.Y., 2008 adlı kitabını tanıtan yazısından).

Kitabı "kullanmaya" başlamadan önce fenbilimleri hususunda *çok önemli* bir noktanın iyice anlaşılmasını isterim: Doğa yasaları, doğayı gözlem ve deneylerle "okurken" algıladığımız ve/veya esinlendiğimiz düzenliliklerin, (fenbilimlerinde ve özellikle de fizikte) matematiğin[1] diline dökülebilen temel ilkelerdir. Ayrıca bunları "doğru" olarak değil, "geçerli" olarak nitelemek gerekir çünkü belli sınırlar içinde işe yarasalar bile daha küçük-büyük/yakın-uzak/incelikli-kaba vb koşullarda bakıldıklarında doğaya tam uymadıkları anlaşılabilir ya da böyle olduğu ortaya çıkabilir. En basit ve önemli örneği, Newton fiziğinin; günlük yaşamda ve kimi çok ciddi uzantılarında çok elverişli ve kullanışlı olmasına karşın, çok "mikro," çok hızlı ve çok "makro" dünyalarda geçerli olan kuantum kuramı ile görelilik kuramlarının, ancak özel koşullarda –"yakın," "yavaş," "büyük," "küçük" vb– aldıkları biçimler olmasıdır. Bir tek elektromanyetizma kuramı *erişilebilen* her koşulda –şimdilik?– geçerliliğini korumaktadır.

Öte yandan, özgün kitap 1997'de tamamlanıp 1998'de yayımlandığından, metinde belirtilen kimi tarihlerde güncelleme yapılmak gerekti. Ayrıca bilgi edinebildiğim durumlarda sonraki gelişmelere de değindim; bunları ve bana yer yer eksik/muğlak/yanıltıcı gelen kimi hususları kitabın sonundaki notlarla tamamlamaya, açıklık getirmeye ve düzeltmeye uğraştım,[2] umarım yerinde ve yararlı olmuştur. Öte yandan yazarın kullandığı kimi açıklama ve benzetimler ABD toplumuna özgü kullanım ve alışkanlıklara dayanmakta. Bunları elimden geldiği kadar uyarlamaya çalıştım, ancak hepsinde yeterince başarılı olduğumu sanmıyorum. Kalabilecek başka kusurlar için de "okuyan 'yazandan' arif olsun."

Öte yandan dilimizde tam karşılıkları olmayan üç yeni kelime önerimi kitabın sonunda bulabilirsiniz: **yalınık = discreet, dolanca = orbit (dolancamsı = orbital), devingi = momentum.** Bir de "öngörü" yerine **"önsöyüm/önsöyme (predict)"** öneriyorum çünkü "öngörü" –şaşılacak şekilde– *karşıt* anlamlarda kullanılmakta ve de "önsöyüm" özgün İngilizcesine tam uyuyor!

Dahası özgün yazılışları Standart Latin harfleri dışındaki harflerle olan kelimeler "okundukları" gibi yazılmıştır. Örneğin å→o, ø→ö.

Ömür Akyüz
Kasım, 2020

# SUNUŞ

## Kuantumun Peşinde

*Mikrodünyanın yüz yılı aşan bilimsel incelenişinin aşağıdaki bu hızlı gözden geçirilişi, kitabın ana parçasının ayrıntılarını tarihsel bir görünüm içine yerleştirmeyi amaçlıyor. Ardından tüm teknik terimler alfabetik sırasıyla eksiksiz[3] açıklanıyor.*

Kuantum dünyası,[4] mikrodünya denilen çok küçüklerin dünyasıdır. Göreceğimiz gibi kuantum etkileri her ne kadar moleküller gibi daha büyük nesneler[5] için bile önemli olsalar da gerçek kuantum yöresi, parçacık fiziğinin[6] atomaltı dünyasıdır. İlk tanışılan atomaltı parçacık olan ***elektron*** 1897'de, mikrodünyanın günümüzdeki kavranışını toparlayan bu kitabın tamamlanmasından tam yüz yıl önce (bu kitabın tamamlandığı 1997 yılına göre) ***J. J. Thomson*** tarafından belirlenmişti. Ama kuantum dünyasını bugün tanıtmak için sırf bu yıldönümünün hoşluğunu bahane etmiyoruz. Artık parçacık fizikçileri, nesnelerin *ne*'den yapıldığını, bu nesnelerin birbirleriyle nasıl etkileştiğinin iyi bir kavranışını, Thomson'ın keşfinin insanların mikrodünyaya ilişkin düşünüşlerine getirdiği değişimden bütün zamanlarda edinilenlerden çok daha tam ve doyurucu olarak geliştirmiş bulunuyorlar. ***Parçacık Fiziğinin Standart Modeli*** kuantum mekaniğinin kuralları üzerine kurulmuş olup dünyanın –***gluon***[7] ve ***vektör bozonu*** denilen değiş-tokuş parçacıklarıyla bir arada tutulan– temel yapıtaşları olan ***lepton*** ve ***kuark***larla nasıl kurulmuş olduğunu anlatıyor.

Ama Standart Modelin son söz olduğuna fizikçilerin bile inandıklarını sanmayın, çünkü bu ne de olsa en azından ***kütleçekim*** içermiyor. Kuramsal fiziğin yapısı, yirminci yüzyılda kurulmuş iki büyük kuram üzerine kuruludur: kütleçekim ve Evrenin geniş çapta yapısını betimleyen *genel görelilik kuramı* ile mikrodünyayı betimleyen *kuantum kuramı*. Bu iki

büyük kuramı tek bir paket olarak bir ***her şeyin kuramı*** içinde birleştirmek, fizikçilerin 21. yüzyıla girilirken, peşinden koştukları ***Kutsal Kâse***[8] konumundadır. ***Standart Model***'in sağlamlığını artıp duran bir incelik ve kesinlikle sınamak için Cenevre'deki ***CERN*** ve Chicago'da bulunan ***Fermilab***'dakiler gibi ***hızlandırıcı***larda deneyler yapılagelmekte. Zaman zaman Standart Modelin yeterli olmadığına ilişkin izler kendini göstermekte ve bunlar da basına fiziğin sıkıntıya düştüğüne ilişkin başlıklar atma fırsatı vermektedir. Aslında bu, Standart Modelin ötesinde bir şeyler olabileceğine ilişkin izleri; bunların son söz olmadığının fazlasıyla farkında olan fizikçiler –eldeki kuramları ne denli "güzel" olursa olsun– hoş karşılıyor. Ama, ne yazık ki henüz Standart Modelin ötesinde bulunabileceklere ilişkin bu izlerin hiçbirisi, daha sıkı incelemelere karşı duramadı. 1997 İlkbaharında (hatta şimdi bile) eldeki en iyi koz hâlâ Standart Model.

Yine de Standart Modelin ötesinde her ne yatıyorsa bu hâlâ kuantum fiziğinin kurallarını bir şekilde içerecektir. Tıpkı genel görelilik kuramında kütleçekimin Newtoncı biçimi özel bir durum olarak bulunduğu için ***Newton kuramı*** hâlâ işlerin yürüyüşünü birçok uygulamada (Jüpiter'e gönderilen uzay yoklayıcısının yörünge hesabı gibi) çok iyi ve sağlıklı şekilde betimliyorsa, mikrodünyanın geliştirilmiş her kuramı da kuantum kuramını içine almak zorundadır. ***Albert Einstein*** kütleçekimin gelişkin bir kuramını ortaya koyduğunda elmalar yukarıya düşmeye başlamadıklarına göre, kuantum dünyasının ürkütücülüğünü fiziğin herhangi bir gelişkin kuramı hiçbir zaman ortadan kaldıramayacaktır.

Günlük yaşamın sağduyu ölçütlerine göre kuantum kuramı gerçekten çok ürkütücü. Bu olgunun kilit örneklerinden birisi dalga-parçacık ikiliğidir. ***Joseph John Thomson*** elektronu parçacık olarak bulup mikrodünyayı incelenmeye açtıktan otuz yıl kadar sonra oğlu ***George Paget T.*** elektronların dalgalar olduğunu gösterdi (ve her ikisi de yaptıkları için birer Nobel Ödülü kazandı). Bir elektron ***hem*** bir parçacıktır ***hem de*** bir dalga. Ya da daha doğrusu ne bir parçacıktır ne de bir dalga, ama bir tür deneye parçacık olarak tepki verirken bir diğer deney takımına dalga olarak tepki veren bir kuantum varlığıdır.[9] Aynı şey ışık için de geçerli. Koşullara bağlı olarak ya bir parçacık (***foton***) akışı ya da dalga olarak davranır. Bu ikilik, gerçekten de ilke bakımından ***her şey*** için doğru olsa da kendisini sıradan çevremizde görülebilir bir pekinlikle göstermediğinden dalga-parçacık ikiliğinin vargılarını sağduyumuz çerçevesinde algılayamıyoruz.

Bunların hepsi kuantum belirsizliği olgusuna bağlıdır. ***Elektron*** ya da ***foton*** gibi bir kuantum varlığının yuvarlanan bir bilardo topunun masa

üzerindeki konumu ve hızı gibi belli bir an için kesinkes belirlenmiş[10] bir özellikler takımı yoktur. Foton ve elektron (ve de mikrodünyanın diğer sakinleri) hem nerede olduklarını hem de nereye gittiklerini tamı tamına bilemezler. Bu gizemli ve saçma bir fikir gibi görünüyor, çünkü günlük yaşamda hiçbir pratik sonucunu görmüyoruz. Ama Güneş'te hidrojen çekirdeklerinin kaynaşarak (*bkz. **kaynaşma***) *ısı* (daha doğrusu ***enerji***) üretmelerine yol açan işte bu kuantum belirsizliğidir. Yani o olmasaydı şimdi böyle şeyleri merak edip duran bizler de olmayacaktık. Şunu da eklemeliyiz ki kuantum belirsizliği uranyum-235 gibi nesnelerin ***radyoaktif bozunma***ları ile atomaltı ve ***atom***lar düzeyindeki her türlü etkileşme için de önemli, hatta "belirleyici"[11] bir süreçtir.

Bu, kuantum fiziğiyle ilgili önemli bir hususu öne çıkartıyor. O, akademisyenlerin fildişi kulelerinde bir tür entelektüel alıştırma olarak ele aldıkları, günlük yaşamda yeri olmayan uçuk bir kuram değildir. Kuantum fiziğine, atom bombası ya da nükleer güç santralı hesapları yapmak için gereksiniliyor; bunlar modern dünya için tabii ki yerinde. Kuantum fiziği ayrıca, *lazer* gibi daha evcil nesnelerin tasarımında da kullanılır. Herkes lazerlerin pek de evde kullanılır bir şey olduğunu düşünmez, ama CD[12] çalarların temelinde bulunur ve diskte derlenmiş bilgiyi okumaya yarar. Benzer olarak kuzeni[13] olan ***mazer***ler, iletişim uydularından evlerinizdeki TV'lere gelenler gibi sönük imleri yükseltmekte kullanılıyor.

Kuantum fiziği bunların neresinde? Lazerlerin çalışması ***uyartılmış salım*** denilen bir olguya dayanır. Bu sırf kuantum süreci olup, temel ilkeleri bunları 1916'da ileri süren Albert Einstein'a kadar gider. Bir atom bir şekilde enerji soğurup, uyarılmış denilen bir duruma geçmişse, uygun bir dürtme ya da uyartıyla aynı enerjiye karşılık gelen dalga boyu kuantum kurallarınca kesin olarak belli olan bir elektromanyetik enerji atmasını (foton) salabilir.[14] En uygun dürtü oradan geçen ve salınacak fotonla tamı tamına aynı dalga boyunda olan bir fotondur. Böylece –tıpkı nükleer bombalardaki atom[15] bölünmelerinin zincirleme tepkimelerine benzer bir süreçle– bu gibi bir atomlar sistemi uygun şekilde uyarılmışlarsa sistemden geçen tek bir foton atomların tümünü uyartarak[16] hepsinin uygun adım gidecek elektromanyetik ışınımlar (ışık, foton) salmalarını tetikleyebilir. İlgili dalgaların hepsi birlikte yükselip alçaldıklarından böylece çok temiz (yani rengi çok arı) ve yeğin bir elektromanyetik ışınım huzmesi üretilmiş olacaktır.

Kuantum fiziği yarıiletken içeren her şeyin; yalnız bilgisayarlarda değil, TV'lerde,[17] (tabii ki artık elimizden düşmeyen "cep" telefonlarımızda) ses düzeneklerinde, çamaşır makinelerinde vb arabalarda bulunan

kırmıklarda (çip); bunların tasarım ve işletiminde de önemli, hatta artık yaşamsaldır. ***Yarıiletkenler***, iletkenlikleri tüm elektronları atomlarına sıkı sıkıya bağlı olan yalıtkanlar ile içinde kimi elektronların atomlarından ayrılabildiği iletkenler arasında olan malzemelerdir. Yarıiletkenlerde kimi elektronlar uygun koşullarda, bağlı oldukları atomlardan kurtulup yanındakilere hoplayabilirler. Hoplamaların oluşu genel olarak ***Fermi-Dirac istatistiği*** denilen bir kuantum kuralları takımına dayanır (fotonların lazerlerdeki ve diğer benzeri davranışları ise ***Bose-Einstein istatistiği*** denilen kuantum kurallarına dayanır).

***Yarıiletken***lerden sonra ***süperiletken***lerin de (elektrik akımının, içlerinde hiçbir dirençle karşılaşmadan aktığı malzemeler) sözünü etmek mantıklı. ***Süperiletken***lerin de pratik uygulamaları (bilgiişlem gibi) olmakta. Elektriği böyle iletmelerinin sebebi de gene kuantum fiziğiyle açıklanmakta, çünkü bu durumda elektronlar kimi malzemelerde uygun koşullar altında çiftler gibi davranarak Fermi-Dirac istatistiğine uymayı bırakıp Bose-Einstein istatistiğine uyarak fotonlar gibi davranmaya başlar.

Tabii, elektronlar atomların dış bölgelerinde bulunarak moleküllerde farklı atomlarla arayüz oluştururlar. Elektronların atom ve moleküllerdeki davranışları bütünüyle kuantum fiziğiyle betimlenir. Kimya da, hammaddeleri olan atomların ve moleküllerin etkileşmesi olduğundan, kuantum fiziğiyle betimleniyor demektir. Hem de sırf lise kimya derslerine benzer şekilde çarpıcı koku veren ve patlamalı etkileşmelerle değil. Yaşam da karmaşık kimyasal tepkimlere dayanır; hele en öne çıkanı, yaşamın temelindeki DNA molekülü, ünlü çift sarmallı helis. Yaşam sürecinin tam özünde DNA molekülünün, ünlü çifte helisin kendisini ayırıp her bir diziden kendisini örnek olarak kullanıp yeni bir eş oluşturarak özgün çifte helisin iki kopyasını yapması yatıyor. Bu süreçte dizileri uzun sürelerle bir arada tutma işini gören, ama zamanı geldiğinde ayrılmalarına izin veren bağlaçlar bir tür kimyasal bağ olan hidrojen bağıdır. Bunda, iki atomun (ya da molekülün) paylaştığı tek bir ***proton*** (hidrojen çekirdeği) bunların arasında bir bağ oluşturur. Temel yaşam süreçlerinin çalışabilmesi de sırf hidrojenle bağlı sistemlerde kuantum süreçlerinin iş görebilmesiyle mümkündür.

Kuantum fiziğinin, yaşamın kimyasının anlaşılmasındaki önemi kadar; kuantum kimyasının anlaşılması da genetik mühendisliği alanında edinilen son başarıların ciddi bir parçasıdır. Genleri ayırmadaki, yeni genetik parça eklenmesi ile bunların hepsinin bir araya getirilmesindeki gelişmeler için; atomların yalnız belli sıralarla eklenebilip başka türlü

eklenememesinin nasıl ve niçin olduğunu, belli kimyasal bağların niçin belli sağlamlığı olmasını ve bu bağların atom ve molekülleri niçin birbirlerinden belli uzaklıklarda tuttuğunu anlamak gerekir. Belki, işin içindeki kuantum fiziğini bilmeden deneme yanılmayla da biraz gelişme yapılabilir, ama bir yere varabilmek için epeyce uzun bir süre gerekecektir (tabii ki evrim, deneme yanılma süreciyle işleyerek bir yerlere varıyor çünkü çok uzun süreler almakta).[18]

Aslında atomun derinliklerinde iş gören (ve bu kitabın büyük bir kısmının konusunu oluşturan) başka kuvvetler de var. Elektronların ve fotonların (ışık) davranışlarını anlıyorsak sıradan dünyada önemi olan –nükleer güç santralları ve de kütleçekim dışında– her şeyi anlarsınız. Evde, kütleçekim dışında önemli olan her şey (nükleer güç santrallarında üretilen ***elektrik*** de) elektronların birbirleriyle, bunun belirlediği atomların birbirleriyle ve elektronların elektromanyetik ışınımla (ışık dahil) etkileşme biçimiyle betimlenebiliyor.

Ama tüm bunların, genel çizgileriyle nitel ve gevşek bir şekilde betimlenebileceğini demek istemiyoruz. Bunlar nicel olarak şaşırtıcı bir sağlamlıkla betimlenebilir. Kuramsal kuantum fiziğinin (hatta bütün fiziğin) en büyük zaferi ışık ve maddeyi böyle betimleyen kuramdır. Buna ***Kuantum ElektroDİnamiği*** (***KEDİ***) denilir. Tamamlanışı 1940'ların sonunu buldu. Geliştirenlerin en dikkat çekici olanı ***Richard Feynman***'dır.[19] KEDİ ışık ile maddenin (fizikçiler genelde ışık terimini bütün elektromanyetik ışınımlar için kullanır) mümkün her türlü etkileşmesini betimlerken bunları yüz milyarda dörtlük bir incelik ve kesinlikle –en iyi deneydeki hata payı ise bundan birkaç kat büyük olmak üzere hesaplamadaki belirsizlik payı olarak– vermekte. Bu, kuramın önsöyümleriyle Yeryüzündeki laboratuarlarda yapılan deneylerin uyum derecesi bakımından gelmiş geçmiş geliştirilen (şimdilik?) en sağlam bilimsel kuramdır.

KEDİ, bu zaferi üzerine, atom çekirdeklerini oluşturan nötron ve protonların içlerinde olanlara ilişkin benzeri bir kuramın kurulması için bir örnek olarak kullanıldı. Bu kuram ***KREDİ*** yani ***Kuantum RenkDİnamiği*** olarak biliniyor. KEDİ de KREDİ de *Standart Modelin* bileşenleridir. ***J. J. Thomson***, keşfettiği elektronun nelere götüreceğini düşleyemezdi bile. Ama tamamlanmış bir kuantum fiziği kuramı ve kuantumlar olarak bilinen varlıkların ipuçları için ilk adımlar, ondan üç yıl sonra 1900 yılında atıldı. Kuantum fiziğine o ilk adım elektronların değil, KEDİ'nin diğer kilit bileşeni olan fotonların incelenmesiyle atıldı.

19. yüzyılın sonunda kimse ışığı foton, yani parçacık olarak düşünmüyordu. Birçok gözlem –***Thomas Young***'ın ünlü çift yarık deneyi dahil–

ışığın bir dalga biçimi olduğunu göstermişti. ***James Clerk Maxwell***'in keşfettiği[20] elektromanyetizma denklemleri ışığı da bir dalga olarak betimliyordu. Ama ***Max Planck***, ışığın salım ve soğurulumundaki belli niteliklerin ışınımın yalnızca kuantum adı verilen belli büyüklükteki[21] yumrular şeklinde paketlenmiş olmasıyla açıklanabileceğini keşfetti. Planck'ın keşfi Berlin Fizik Derneğinde Ekim 1900'de açıklandı.[22] Ama o sıralarda bu betimlenenin, ışığın yalnız kuantumlar halinde olduğunu (ve de hep öyle olduğunu!) söyleyeceğini hiç kimse düşünmemişti. Atomlarda bulunan bir özelliğe göre ışığın yalnızca belli büyüklükte *yumrular* şeklinde salınıp soğurulduğu ama ışığın "gerçekte" bir dalga olduğu varsayılıyordu.

Işık kuantumları fikrini ciddiye alan ilk (ve de uzun süre tek) kişi ***Einstein*** oldu. Ama o sıralarda sadece patent dairesinde çaylak bir raportör olup doktora tezini bile henüz tamamlamamıştı ve hiçbir resmi akademik bağlantısı da yoktu. 1905'te, kuantum fikrini ışığın soğurulmasına ilişkin bir diğer anlaşılmaz niteliği açıkladığı bir makale yayımladı. Bu olguyu (ışığın bir metal yüzeyine vurup elektronları nasıl fırlattığını) açıklamak için Einstein ışığın aslında bir küçük parçacıklar huzmesi olarak gittiği fikrini kullandı. Bu fikir çoğu fizikçi için bir günah gibiydi; Einstein bile bu fikri ileri sürerken ihtiyatlı davranıyordu. Işığın "nokta gibi kuantumlardan" oluştuğuna ilişkin görüşüne 1909'a kadar basılı olarak değinmedi. Bu davranışa karşılık bir fizikçi, ***Robert Millikan***, bu öneriden öylesine sıkılmıştı ki on yıl boyunca en çok Einstein'ın fikrinin yanlışlığını kanıtlamak amacıyla eşsiz deneyler yapmakla uğraştı. Ama tek başardığı şey –zerafetle kabullenerek– Einstein'ın haklılığı oldu. Einstein Nobel Ödülünü ancak Millikan'ın deneyleri fotonların gerçekliğini hiç kuşku bırakmadan ortaya koyduktan sonra aldı (1921 ödülünü 1922'de verdiler). Millikan da 1923'te Nobel Ödülünü kısmen bu işiyle aldı.

Bütün bunlar olurken başka fizikçiler de ***Niels Bohr***'un önderliğinde kuantum fikrini, atomun yapısını anlamaya uygulayarak büyük atılımlar yapıyorlardı. Esasında hâlâ, okulda[23] ilk kez karşılaştığımızda öğrendiğimiz atom fikrine dayanan atom resmini –merkezde ufacık bir çekirdek, çevresinde gezegenlerin Güneş çevresindeki dolanmalarını andıran elektronlar– ileri süren Bohr oldu[24] (bu yapıyı aslında Manchester'da Rutherford ileri sürmüş, ziyareti sırasında Bohr ondan öğrenerek geliştirmişti. *Bkz. **Rutherford, atom fiziği***). ***Bohr modeli*** 1913'te oluşturulduğu biçimiyle, çarpıcı bir başarı göstermişti: bu, atomların saldıkları ışığın tayfının belli ve kesin dalga boylarında parlak çizgiler; Güneş tayfında ise soğurulmadan dolayı bunlara karşılık gelen karanlık çizgiler halinde

olduğunu açıklayabilmişti. İki elektron *yörüngesi* arasındaki enerji farkı modelde kesin olarak tanımlanır ve bir yörüngeden diğerine atlayan elektron bu enerji farkına tamı tamına karşılık gelen dalga boyunda bir ışık salar ya da soğurur. Ama Bohr modeli, elektronun bir yörüngeden diğerine gerçekten de ansızın ve sanki aradaki uzayı aşmadan "sıçraması" (bu "kuantum sıçraması" olarak bilinmekte) gibi "cins" bir fikri de ileri sürüyordu: şimdi bu yörüngedeyken, birdenbire diğerinde; aradaki açıklıktan hiç geçmeden!

Atomun Bohr modeli elektronların küçük bilardo topları gibi parçacıklar, ışığın da dalga olduğu fikrini hâlâ kullanıyordu. Ama *Einstein* ile *Millikan* Nobel Ödüllerini alana kadar (1922 ve 1923), ışığın bu basit resmin anlattığından daha ötede olduğu belli olmuştu. Einstein'ın 1924'te dediği gibi "... dolayısıyla artık iki ışık kuramımız var, ikisi de ... bırakılamaz ve hiçbir mantıksal bağlantıları yok." İlk tam kuantum kuramına götürecek bir sonraki büyük adım ise *Louis de Broglie*'ün; elektronun da Bohr modelinin paketleyip anlattığı basit resmin ötesinde olduğunu göstermesiyle atıldı (besbelli ki bir ardgörüşle oldu ama o gün için bir atılımdı[25]); geleneksel olarak dalga olarak görülen bir şey (ışık) parçacık işlemi görüyorsa geleneksel olarak parçacık işlevi gören bir şeye de (elektron) dalga gözüyle bakılabilir.[26] Tabii ki bu doğrultuda sırf spekülasyondan fazlasını yapmıştı. De Broglie, *Planck* ve Einstein'ın –ve şüphesiz Bohr'un– ışığı betimlerken öncülüğünü yapmış olduklarına benzer kuantum hesaplamarını ele aldı ve denklemleri tersine çevirerek elektronlar için uygun olan sayıları yerleştirdi. Böylece bir atomdaki elektron yörüngesinde dolananın aslında bir parçacık değil, bir duran dalga –bir keman telinde oluşan yalın bir notaya karşılık gelen dalga gibi– olduğunu ileri sürdü.

De Broglie, fikrini 1924'teki doktora tezinde ileri sürdü. Elektronların dalgalar gibi davranmaları kafa karıştırıyorsa da duran dalga fikri çok çekici görünüyordu, çünkü o tuhaf kuantum sıçramalarını ortadan kaldırıyor gibiydi. Durum sanki elektronun, bir yörüngeden diğerine geçişi bir dalganın titreşirken bir harmonikten (nota) diğerine değişmesi gibi açıklanabilecekti. Kuantum dünyasına sanki normalleşme getirme biçimi, bu fikrin *Erwin Schrödinger*'in dikkatini çekmesini sağladı.[27] O da atomlarda elektronların davranışının dalga fikrine dayanan tam bir matematiksel betimini 1926 bitmeden elde etti. Elektronun bu dalga denkleminin, "lanetli kuantum sıçraması"na olan gereksinmeden kurtardığını düşünüyordu. Ama yanılmıştı.

1926'ya gelirken, elektronları parçacık olarak ele alan tamamıyla başka bir yaklaşımla *Werner Heisenberg* ve çalışdaşları elektronların

atomlarda ve başka yerlerdeki davranışlarını betimlediler. Bu bir diğer tam kuantum matematiğiydi.[28] Bu yetmezmiş gibi *Paul Dirac* kısa bir süre sonra kuantum dünyasının başka bir matematiksel betimini verdi. Çok geçmeden de tüm bu matematiksel yaklaşımların biçimsel olarak birbirlerinin eşdeğeri oldukları gösterildi,[29] kuantum dünyasının değişik görünüşleri gibi (azıcık, bir sayının arap tarzı[30] rakamlarla ya da romen rakamlarıyla gösterilmesine benzer). Hepsi aynı şeyi betimleyip aynı sayıları verdiklerinden hangi denklem takımını kullandığınız hiç önemli değildi. Ama Schrödinger'in derdi olan "lanetli kuantum sıçraması" yok edilememişti. Yine de yazgının cilvesiyle, çoğu fizikçinin dalga denklemleriyle işlem yapma becerisi olmasından[31] dolayı Schrödinger'in, elektronun dalga fonksiyonu denklemine dayanan tema ve çeşitlemeleri kuantum mekaniği hesaplamalarının geleneksel yolu haline geldi.[32]

Bu gelenek, elektronların gerçekten dalgalar gibi davrandıkları hakkında yığılan delillerle (*George P. Thomson*'un 1927'deki deneyleri dahil) pekişmekteydi (ötesi olmayan kanıt ise elektronların çift yarık deneyine katılmaya ikna edilerek eşdeğer koşullarda ışığın gösterdiği klasik kırınım ve girişim olgusuna mükemmelce uymalarıyla geldi). Ama bunların hiçbirisi elektronların hep parçacık olarak davrandıkları deneylerde gene parçacık olarak davranışlarını etkilemedi.

1920'lerin sonuna gelindiğinde mikrodünyanın değişik matematiksel betimleri seçilebiliyor, bunların hepsi de mükemmel işe yarayıp (deney sonuçlarını önsöyme bakımından) doğru sonuçlar veriyordu. Ama bunların tümü, kuantum sıçramaları, dalga-parçacık ikiliği, belirsizlik gibi tuhaf nitelikler içermekteydi. *Niels Bohr* bu olanların bir resmini geliştirdi. Bu, yıllardır kuantum fiziğinin standart şekli olarak yarım[33] yüzyıldan uzun süredir öğretiliyor (halen pek çok yerde öğretilmekte) ve her neydiyse durumu daha da kafa karıştırıcı yaptı. Bu, "*Kopenhag yorumu*"na göre elektronlar gibi varlıklar bir şekilde, gözlenmedikleri ya da ölçülmediklerinde yoklar ama bir olasılık bulutu[34] olarak yayılıdırlar. Bir yerde bulunmaları için belli bir olasılık, bir başka yerde gözlenebilmesi için başka bir olasılık, falan ... Elektronun konumunu ölçmeye niyetlendiğinizde ise olan şey "dalga fonksiyonu çökmesi" olup belli bir konumu (tıpkı bir kumarhanede işleyen) olasılık kuralları çerçevesinde gelişigüzel seçiyor. Ama ona bakmayı keser kesmez onu en son gördüğünüz yerden yayılacak bir dalga fonksiyonuyla betimlenecek yeni bir olasılık bulutuna çözünür.

İzleyen yirmi yıl boyunca Einstein ile Schrödinger'i özellikle Kopenhag yorumuna karşı bağımsız (ama birbirlerini moralce destekleyerek) yürüttükleri bir artçı savaşa götüren, dünyanın bu görünümüne olan hoş-

nutsuzluklarıydı. Bunun mantıksal saçmalığını *düşünce deneyleri* yardımıyla –en başta, ünlü örneği olan "Schrödinger'in kedisi"nin Kopenhag yorumuna göre aynı anda hem ölü hem de diri olması gerekiyordu– göstermeye uğraştılar.

Bu çekişme sürerken bir yanda Einstein ve Schrödinger, diğer yanda Bohr, çoğu fizikçi Kopenhag yorumunun sağduyuya aykırı felsefi vargılarını göz ardı edip, Schrödinger denklemini iş yapmak için kullanarak, elektronlar ve benzerlerinin kuantum dünyasında nasıl davrandıklarını bulmakla yetindiler. Nasıl bir arabayı kullananın A'dan B'ye gitmek için kaputun altında ne olduğunu anlaması gerekmiyorsa kuantum mekaniği işe yaradığı sürece onu anlamak gerekmez, kuantum kimyasıyla (*Linus Pauling*'in gösterdiği gibi) baş etmek için bile.

Çoğu kuantum fizikçisinin en son beklediği şey, kuantum dünyasının bir diğer matematiksel betimiydi. Ve *Richard Feynman* 1942'deki doktora tezinde tam bunu yaptığında pek kimse farkına varmadı (o sıralarda çoğu fizikçinin aklını İkinci Dünya Savaşı çelmekteydi). Bu da izleyen öğrenci kuşakları için büyük bir sıkıntı oldu. Çünkü Feynman'ın, yol integralleri kullanan yaklaşımı aslında kavramsal olarak diğer yaklaşımların hepsinden daha basit olup, matematiksel olarak da daha zor değildir.[35] Bunun ayrıca, klasik fizik (Newton'ın eski ama yerleşik ve günlük yaşamda kullanılabilen fikirleri) ile kuantum fiziğini aynı çerçevede ele almak gibi bir büyük meziyeti de var. Açıkçası, fiziğin daha baştan Feynman usulüyle öğretilmesiyle öğrenciler her şeyi becermek için tek bir yaklaşım öğrenmiş olacaklardı.[36]

Bunun fiziğe giriş yapmak için en basit yol olduğuna sırf bizim sözümüzle inanmanız gerekmez; Feynman'ın tez danışmanı olan *John Wheeler* tezin, fizik tarihinde "kuantum kuramının klasik kuramdan daha basit olduğu" anı işaretlediğini söylemişti. Feynman yaklaşımının, kuantum fiziğini lisans düzeyinde (klasik fiziği de ortaöğretimde) öğretmenin standart yolu olmamasının sebebi, tıpkı video kayıt için pazarda daha zayıf bir sistemin önce yer tutmuş olması yüzünden Betamax sisteminin standart olmaması gibi.

Gerçekten de okullardaki fen öğretiminin Galileo'dan bu yana büyük fenbilimcilerin yaptıklarını tekrarlayarak yapılmasında derin bir kusur olup, bu yaklaşımın öğrencileri sıkmasına şaşmamak gerekir. Fen öğretmeninin doğru yolu, kuantum fiziği ve kara delikler gibi heyecanlandırıcı fikirlerle başlayıp fizik ilkelerini geliştirmek, matematiksel inceliklerle başta pek uğraşmamak olmalı. Fenle ilgili bir gelecek kurmak istemeyen çocuklar hiç olmazsa nelerin ilginç olduğunu anlayarak ayrılırlarken,

fenle ilgili bir gelecek düşüneneler ise matematik öğrenmek gerektiğinde bunun için dürtü edinmiş olurlar. Bunu kendi deneyimlerimizden biliyoruz. Birimiz (JG) fene olan ilgisini tam böyle edinmişti. Kendi düzeyinin çok üzerinde olan kitapları okuyarak okul derslerinin iyice ötesine gitmiş, bu da denklemler o gün için anlaşılmaz gelse de ona kuantum fiziği ve kozmolojinin gizemini ve heyecanını tattırmıştı.

Feynman'ın durumunda yol integrali yaklaşımı, kuramsal parçacık fiziğinde esaslı aygıtlar olan kuantum elektrodinamiğine ve Feynman diyagramlarına götürmüştü. Kuantum kuramının bu uygulamaları mikrodünyanın kilidinin açılması ve anlaşılması için anahtar olurken, İkinci Dünya Savaşından sonra bile birkaç kuramcı kuantum mekaniğinin temel felsefesini ve bize içinde yaşadığımız Evren hakkında neler söylediğini dert edindi.

Böylesine dert edinme sıkıntısına katlananlar için kuantum dünyasının tuhaflıklarından kaçmanın yolu yok. Kuantum kuramının mantık dışı doğasını kanıtlamayı amaçlayan bir düşünce deneyinden (Einstein ve iki çalışdaşının[37] ***EPR*** deneyi) giderek 1950'lerde ***David Bohm***'u ve 1960'larda ***John Bell***'i, kuantum kuramının sağduyuya aykırı yanlarını kesin bir şekilde sınayacak bir deney yapmanın aslında mümkün olabileceği farkındalığına götürdü.

Einstein'ın doğru fark ettiği şey, kuantum kuramının her türlü biçiminin, "yerel gerçeklik" denilen durumun çökmesini içermesidir. "Yerel" bu bağlamda hiçbir iletişimin ışıktan hızlı gidemeyeceği demektir. "Gerçeklik" ise dünyanın siz bakmadığınızda da var olması ve örneğin elektronların onlara bakılmadığında olasılık bulutları içinde çözünüp yayılmazken dalga fonksiyonlarının çökmeyi beklememesi oluyor. Kuantum fiziği (ve bunun her bir biçimi) ikisinin birden olamayacağını söylüyor. Hangisinin olmayacağını söylemiyor ama birisini göz ardı etmeniz gerekiyor. Bell sınaması olarak bilinen olgu, yerel gerçekliğin dünyaya –özgül olarak da mikrodünyaya– uygulanıp uygulanamayacağını gösterecek bir yol sağlamıştı.

Buna elverişli deneyler 1980'lerde birkaç takım –en belirgini de Paris'te Alain Aspect ve çalışdaşları– tarafından fotonlarla yapıldı. Bulduklarına göre kuantum kuramının önsöyümleri gerçekten de deneylerle ortaya kondu: kuantum dünyası ya yereldi ya da gerçek!

Dolayısıyla bugün bir seçme olanağımız yok. ***D***ünya'nın, bakmadığınızda bile hep var olan gerçek varlıklardan yapılmış olduğunu düşünmek istiyorsanız, dünyanın yerel olmadığı vargısından kaçışınız yok, yani aslında kuantum varlıkları arasında yalnız ışıktan hızlı değil *anında*

iletişim olmakta. Einstein buna "tekinsiz uzaktan etki" diyordu. Diğer seçenek ise hem yerelliği hem de gerçekliği terk etmekti; ama çoğu fizikçi kuantum kurallarına uyduğu kadar sağduyu dünyasının tanıdık niteliklerinden birisine sarılmayı yeğliyor.

Bizim tercihimiz, bedeli yerellik olsa da gerçeklik oluyor; ama bu sadece kişisel tercih olup siz diğer, hem çöken dalga fonksiyonlarını *hem de* tekinsiz uzaktan etkiyi içeren geleneksel Kopenhag yorumunu seçmekte özgürsünüz. Yapma özgürlüğünüzün ol*ma*dığı şey ise sonuçta ne denli mutsuz olursanız olun mikrodünyanın hem yerel hem de gerçek olması.

Sözün özü ise mikrodünyanın günlük deneyimlerimizle edindiğimiz sağduyu kurallarına uymadığı. Niye uymalıydı ki? Mikrodünyada yaşamıyoruz. Sıradan deneyimlerimiz de ölçeklerin (hem uzayda hem de zamanda) ortalarında, mikrodünya ile kozmos arasında sıkışıp kalmış durumda. Önemli olan bunu dert etmemek. Kuantum mekanikçilerin en büyüğü olan Richard Feynman, Cornell Üniversitesinde *Fizik Yasaları Üzerine* temalı bir dizi konuşma yapmıştı. Bu konuşmalardan birisinde doğanın kuantum mekaniksel görünümü üzerinde durmuş ve bu konuşmanın girişinde dinleyicileri karşılaşmak üzere oldukları tuhaflıklar için uyarmıştı. Söyledikleri aynen, 50 yılı aşkın bir süre önceki şiddetle hâlâ geçerli:

Kuantum mekaniğini hiç kimsenin anlamadığını güvenle söyleyebileceğimi düşünüyorum. Bu yüzden de betimleyeceğim bir model çerçevesinde anlamanız gerektiğini sanıp konuşmayı pek de ciddiye almayın, rahat olup keyfinize bakın. Size doğanın nasıl davrandığını anlatacağım. Eğer sırf, belki de onun böylesine davrandığını kabullenirseniz onun pek hoş ve büyüleyici bir şey olduğunu göreceksiniz. Kendinize "ama bu nasıl olabiliyor ki?" deyip durmaktan da kaçınabilirseniz kaçının, yoksa henüz çıkışına kimsenin ulaşamadığı bir sokakta, pis su giderine doğru "boşuna akıp" gidersiniz. Bunun nasıl böyle olabildiğini ise hiç kimse bilmiyor.

Size kuantum dünyasındaki kılavuzluğumuzu bu tutumla sunuyoruz. "Usta"nın sözlerini dinleyin ve rahatlayıp tadını çıkarın: *Bunun nasıl böyle olabildiğini (hâlâ) hiç kimse bilmiyor.*

# A-Z SÖZLÜK

**a.k.b.//a.m.u.//** *Bkz. **atomik kütle birimi.***

**Abdüsselam, Muhammed//Salam, Abdus// (1926-1996)** Pakistanlı fizikçi; Elektrozayıf Etkileşme kuramının geliştirilmesine katkısıyla 1979 Nobel fizik ödülünü paylaştı (*bkz. **doğa kuvvetleri***).

Abdüsselam 29 Ocak 1926'da –o sıralarda Hindistan'ın parçası olan– Pakistan'ın Jang Magyana bölgesinde doğdu. Lahor'daki Devlet Kolejinde okudu ve 1946'da Pencap Üniversitesinden yüksek lisans derecesi aldı. 1949'da da Cambridge Üniversitesinden matematik ve fizikten çift diploma alarak ***Cavendish Laboratuarı***'nda araştırmacı oldu. Abdüsselam deneysel fizik yapmaya başladı ama kurama daha yatkın olduğunu anlayarak ***Paul Dirac***'ın bölümünde ***kuantum alanlar kuramı*** üzerinde çalışmaya başladı. 1951'de Pakistan'a döndü ve Pencap Üniversitesi matematik bölümü başkanı oldu. Cambridge, doktora diplomasını –araştırması tamamlandığı halde kurallarına göre üç yıldan önce verilmediği için– ertesi yıl verdi. Aynı zamanda Lahor Devlet Koleji matematik bölüm başkanlığını da yürütüyordu. 1954'te matematikte öğretim görevlisi olarak Cambridge'e döndü. 1957'de ise Londra "Imperial College"a kuramsal fizik profesörlüğüne getirildi ve 1993'e kadar bu görevde kaldı. Arada başka araştırma merkezleriyle de bağlantıları oldu.

Abdüsselam, Pakistan'la yakın ilişkilerini sürdürdü ve 1961-1974 arasında cumhurbaşkanının bilimsel danışmanlığını yaptı. Ancak, 1974'te mensubu bulunduğu Ahmediyye mezhebinin din dışı sayılması üzerine bu görevi bıraktı. Gelişmekte olan ülkelerde, fen ve teknolojinin gelişmesine özendirilme etkinliklerine çok büyük katkıları oldu. Üçüncü Dünyada fenbiliminin gelişmesini canlandırmak için 1964'te Trieste'de kurulan Uluslararası Kuramsal Fizik Merkezinin (ICTP) kuruluşu büyük ölçüde onun çabasıyla oldu.[38] 1993'e kadar ICTP'nin ilk direktörlüğünü yaptıktan sonra 1994'te başkanı olan Abdüsselam, uzun bir hastalığın ardından 21 Kasım 1996'da Oxford'da öldü ve ülkesinde, doğduğu yere yakın bir kentte gömüldü.

**Abelyen grup** Bir matematiksel dönüşümler ya da işlemler grubu olup ardışık dönüşümlerde, işlem sırasının değiştirilmesi etkili olmayıp hep aynı sonucu verir. Bildiğimiz çarpma Abelyendir: $3 \times 2 = 2 \times 3$, daha genel $a \times b = b \times a$ olması gibi. Bir Abelyen grup oluşturan bu özgül örnek, bildik çarpmanın sıra değişmelilik [komütatiflik] yasasına uyduğunu, yani sıra değişimli olduğunu söyler. Aynı şekilde bildik toplama da sıra değişimlidir: $a + b = b + a$.

Ama bildik bölme bile sıra değişimli değildir $a/b$, $b/a$'ya eşit değil; 4'ü 2'ye bölerseniz yanıt 2; 2'yi 4'e bölerseniz 0,5 olur. Çıkartma da sıra değiştirmez; $4 - 2$, $2 - 4$'e eşit değil. Birçok matematiksel işlemin Abelyen olmaması kuantum dünyasının bir anahtar niteliği; özellikle de çarpmanın sıra değişimli olması gerekmiyor. Yani, a ile b sıradan sayılar değil de kuantum fonksiyonlarıysa (ya da işlemcileri) a × b ile b × a aynı olmayabilir. Grubun her bileşenine (örneğimizde $a$ ve $b$) bir eleman denilir. Eğer gruptaki her eleman ilgili işlem altında sıra değişimliyse grup Abelyendir.

Bu ad Norveçli matematikçi Niels Henrik Abel'e (1802-1829) atfen verilmiştir.

**Abelyen olmayan ayar kuramı//non-Abelian gauge theory//** İlgili grupta (*bkz. **grup kuramı***) elemanların sıra değişimli olmadığı bir ***ayar kuramı***. Kuantum dünyasının birçok özelliği bu tür sıra değişimli olmayan süreçlerle betimlenir. Daha açık söylersek A ve B gibi ayrı iki işlemi art arda uygulayacaksak, sonuç bu iki işlemin uygulanma sırasına bağlı olur.

Kelimelerin tanıdık olmamasından sıkılmayın, bu aslında çok basit bir kavram olup günlük yaşamda sık sık karşılaşırız. Yemek pişirmek çok kere Abelyen olmayan bir süreç. Bir kek tarifi belli bir noktada 250 mililitre su eklenmesini sonra da 40 dakika belli bir sıcaklıkta pişirilmesini gerektiriyorsa bu iki işlemi (su katma ve pişirme) belirtilen sırayla yaptığınızdan emin olmalısınız; şimdi aynı karışımla başlayıp ama belirtilen sıcaklıkta 40 dakika pişirdikten sonra 250 mililitre suyu katsanız bambaşka bir şey ortaya çıkar. Bkz. ***Abelyen grup***.

**açısal momentum//angular momentum//** Dönen cisimlerin bir özelliği olup doğru çizgi üzerinde devinen bir cismin ***momentumunun*** analoğudur. Bir topaç gibi dönen bir cismin açısal momentumu kütlesine, büyüklüğüne, biçimine ve dönme hızına bağlıdır. Bir diğer cismin çevresindeki bir yörüngede dolanan bir cismin de (***D***ünya'nın çevresinde dolanan Ay gibi) açısal momentumu vardır. Bu da, cismin kütlesine, bi-

çimine, yörüngenin yarıçapına ve dolanma hızına bağlıdır. Bu kavram herhangi bir (eğrisel) yörüngede devinen cisimlere de genellenebilir.

Kuantum dünyasında açısal momentum kuantumlanmıştır. Değişmesi ancak ***Planck sabiti***nin (bölü $2\pi$) tam katı basamaklarla olur (bu sayı açısal momentumun doğal birimi gibidir). Bunun önemli bir vargısı, eğer elektronların atomun merkezindeki çekirdeğin çevresinde dolandığı düşünülürse, bunların yalnız açısal momentumları birimin tam katları olan kesikli ve kararlı yörüngelerde bulunabilirler. Benzer olarak elektronun (sanki kendi ekseni olup fırıldıyor gibi) ***spin***i de kuantumlanmış olup, bir elektron yalnızca, manyetik alan gibi bir dış kıyaslamaya göre "spini yukarı" (+½) ve "spini aşağı" (–½) olarak var olabilir, bir ara durum olamaz. *Bkz.* ***fermiyon, bozon.***

**ADONE** Roma yakınlarında Frascati'deki, ilk elektron-pozitron çarpıştırıcılarından birisi.

**adyabatik süreç//adiabatic process//** Bir sistemin ısı değiş tokuşu yapmadığı bir süreç. Bunda genellikle sistemin sıcaklığı değişir. Örneğin silindir içindeki bir gaz, pistonu dışarıya adiyabatik olarak iterek genleşiyorsa soğur çünkü pistonu itmek için iş yapması yani iç enerjisinden harcaması gerekmektedir. Bunu ***izoterm süreç***le karşılaştırın.

**akım//current//** Elektrikte bir iletkenin bir kesitinden birim zamanda (örneğin bir saniyede) geçen yük miktarı (akarsuların *debileri* gibi).

Parçacık fiziğinde akım kavramı bir etkileşmeye aracılık eden bozonların bu amaçla akışını betimlemek için genişletilmiştir. Bkz., ***yüklü akım, nötr akım***.

**aksiyon//axion//** ***Kuantum renkdinamiği***nin (*KREDİ/QCD*) ayrıntılarını açıklayabilmek için kimi kuramların gerektirdiği bir varsayımsal parçacık. Aksiyonlar *varsa*, kütleleri $10^{-3}$ eV kadar yani protonun $10^{12}$'de birinden küçük olmalı ama Evrende yıldızlar ve gökadalar arasındaki uzayda o denli çok olmalılar ki ***karanlık madde*** olarak Evrenin toplam kütlesine çok büyük oranda katkı yaparlar.[39]

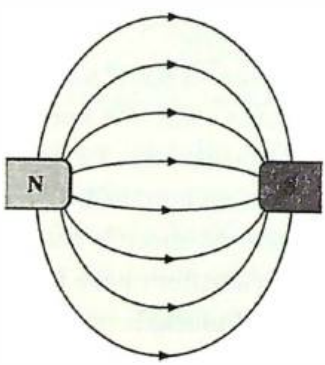
Aksiyon, ***yeğin kuvvet*** etkileşmelerinde –*KREDİ*'nin ilk, daha basit örneklerinden beklenen– CP bozulmasına (***bkz. CP korunumu***) niçin rastlanmadığını açıklamak için ortaya atıldı. Bu, kuramın, parçacık dünyasının kimi etkileşmelerde sağ ve solun ayırt edilebilmesini kimilerinde de edilememesini sağlar. Bu, eksen simetrisi cinsinden betimlendiğinden bu ad verilmiştir (kimi söylentilere göre ise karşılaşılan sorunu "silip atmasından" dolayı "axion" markalı temizlik sıvısından gelmekte.)

alan//field// Temelini ***Michael Faraday***'ın attığı ve ***J. C. Maxwell***'in geliştirdiği bir kavram olup kütleçekim, elektrik ve manyetizma gibi etkileşmelerin, bu etkilerini kuvvetin taşınması için herhangi bir ortam –esir gibi– gerektirmemelerini belirtir. Bu fikir Faraday'ın tüm manyetik, elektrik ve kütleçekimin etkili nesnelerden dışarı doğru uzanan kuvvet çizgileri modelinden kaynaklanmıştır. O, atomların da minik katı yumrular olarak düşünülmek yerine, sadece bu kuvvetlerin yoğuşma merkezleri olarak düşünülebileceğini önermişti.

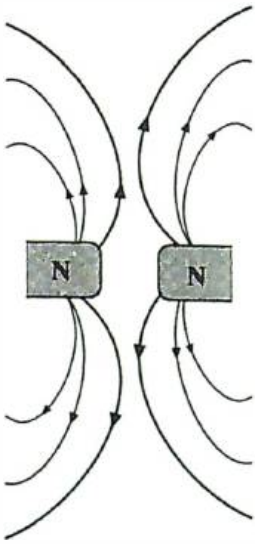
Kuvvet çizgileri bir mıknatıs üzerine konulan kâğıda serpilen demir tozlarının, kuzey ve güney kutuplarını "birleştiren" çizgiler gibi yerleşmelerinin görüntüsüdür. Bunların hepsi bir arada manyetik alanı oluşturur. Sanal bir kuzey kutup bu çizgilerden birisi üzerine konulsa mıknatısın güney kutbuna varıncaya dek sürüklenecektir. Manyetik alana getirilen minik bir pusula ibresi de kuvvet çizgisi boyunca yönelir.

Faraday bu fikirleri Victoria dönemi İngilteresi'nde Kraliyet Derneğinde verdiği, birisi 1844 diğeri 1846'daki iki konferansla açıkladı. İlkinde düşünce deneyi olarak bir klasik örnekte Faraday, dinleyicilerden Güneş'in uzayda tek başına olduğunu hayal etmelerini istedi. Peki, ya *D*ünya aniden sanki sihirle Güneş'ten belli uzaklığa yerleşirse ne olur? *D*ünya Güneşin varlığını nasıl fark eder? Faraday, *D*ünya ortada yokken bile Güneş'in kütleçekim etkililiğinin uzay boyunca kuvvet çizgileri olarak yaygın olduğunu öne sürdü.

*D*ünya, yerine konur konmaz[40] Güneş'in etkisini duyacaktır. *D*ünya'nın, Güneş'in etkisine doğrudan tepkisi *D*ünya'nın bulunduğu yöredeki alanın varlığınadır; *D*ünya için sırf önemi olan, kuvvet çizgileridir.




*Alan 1. Faraday, alan çizgilerinin uzay boyunca uzanarak zıt manyetik kutupları lastik şeritler gibi birbirlerine çektiği fikrini ileri sürdü.*




*Alan 2. Ama iki aynı tür kutup birbirine yaklaştırıldığında kuvvet çizgileri sıkıştırılmış bir lastik parçası gibi kutupları ayrık tutar.*

Faraday, ikinci konferansta ışığın, elektrik kuvvet çizgilerinin titreşimi olarak açıklanabileceğini önerdi. ***James Clerk Maxwell***'in 1860'larda geliştirdiği elektromanyetizma denklemleri ışık ve diğer elektromanyetik ışınımları değişen elektrik ve manyetik alanla ilişkilendirilebilen dalga olguları olarak açıklayabilmesine karşın, Faraday'ın esiri göz ardı etmesi diğer fenbilimciler tarafından benimsenmedi; ta ki ***Michelson-Morley deneyi*** (1880'lerde) *D*ünya'nın esire göre devindiğine kanıt bulmayı başaramayıncaya ve ***Albert Einstein***'ın özel görelilik kuramı (20. yüzyılın ilk on yılı içinde), Maxwell denklemlerini hareket denklemleriyle birleştiren ve esire gereksinimi olmayan bir mekanik sistemi sağlayana dek Einstein'ın 20. yüzyılın ikinci on yılı içinde tamamladığı genel görelilik kuramı ise kütleçekimin tam bir alan kuramı olup, alan uzayzamanın dokusundaki bozulmaların elle tutulur şeklini alır.

Alanlar yeğin ve zayıf etkileşmelerin (*bkz. **doğa kuvvetleri***) davranışlarını açıklamak için de öne sürülür. Alanları zihnimizde canlandırmanın en basit yolu bunu uzayzamanın her noktasında doğabilecek ilgili kuvvetin[41] şiddetini belirleyen bir sayı takımı olarak ele almaktır. Bu çoğu kez gerçekten de bir sayı takımıdır. Örneğin üç boyutlu uzayda elektromanyetik alanın değerini betimlemek için sekiz sayı gerekir: biri elektrik bileşeninin büyüklüğü ve üçü bunun yönü için; bir o kadarı da manyetik bileşenin büyüklüğü ve yönü için.[42]

Bu güçlü ve hatırı sayılır bir model olup kuantum dünyasının anlaşılmasındaki ilerlemelerde sıkça kullanıldı. Ancak her modelimiz gibi bir model olmaktan daha öteye algılanmamalıdır; parçacıklar arasındaki kuvvetleri betimleme yolları için –özellikle değiş tokuş bozonları gibi– başka seçenekler de var. Ayrıca ***uzaktan etki***ye de bakın.

*Bkz.* ***kuantum alan kuramı, skaler alan, vektör alanı.***

Ek okuma: John Gribbin, *Schrödinger'in Yavru Kedileri.*

**alan kuramı//field theory//** Bkz. ***alan.***

**alfa bozunumu//alpha decay//** Bir atom çekirdeğinin ***alfa parçacığı*** saldığı bir ***radyoaktif bozunma*** süreci.

**alfa ışınımı//alpha radiation//** ***Alfa bozunması***nda oluşan bir ***alfa parçacığı*** huzmesidir. Parçacıkların hızı 1600 km/s'yi bulsa da ince bir kâğıtla durdurulabilirler.

**alfa parçacığı//alpha particle//** ***Helyum***-4 atomunun çekirdeği olup yeğin çekirdek kuvvetiyle sıkıca bağlı iki ***nötron*** ve iki ***proton***dan oluşmuştur. Bu çekirdek olağanüstü kararlı olup, alfa bozunmasında oluşan alfa parçacıkları pek çok bakımdan tek tek parçacıklar olarak davranırlar. Her biri iki birim pozitif yük taşıyan bu parçacıklar ***Ernest Rutherford*** ve yardımcılarının 20. yüzyılın başında atomun yapısını incelemekte kullandıkları ilk sondalar olmuştu.

**Alhazen** Bkz. ***İbnü'l-Heysem.***

**İbnü'l-Heysem, (yaklaşık 965-1038)** Ortaçağın en büyük fenbilimcisi olup edimleri Galileo, Kepler ve Newton'a kadar 500 yıl aşılamadı. Heysem Basra'da yaklaşık 965'te doğdu. Daha sonra Kahire'ye giderek gaddarlığıyla tanınan halife El-Hakim'in hizmetine girdi. Nil'in taşmalarını denetim altına koymanın yolunu bulabileceğiyle övünüp durunca Halife bu işi kendisinin yapmasını isteyerek onu güneye gönderdi. İş başarısız olunca Heysem, gadrine uğramamak için Halife 1021'de ölene dek yıllarca deli taklidi yaptı. Sonra da normal yaşamını sürdürdü.

Heysem'in en büyük bilimsel katkısı optikte oldu. Yedi kitaplık bir dizide (*Kitâbü'l-Menâzır*) topladığı bu "fenbilimsel makaleler" yazılmaya 1000 yılının öncesinde başlayıp sonrasında bitmişti. Bu çalışma 12. yüzyılın sonlarında Avrupa'da günün bilim dili olan Latinceye çevrilerek Roger Bacon dahil birçok kişiyi etkiledi. Daha sonra, Heysem'in ölümünden 500 yıl sonra *Opticae thesaurus* (*Optik Hazinesi*) adıyla Basel'de basıldı.

Heysem'in çalışmalarındaki anahtar kavrayışlar, görmenin dış dünyayı yoklamak için gözün ışın göndermesiyle değil tamamen –bir alevde ya da güneşte üretilen– ışığın nesnelerden geri sıçrayarak göze dışarıdan girmesinden ileri gelmesine dayanan mantıksal savları temel almaktadır. Anahtar analojisi karanlık odada ("camera obscura") –pencerelerindeki perdelerden birisine küçük bir delik açılmış bir karartılmış oda– görüntü oluşmasıydı. Delikten geçen ışık karşıdaki duvarda dışarısının ters bir görüntüsünü oluşturur. Bu, gerçekten de gözün (ve de fotoğraf kamerasının) çalışma şeklidir. Heysem bundan, ışığın doğru çizgiler boyunca gittiğini çıkarsadı ve çarptıkları nesnelerden geri sıçrayan bir minik tanecikler akışı olduğunu düşündü. Bu ise şimdi foton dediğimiz kavramın ilk ileri sürülüşüydü.

Heysem ışığın hem yansımasını hem de kırılmasını ölçtü ve gökkuşağının oluşumunu anlamaya çalıştı. Tutulma sırasında karanlık oda düzeneğiyle görüntüsünü düşürüp güneşi inceledi. Matematik ve diğer fen konuları üzerinde "kitaplar" yazdı. Eski Yunanları aşan, özellikle de deney yapan ilk fen düşünürüydü.

**Alice maddesi//Alice matter//** Bkz. ***gölge maddesi.***

**aşağı kuark (d kuark)//down quark//** Değişik ***kuark*** tiplerini ayırt eden altı *çeşni*den birisi olup ***yukarı*** kuarkla birlikte, örneğin ***proton*** ve ***nötron***ların iç yapısını oluşturur.

**Alvarez, Luis Walter (1911-1988)** ABD'li fizikçi; yüksek enerji parçacık fiziği üzerine çalışmaları ve bu amaçla hidrojenli ***kabarcık odası*** tekniklerini geliştirmesiyle 1968'de Nobel Ödülü aldı.

Alvarez 13 Haziran 1911'de San Francisco'da doğdu. Babası, sonradan bir tıp muhabiri olan bir hekimdi. Alvarez, Chicago Üniversitesinde kimya okurken fiziğe geçti ve 1932'de mezun oldu. Aynı yerde yüksek lisansını 1932'de, doktorasını da 1936'da tamamladı. Oradan Berkeley'deki California Üniversitesine geçerek Lawrence Işınım Laboratuarında çalışmalarını sürdürdü. Savaş (II. *D.*) sırasında radar üzerinde ve de ***Manhattan Projesi***'nde çalıştı.

Berkeley'e döndüğünde 1945'te profesörlüğe yükseltildi. Orada, kullanılabilir ilk ***doğrusal hızlandırıc***mın geliştirilmesine (1947'de protonları 32 MeV enerjiye çıkartabilmişti) katıldı. 1953'te ***kabarcık oda***larının mucidi olan ***Donald Glaser***'le tanıştıktan sonra hidrojen kabarcık odalarını geliştirmeye yoğunlaştı. Çapı 180 cm olan büyük bir aygıtla parçacıkların yüksek enerjilerdeki davranışlarını inceledi. Bu yüksek enerji incelemelerinden çıkan veriler, ***sekiz katlı yol*** kavramını ve ***kuark*** fikrini geliştiren kuramcılar için anahtar girdi oldu.

Alvarez ilgisini sonraları fenbiliminin alışılmış konularının dışına yöneltti. Kozmik ışınlardan röntgen tekniği gibi yararlanarak Mısır piramitlerinin gizli odalarını araştırdı. 1980'de ise jeolog olan oğlu Walter'le yürüttüğü çalışmalarla "dinozorların yokoluşu"nun, büyük bir göktaşının *D*ünya'ya çarpmasıyla gerçekleştiğini kanıtlayarak[43] *D*ünya çapında ün kazandı. 1 Eylül 1988'de San Francisco'da öldü.

**Anderson, Carl David (1905-1991)** ABD'li fizikçi. 1936'da ***pozitron***u keşfederek ***karşı-madde***'nin varlığının ilk kanıtını bulmuştu.

İsveçli bir göçmen ailenin çocuğu olarak 3 Eylül 1905'te NewYork'ta doğmuş, Los Angeles'ta büyümüş ve Teknoloji Enstitüsünden (Caltech) 1927'de mezun olmuştur. Lisansüstü öğrenimini de orada sürdürüp ***Robert Millikan*** ile çalışarak doktorasını 1930'da tamamlamıştır. Anderson, yaşamının sonuna kadar kaldığı Caltech'te, Millikan'ın önerisiyle kozmik ışınlarda üretilen elektronlar üzerine çalışmak için bir sis odası yaptı. Yassı bir silindir yapısındaki dedektörü ikiye bölen, çapı boyunca yerleştirdiği çok ince kurşun levha sayesinde gelen parçacıkların yük işaretini anlayabiliyordu. Bu dedektör; kısa sürede (1932'de) kütlesi protonunkinden küçük, ama elektronlarınkiyle aynı, fakat elektrik yükü zıt parçacıklar olan pozitronları gösterdi.

Nobel Ödülünü aldığı yıl öğrencisi Seth Neddermayer ile birlikte kozmik ışınlar arasında yükü elektronlarla aynı, kütlesi onlarınkinden büyük, protonlarınkinden küçük olan parçacıkları keşfettiklerini açıkladılar. Bu parçacıklara ***müon*** adı verildi.

Savaş (II. *D.*) sırasında roketler üzerinde çalışan Anderson, sonra kozmik ışınlar üzerinde çalışmasını sürdürdü. 1976'da emekli oldu ve 11 Ocak 1991'de öldü.

**Anderson, Philip Warren (1923-2020)** ABD'li katıhal (yoğun madde) fizikçisi. 13 Aralık 1923'te Indianapolis'te doğdu. 1977'de, elektronların düzensiz (kristal yapısı olmayan) katılardaki davranışları üzerine çalışmalarından ötürü Nobel Ödülünü paylaştı. 1962'de, şimdi *Higgs alanı* olarak bilinen yapının ilk örneğini öne sürmüştü. Yarıiletkenler üzerine olan çalışmaları günümüzdeki bilgisayar belleklerinin yolunu açtı. 29 Mart 2020'de Princeton'da öldü.

**Angström** Artık pek kullanılmayan bir mikroölçek birimi: 1 Å = $10^{-10}$ m = 0,1 nm (nanometre).

**Ångström, Anders Jonas (1814-1874)** ***Tayf ölçümü***nün (yani ***spektrometri***nin) kurucularından birisi olan İsveçli fizikçi.

13 Ağustos 1814'te Lödgö'de doğan Ångström bölge papazının oğluydu. Uppsala'da okudu ve doktorasını 1839'da aldı. Aynı yerde önce *Öğretim Görevlisi* oldu, 1858'de de profesör olarak ölümüne kadar çalıştı. Angström'ün tayf üzerindeki çalışmaları gazların ışığı belgin dalga boylarında salıp soğurduklarını gösterdi. 1861'de kendisinin ve *Gustav Kirchhoff*'un yaptıklarından yararlanıp Güneş tayfını incelemeye başlayarak Güneş'te *hidrojen* olduğunu gösterdi. Gösterişsiz çalıştığından (ve de sonuçlarını İsveççe yayımladığından) yaptıkları hemen duyulmadıysa da 1871'de *Kraliyet Derneğ*ine seçildi. Ölümünden (Uppsala, 21 Haziran 1874) sonra da tayf çalışmalarında dalga boyu için kullanılan uzunluk birimine adı verildi.

**anormal Zeeman olayı//anomalous Zeeman effect//** Bkz. *Zeeman olayı.*

**anot//anode//** Örneğin bir vakum tüpünün ya da pilin pozitif elektrotu/kutbu. Elektronlar negatif yüklü olduklarından anoda doğru giderler.

**antropik ilke//anthropic principle//** Bkz. *insancıl ilke.*

**aracı vektör bozon//intermediate vector boson//** Zayıf kuvvetin taşıyıcıları olan W ve Z parçacıkları. Bkz. *doğa kuvvetleri.*

**Arago, Dominique François Jean (1786-1853)** Işığın doğasına ilişkin öncü incelemelerde bulunan Fransız fizikçi.

*Augustin Fresnel*'in geliştirdiği ışığın dalga kuramının ışığın nasıl gittiği hakkında iyi bir betimleme olduğunu göstermiş ve *Leon Foucault*'nun ışığın hızını laboratuarda ölçebilmesine yol açmıştı.

Arago 26 Şubat 1786'da Fransa'da Perpignan yakınlarında Estagel'de doğdu. Paris'te École Polytechnique'te[44] öğrenim gördü. İlk görevi Boylam Bürosu olup, 1806'da İspanya'da bir enlem yayı ölçümü yapan ekibin üyesiydi. 1809'da Paris'e döndü ve "Polytechnique"te profesör oldu. Arago fiziğin birçok dalında deneyler yaptı. Elektrik ve manyetizmanın yanı sıra gökbilim gözlemleri de yaptı. 1817'de Fresnel'in dalga kuramını sınayan Fransız Fenbilimleri Akademisine başkanlık etti (ilgili oturumda *Denis Poisson*'un, "ışık dalgaysa bir küre gölgesinin merkezinde aydınlık benek olmalı" deyişi üzerine laboratuarında deneyi gerçekleştirerek durumu kesinleştirmişti). Arago 1838'de dalga kuramını daha öte sınamak için ışığın hızını havada ve suda ölçecek bir elverişli deney tasarladı. Kısmen 1848 devriminin (sonucunda bakanlık yapmış, sömürgelerde köleliğin kaldırılmasını sağlamıştı) getirdiği kargaşa ortamı yüzünden deneyi tamamlayamadı. Görmesi de bozulduğundan gereçlerini *Leon Foucault*'ya devretti.

Foucault'nun (ve bağımsız olarak ***Armand Fizeau***'nun) hava/su karşılaştırmasını tamamlayıp ışığın dalga olarak yayıldığını onamasından üç yıl sonra 2 Ekim 1853'te Paris'te öldü.

**Aristoteles//Aristotle// (384-322 MÖ)** Yunan filozof ve bilimci. Büyük İskender'in büyükbabası ve 2. Filip'in babası olan Makedon Kralının saray hekiminin oğlu olarak MÖ 384'te Makedonya'nın Stageira kentinde doğdu. Platon'un (Eflatun, "Muallim-i evvel") öğrencisi ve sonra çağının en büyük filozoflarından birisi olmuştu. 342'de İskender'in öğretmeni oldu. Bugün fenbilimleri dediğimiz alanlar (gökbilim, biyoloji, fizik, kimya) ile matematik ve felsefede çok sayıda kitap üretmiştir. Dört element (toprak, su, hava, ateş) görüşünü (bkz. ***Empedokles***) benimseyip vurgulayarak özellikleri üzerinde durmuş, daha önce Platon'un sezindirdiği "***esîr***"i[45] "doğa boşluktan nefret eder" deyip, adını da koyarak pekiştirmişti. *Dönemin geleneğine uyarak* hiç deney yapmadan temel hareket vb fizik olgularına sırf gözlem ve usavurmayla açıklamalar getirmiş, doğayla ilgili tüm görüş ve açıklamalarını *Fizik* (Doğa) adlı kitabında toplamıştı.

**Arrhenius, Svante August (1859-1927)** İsveçli kimyacı; bir kimyasal bileşiğin suda çözülmesi sonucunda elektrik yüklü iyonlara ayrıldığını ilk ortaya koyan kişi olmuştu.

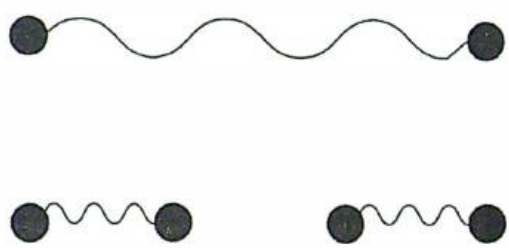
19 Şubat 1859'da Uppsala'da doğan Arrhenius yerel üniversitede okumuş, 1878'de bitirdiğinde doktora çalışmalarına başlamış, tezini 1884'te Stockholm'da sunmuştu. Bu doktora tezi, 1903'te Nobel Ödülü kazandıracak olan çözeltiler üzerindeki çalışmalarının özünü içeriyordu. Tezini sunduktan sonra beş yıl süreyle İsveç Bilimler Akademisinin bursuyla Avrupa'nın çeşitli üniversitelerinde çalıştı. Çalışma yaşamının gerisi İsveç'te geçti. 1905'te, ölümünden kısa bir süre öncesine kadar yürüteceği Nobel Fiziksel Kimya Enstitüsünün başkanlığına getirildi. Konumunun sağladığı güvenle araştırma alanını genişleterek şimdi sera olayı dediğimiz olguyu incelemeye başladı. Bu arada yaşam tozlarının (spor) uzayı aşarak bir gezegenden diğerine gidebileceği fikri üzerinde de duruyordu. 2 Ekim 1927'de öldü.

**asimtotik özgürlük//asymptotic freedom//** ***Kuark***lar arasındaki ***renk kuvveti***nin, kuarklar birbirlerine *yakınlaştıkça* zayıflama biçiminin betimsel adı. Bu ilk bakışta tuhaf görünüyor, çünkü kütleçekim ve elektrik gibi yakınlaştıkça yeğinleşen kuvvetleri düşünmeye alışığız. Ama hepimiz kuarklar arasındaki renk kuvveti gibi bir kuvvetle, bir lastik şeridi gerdiğimizde karşılaşmışızdır. Bir lastik şeridi ne denli

çok çekerseniz daha fazla uzatmak için o kadar büyük çaba harcamanız gerekir, sonunda da kopar.

Demek ki kuarklar (örneğin bir protonun içindeki üç kuark) arasındaki renk kuvveti, sanki kuarklar birbirlerine lastik şeritlerle bağlıymış gibi davranıyor. Kuarklar birbirlerinin yakınındayken lastik şeritler gevşer ve kuarklar tutsaklıklarını fark edemezler. Ama kuarkın biri yoldaşlarından uzaklaşmaya kalkışırsa gerilen lastik şeritler onu geri çekmeye çalışır.

Bu gösterim niçin bir kuarkın hiç tek başına bulunamadığının da bir görüntüsünü sağlıyor. Diyelim ki protonun içindeki kuarklardan birisine belki de dışarıdan hızla gelen bir elektron tarafından kuvvetli bir itme yapıldı. Bu diğer kuarklardan, alışılmışın çok uzağına gidecek ve onu yerinde tutmak isteyen bağlarını gerecektir. Gelen elektron ona yeterince çok enerji verirse bağlar kopar. Ama bu durumda "yeterince enerji" demek, kopuşun diğer tarafında ***Einstein***'ın $E = mc^2$ bağıntısı[46] uyarınca sırf enerjiden yeni bir kuark (ve karşı-kuark) yapmaya yetecek kadar enerji demektir. Böylece tek bir kuarkın kaçıp gitmesi yerine çarpışma bir parça lastikle bağlı bir çift kuark (aslında kuark/karşı-kuark çifti, yani mezon) üretirken giden eski kuark yerine yenisi protonun parçası olur.



***Asimtotik özgürlük.*** *Bir kuark bir diğerinden kaçmaya çalıştığında, ikisini bağlayan gluon huzmesi, kopuncaya kadar gerilir. Kopuşun iki ucunda birer kuark (aslında kuark/karşı-kuark) oluşmasına yeterli enerji birikene kadar kopma olmaz. Böylelikle yalın bir kuark hiç görülmez.*

Elektron çarptığı sırada kuark özgür sayılabileceğinden elektronun proton içindeki kuarktan saçılma şekli yalın bir parçacıktan saçılmasından pek farklı olmayacaktır. Bu türlü özgür-gibi saçılmaların incelenmesi kuark modelinin gelişmesinde önemli olmuşlardı (bkz. ***parton modeli***). Kuarkın olağan koşullarda yoldaşlarından çok uzağa gidememesine kızılaltı kölelik de denir. Kızılaltı teriminin bu "gevşek" kullanılışı "uzak" anlamını ifade ediyor.

**aslar//aces//** Bkz. ***kuarklar.***

**asosiyatiflik yasası//associative law//** Bkz. *eşlenme yasası.*

**Aspect deneyi// Aspect experiment//** Aslında 1980'lerin başlarında Alain Aspect ve çalışdaşları tarafından yürütülen ve Albert Einstein'ın "tekinsiz uzaktan etki" dediği olgunun kuantum dünyasında gerçekten işlediğini ortaya koyan bir dizi deney. Bu, kuantum dünyasının, insan deneyiminin günlük yaşamında işleyen sağduyu yasalarına uymadığının doğrudan deneysel kanıtıdır.

Aspect deneyine götüren tohum 1935'te, Einstein ile iki çalışdaşı kuantum mekaniğinin görünüşte çelişkili niteliklerinden birisine dikkat çeken bir makale yayımlamasıyla ekildi (bkz. ***EPR deneyi***). O sırada bu bir "düşünce deneyi" olarak sunulmuş, bir mantıksal çelişki sağlayarak kuantum mekaniğinin tutarsızlığını ortaya koymayı hedefliyordu; böyle bir deneyin yapılması gerektiği amaçlanmıyordu. Ama 1952'de ***David Bohm***, EPR teması üzerine bir çeşitleme önerdi (gene bir düşünce deneyiydi). Bu fotonların davranışıyla ilgili olup 1964'te ***John Bell***, Bohm'un EPR teması üzerindeki çeşitlemesinin ilke bakımından gerçek bir deneyin temeli olabilir.

O sırada Bell bile böyle bir deneyin pratikte mümkün olabileceğini düşünmemişti. Ama deneyciler bu meydan okumaya karşı hemen işe giriştiler. Yirmi yıl içinde birçok grup uygun ölçümleri gerekli incelikle yapabilmeye yaklaşmıştı. Genel olarak, en sonunda Einstein'ın (ve de sağduyunun) yanıldığını ve kuantum dünyasını yerel olmayışın güttüğünü Aspect takımının 1982'de yayımlanan makalesinin ortaya koyduğuna inanılmaktadır. Burada Bohm'un EPR teması üzerine çeşitlemelerinin Bell'in yorumu üzerine Aspect ve çalışdaşlarının yaptıklarını betimleyeceğiz.

Bu deneylerde ölçülen kuantum özelliği fotonun kutuplanması olup boyu yukarı ya da aşağı yönelmiş bir ok gibi düşünülebilir. Bir atomun uygun bir şekilde uyartılarak aynı anda, zıt yönlere giden iki foton salması sağlanabilir. Bu çiftin kutuplanmasının sıfır olması, yani okların birisinin aşağıya diğerinin yukarıya olması mümkündür. Sağduyu bize her fotonun belli bir kutuplanmayla çıktığını ve bunları uçtukları yol boyunca koruduklarını söyler. Ama kuantum mekaniğinin standart yorumu (bkz. ***Kopenhag yorumu***), böyle değişik konum olanağı bulunan her kuantum varlığının, ölçüm yapılana dek bu seçeneklerin karışımı ya da üst üste binme durumunda olduğunu söyler. Ancak ve ancak ölçme sırasında "dalga fonksiyonunun çökmesi"yle bu iki seçenekten birisi edinilir.

Ama ölçülen fotonun "eşi" de, bu ana kadar gene bir üst üste binmiş kutuplanma durumunda olmalıdır. Tam ölçme anında A fotonunun dalga fonksiyonu çöktürüldüğünde, B'nin dalga fonksiyonu da Evrenin öbür ucunda bile olsa üzerinde hiçbir ölçme yapılmadan karşı-duruma çökmelidir. A'ya B fotonunun anında yanıt vermesi olgusu işte Einstein'ın "tekinsiz uzaktan etki" dediği şeydir. Einstein'ın, dalga fonksiyonunun çökmesine de itirazı vardı ama burada kendini gösteren ***uzaktan etki***dir, yani yerel olmayıştır.

Asıl deney ise özetlediğimizden biraz daha karmaşık. Çünkü kutuplanma yukarı-aşağı okları arasında değişebilen bir açıda ölçülmekte. Belli bir kutuplanmadaki fotonun, belli bir açıya ayarlanmış filtreden geçme olasılığı kendi kutuplanmasına ve bunun filtreyle arasındaki açıya bağlıdır. Yerel olmayan bir dünyada A fotonunun kutuplanmasını ölçmek için seçtiğiniz filtre açısının değiştirilmesi, B fotonunun farklı bir açıya ayarlanmış filtreden geçme olasılığını değiştirecektir. Ayrıca yalnız iki foton salınmak yerine deneyde foton demetleri, aygıtın içinde birbiri ardına uçan takım takım ilintili fotonlar kullanılıyor. Bell teoreminin özelliği böyle bir deneyin istatistiğiyle, her biri bu şekilde yapılacak pek çok ölçümün toplamını temsil eden iki sayı cinsinden uğraşmasıdır. Eğer sağduyu öne çıksa bu sayılardan birincisi diğerinden hep daha büyük olacaktır. Bu Bell eşitsizliğidir. Ama Aspect deneyi (ve de birçok başka deney) ilk sayının hemen her seferinde ikinciden küçük olduğunu gösteriyor. Başka deyişle Bell eşitsizliği bozularak sağduyu etkisizleşiyor.

Deneylerin gücü, deneycilerin bulmayı bekledikleri sonuçları her zaman vermemeleriyle vurgulanmakta. Bell teoreminin ilk sınanması 1970'lerin başlarında Berkeley'de John Clauser, Michael Horne, Abner Shimony ve Richard Holt tarafından (Stuart Friedman da ilgili bir deneyde Clauser ile çalışmıştı) yapıldı. Deney Clauser'in dünyanın yerelliğini –yani tekinsiz uzaktan etki olmadığını– kanıtlama arzusuyla dürtülenmişti. Buna karşın, takımı Bell eşitsizliğinin ihlal edildiğini kanıtlamış oldu. Bir deneyci belli bir şeyi kanıtlamaya girişip tam tersini kanıtlarsa deneyin hiç kandırmaca olmadan dürüstçe yapıldığından emin olabilirsiniz. (Bkz. ***Millikan, Robert Andrews***.)

Berkeley deneyinde bir açık vardı. Deney düzeneği fotonlar yolculuklarına başlamadan belirlenir ve söz konusu fotonlar masanın bir ucundan diğerine kısa uçuşları boyunca aynı kalır. Bu durumda kutuplanma ölçen filtrelerden bir etki sızarak gelen fotonlara onları ne gibi bir filtre beklediğini bildirebilir. Aspect deneyinin kilit özelliği

ise, foton onu doğuran atomdan ayrıldıktan sonra uçarken iki farklı filtreyi birbirleriyle değiştirip durarak bu açığı kapatmaktı. Bu geliştirmede içinden geçen ışığın kutuplanma yönünü değiştirecek bir anahtar vardı. Bu, ışığı iki farklı açıdaki filtreye yönlendiriyor. Her uçuş 20 nano (20 trilyonda bir, $20 \times 10^{-9}$) saniye sürerken anahtar 10 nanosaniyede bir filtre değiştiriyor. Fotonlar uçuştayken bir bilgisayar anahtarın yönünü rastgele değiştiriyordu. Sonuçta Bell eşitsizliği yine de ihlal ediliyordu.

Bütün bu deneylerin önemli özelliği yerel olmamayı *doğrudan* ortaya koymamalarıdır. Aslında ne dalga fonksiyonunun çökmesine ne de kuantum mekaniğine ilişkin başka bir yoruma başvuruldu. Hatta kuantum kuramını kabullenmek bile gereksiz. Her ne kadar Aspect deneyinin dürtüsü kuantum kuramından geldiyse de Bell teoreminin kapsamı daha geniş olup teorem deneysel sonuçlar Evrene ilişkin daha temel bir gerçeği ortaya koymuştur. İşin içindeki nesneler arasında uzaklıktan bağımsız kalan anında ilintiler olabilir (bunun kuantum kuramı bağlamında nasıl olabildiği hakkında bkz. ***işlemsel yorum***).

Bell eşitsizliğinin türetiminin altında üç temel varsayım bulunuyor. Birincisi, Evrende biz onları gözlesek[47] de gözlemesek de var olan gerçek nesneler bulunması. İkincisi tutarlı deney ya da gözlemlerden edinilen vargılardan genel mantıksal yargılar çıkartmak geçerlidir (başka deyişle, kalemimi masanın kenarından her ittiğimde aşağıya düşüyorsa bir daha ittiğimde de düşmenin yukarı değil gene aşağı olacağını çıkarsayabilirim). Üçüncüsü ise hiçbir cismin ışıktan hızlı gidemeyeceğidir. Bu fikirler takımına çoğu zaman "yerel gerçeklik" denilir. Ama Bell eşitsizliği ihlal edildiğine göre bu varsayımlardan en az biri yanlış olmalı.

İkinci varsayım yanlışsa dünyayı anlamak için çabalamaya hiç değmez, öyleyse, dünyayı anlamak istersek bunu tutmalıyız. İlk varsayım yanlışsa, yine de dünyanın işleyişine ilişkin mantıksal iç tutarlılığı olan bir betimleme kurgulanabilir. Kuantum mekaniğinin kimi yorumları işte tam bunu yapıyor (bkz. ***katılımcı evren***). Ama gözlemlerinizden bağımsız bir gerçek dünyaya inanmak istiyorsanız bu dünyanın işleyişinin mantıksallığını kabullenmelisiniz. O zaman da bunun işleyişinin yerellik dışı olduğunu kabul edeceksiniz.

Ama bu yerel olmayışı kullanarak, tekinsiz uzaktan etkiyi bir yerden diğerine anında, ışıktan hızlı gönderme olanağı yok. Yani, kutuplanma filtrenizin açısıyla belirlenecek bir rastgele sayılar takımını yerel olmayış sayesinde Evrenin öteki ucundaki bir dostunuza eriştirebilirsiniz.

Açıyı değiştirdiğinizde dostunuzun değişikliği anlaması mümkün olamaz, dolayısıyla hiçbir anlamlı bilgi aktarması gerçekleşmiyor.

Ek okuma: Nick Herbert, *Quantum Reality*.

**Aston, Francis William (1887-1945)** Kütle tayf gözlemi tekniğini icat eden İngiliz fizikçi. Bunu kullanarak birçok sıradan elementin değişik çeşidi olduğunu, bunların atom numaralarının aynı, kütlelerinin farklı olduğunu gösterdi (izotoplar).

Aston 1 Eylül 1887'de Birmingham'da doğdu. Mason Kolejinde (Birmingham Üniversitesinin öncülü) kimya okudu. Bir bira fabrikasında kısa bir araştırmacılık döneminden sonra 1903'te Mason'a döndü. Seyreltilmiş gazların elektrik geçirilen boşalma tüplerindeki (neon tüpleri gibi) davranışıyla ilgileniyordu. 1909'da bu çalışmayı ***J. J. Thomson***'la yürütmek için Cambridge'teki Cavendish laboratuarına geçti. Boşalma tüplerinde pozitif yüklü "ışınların" (artık iyon deniliyor) elektrik ve manyetik alanlarda sapmalarını incelediler. Aston bu çalışmaların (bir süre savaşla ilgili işler için ara verdikten sonra) sonucunda iyonların kütlelerini ölçen bu tekniği geliştirdi. Atomların anlaşılmasındaki bu esaslı katkısı için 1922'de Nobel Kimya Ödülü (günümüzde bu daha çok fiziğin ilgi alanına girse de) verildi.

İzotopların incelenmesi Aston'un çalışma yaşamının merkezi oldu. Atom kütlelerinin hidrojen atomu kütlesinin tam katları olmadığını keşfettiğinde ise (örneğin oksijenin en genel izotopu olan oksijen-16'nın kütlesi hidrojen atomunun kütlesinin 15,9949 katıdır) bu "yitik" kütlenin atom çekirdeğinin bağlanma enerjisiyle ilgili olduğunun farkına vardı. Aston bu çekirdek enerjisinin çekirdeklerin kaynaşma ya da bölünmesiyle serbest kalabileceğini düşünerek olabilecek tehlikelere karşı uyarı yapmıştı.

Aston'un diğer mesleki ilgileri gökbilimi içeriyordu, ayrıca fotoğrafçılıktaki becerisi kendisini birçok tutulma seferinin vazgeçilmez üyesi yapmıştı. Dahası iyi yetişmiş bir müzisyendi. 20 Kasım 1945'te öldüğünde ilk atom bombasını, yani çekirdek enerjisinin bölünmeyle salınmasını görecek kadar yaşamıştı.

**aşağı//down//** *Spin* durumlarından birisi.

**atlama//jump//** Bkz. ***kuantum sıçramaları.***

**atom** Bir elementin kimyasal tepkimeye girebilen en küçük bileşeni. Atomlar başlangıçta maddenin en ötesi olmayan ve bölünemeyen yapıtaşları olarak düşünülmüştü. Ama artık bunların üç bileşeni olduğu biliniyor: atomu kuşatan ve kimyasal özelliklerinden sorumlu olan

elektronlar ve elektron bulutunun içindeki minik çekirdekte sıkıca bir arada duran protonlar ile nötronlar. Atomun bu iç yapısının üzerinde *atom fiziği* girdisinde durulacaktır.

Artık atom denilen kavrama ilk değinenlerden birisi MÖ[48] 4. yüzyılda yaşayan Çinli filozof Hui Şih'in yazdıklarında görülüyor (bir diğeri de MÖ 5. yüzyılda "tohum"ları öneren Urlalı Anaksagoras). Doğada bulunabilecek en küçük ve içinde bir şey olmayan bir varlık olan "küçük birim" fikrini ileri sürüyor. Bu aynı zamanda kuantum fiziğinin temel kavramının da öncüsüydü: nesnelerin ne kadar çok bölünebileceğinin bir sınırı olması. Ama bu fikirler uzak doğuda pek tutmadı, batıda (Ortadoğu dahil) maddenin temel ve bölünemeyen parçacıklardan oluştuğu fikri MÖ 5. yüzyılda Yunan düşüncesinde doğdu ve bize Yunanca *atomos*'tan (bölünemez) gelen "atom" kelimesini verdi. Yunan atomlarının çok küçük olması gerekmiyordu. Önemli olan bölünememeleriydi. Bu koşul içinde iç yapıları da bulunabilirdi. Bu, İslam dahil başka kültürlerle de uyuşabildi. Çünkü kimi dinlerde, eğer Tanrı, Son Yargıda her şeyi hesaba katabilecekse atom kavramı elzemdir. Atom fikri ***Leukippos*** ve ***Demokritos*** gibi filozoflarca savunuldu. Ancak talihin cilvesidir ki fikrin korunup aktarılması en çok, bu kurama karşı olan ***Aristoteles***'in yazdıklarıyla oldu.[49]

Fikir Avrupa'da Mikolaj ***Kopernik***[50] ve daha etkili olarak ***Christiaan Huygens*** ve ***Robert Boyle*** gibi araştırmacılarca canlandırıldı. 1704'te yayımlanan ama onlarca yıl önce yazılmış olan *Opticks*'inde ***Isaac Newton*** maddenin "ilksel parçacıklardan ..." yapılmış olup bu parçacıkların "onlardan bileşmiş her türlü gözenekli cisimden, kıyaslanamayacak denli sıkı ve yıpranmayacak kadar sert ve parçalanamaz" olduklarını yazmakta. 1738'de İsviçreli matematikçi ***Daniell Bernoulli*** gazların davranışlarını (özellikle de kapalı kaptaki bir gazın basıncını), oraya buraya, kabın çeperlerine ve birbirlerine çarpıp duran birçok küçük parçacığın devinimleriyle betimlemişti. 19. yüzyıla gelindiğinde çoğu fizikçi atom fikrini kesinleşmiş bir gerçek olarak kabulleniyordu. Kimyacılar ise atomların, bilardo topları gibi gerçek varlıklar olarak varlığını kabullenmekte daha çekingen olup bunların kimyasal tepkimelerin oluşunu canlandıracak olsa da yardımcı bir düşünceden başka bir şey olmadığını düşünüyorlardı.

Modern atom anlayışına doğru ilk adımı 19. yüzyılın başlarında ***John Dalton*** attı. Atomu bir elementin kimyasal tepkimelere giren en küçük birimi olma kavrayışını ileri süren Dalton'du. Bu, atom ile molekül arasındaki ayrımı ortaya çıkardı. Örneğin su, hidrojen ve oksijen-

den oluşup, su moleküllerinin kimyasal olarak parçalanması oksijen ve hidrojen çıkarır. Ama kimyasal süreçler hidrojen atomunu da oksijeni de daha temel ve basit hiçbir şeye ayıramaz. Hidrojen ve oksijen atomları su moleküllerinden daha basit varlıklardır.

Atom ve molekülleri anlamakta sonraki adımı 1811'de ***Amadeo Avogadro*** attı. Belli büyüklükte bir kutu belli bir sıcaklık ve basınçta gazla doldurulduğunda gazın türü ne olursa olsun o sıcaklık ve basınçta içerde oraya buraya kutunun duvarlarına çarpıp duran hep aynı toplam sayıda parçacık (atom ya da molekül) olacaktır. Kutunun duvarlarındaki basınç içinse çarpan tanecikler ne olursa olsun yalnızca kaç tane oldukları ve ne sıklıkta çarptıkları önem taşır. Çarpışmaların sayısı parçacıkların çokluğuna, çarpışmanın hızı ise ***sıcaklığa*** bağlıdır.

Bu fikrin, fenbilimcilerin atomlar hakkında düşündüklerine bir etki yapmaya başlaması 1850'lere gelene dek başlamadı; Dalton bile başta pek kabullenmedi. Derken insanlar fark ettiler ki Avogadro haklıysa sezgileri atomların büyüklüklerini hesaplayacak bir olanak sağlayacaktı.

Bu hesaplarda 0° C'de ve 1 standart atmosfer basınçtaki bir kap gaz üzerinde çalışmak âdettir. Kabın büyüklüğü, içindeki gazın kütlesi gazın molekül ağırlığına sayısal olarak gram cinsinden eşit olacak şekilde seçilir. Örneğin oksijen için bu 32 g gaz olur, çünkü her bir oksijen molekülünün kütlesi en hafif element olan hidrojenin atomlarının 32 katı kadardır (her oksijen molekülünde iki oksijen atomu olup tıpkı su moleküllerinde olduğu gibi oksijen molekülleri kimyasal yollarla bölünebilir ama oksijen atomları böyle bölünemez. Aslında hidrojen de iki atomlu moleküller halinde olup, bir oksijen atomunun (molekülünün) kütlesi bir hidrojen atomunun (molekülünün) kütlesinin 16 katı kadardır). Kaba hangi gaz konulursa konulsun içindeki moleküllerin sayısı yukarıdaki koşullarda hep aynı olacaktır. Bu sayıya "***Avogadro sayısı***" denilir ve yuvarlak olarak $6'10^{23}$ (6'nın önünde 23 tane sıfır) kadardır. Bu size atomların ne kadar küçük oldukları hakkında bir fikir verebilir, her santimetreküp hava, yukarıdaki koşullarda $4{,}5'10^{19}$ molekül içerir, ancak moleküllerin bu hacmi tıkış tıkış doldurduklarını sanmayın; moleküller arasındaki ortalama uzaklık molekül boyutlarının binlerce katından büyüktür. Ama bu sayılar modern deneylerin sonuçlarına dayanıyor. 19. yüzyılın sonlarında bile Avogadro sayısının tahminleri kesin değildi.[51] Tahminlere sağlam bir dayanak getiren kişi ***Albert Einstein*** oldu.

Molekül boyutlarının kestirilmesine 19. yüzyılın ilk girişimi ***Thomas Young*** 1816'da yaptı. Kestirim sıvıların yüzey gerilimi –sıvı yü-

zeyine hafifçe dokunduğunuzda hissettiğiniz esneklik olup sebebi yüzeydeki moleküllerin çevresindeki ve altındaki sıvının alttaki tüm moleküller tarafından çekilirken, üstten çekilmemesidir– ölçmelerine dayanıyordu. Young yüzey geriliminin moleküller arasındaki kuvvetin erimine bağlı olması gerektiğini düşünerek bunu molekül boyutlarının kaba bir ölçüsü olarak kullandı. "Su parçacıkları"nın boyu için çıkarttığı sonuç santimetrenin milyarda 5'i ile 25'i arasında olup modern tahminden sadece 10 kat kadar büyüktü.

Elli yıl sonra ***Johann Loschmidt*** Avogadro sayısını içeren bir başka teknik kullandı. Bir sıvıda tüm moleküllerin birbirlerine değdiklerini varsaydı. Ama gazlarda moleküller; çarpışmalar arasında, aradaki boş uzayda gezinirler. Belli bir miktar sıvının hacmini bildiğine göre, sıvının buharlaşarak bir kabı doldurduğunda kabın ne kadarının boş uzay olduğunu da bilecekti. Bu ona, tipik bir hava molekülünün milimetrenin birkaç milyonda biri boyunda olacağını gösterip ***Avogadro sayısını*** da $0,5 \times 10^{23}$ olarak[52] hesaplayabilmesi için gerekli ek bilgiyi verecekti. Eşdeğer deneylerin modern uygulanımları ise bize 0°C'de çarpışmalar arasında ortalamada metrenin 13 milyonda biri kadar gittiğini ve aynı sıcaklıkta bir oksijen molekülünün saniyede 462 metreden azıcık daha hızlı gittiğini söylemekte. Yani her saniyede 3,5 milyar çarpışma yapar.

Molekül boyutlarını ölçmek için Einstein'ın uyguladığı teknik, gazlarla değil çözeltilerle ilgiliydi. Buna göre, çözülen maddenin molekülleri, çözücü moleküllerin arasında dağılmış durumdadır. Kullandığı çözelti şekerli su olup hesapları tam olarak bir fincan şekerli çaya denkti. 1905'teki doktora tezindeki deneyleri çözülen moleküllerin farklı yoğuşkudaki iki çözelti arasındaki bir gözenekli zardan akarak geçiş biçimiyle ilgiliydi. Avogadro sayısı için çıkarttığı değer $2,1 \cdot 10^{23}$ olup, moleküllerin boylarını birkaç Angström kadar vermişti. Bu artık eskimiş bir birim olsa da herhangi bir atomun 1Å çapında olduğu kolayca akılda kalmaktaydı. 1906'da $4,15 \cdot 10^{23}$'e, 1911'de ise $6,11 \cdot 10^{23}$'e getirdiğinde birçok fenbilimci çeşitli tekniklerle buna yakın değerleri bulmuş ve atom fikrine ilişkin hiç kuşku kalmamıştı.

Bunlar fende süregiden ve kaçınılmaz bir ilerleme gibi geliyorsa da yeniden düşünün. Bir gazın oraya buraya ve birbirlerine çarpıp duran pek çok minik tanecikten oluşması fikri 19. yüzyılda gazların matematiksel bir kuramının (***istatistiksel mekanik***) yapılabilmesini sağlamışsa da atomların varlığı için doğrudan bir kanıt olmadan kimi fizikçiler bile bu yaklaşımdaki anlayıştan kuşku duydular. 1890'larda

alanın öncülerinden ***Ludwig Boltzmann*** yerleşik düşünceye (bu herhalde o sıralarda Almanca konuşan dünyada doğruydu, ama başka yerlerde atom fikrinin kabulü çok daha yaygındı[53]) karşı çabalarında kendisini tek bir birey olarak hissediyordu ki 1898'de hesaplarının ayrıntılarını yayımladığında "... gazların kuramı yeniden gözden geçirildiğinde pek çok şeyin yeniden keşfedilmesini" umduğunu belirtmişti. Bunu ***J. J. Thomson***'ın elektronu keşfinden *sonra* yazmıştı! 1906'da hasta ve depresif olan ***Boltzmann*** Einstein'ın sadece birkaç ay önce yayımlanmış olan tezinden habersiz kendini öldürdü. Her ne kadar Boltzmann, belki sandığı kadar yanlış anlaşılmış olmasa da deneyimleri, atom fikrinin tamamıyla yerleşmesinin ancak 20. yüzyılda olduğunu ve de Einstein ile çağcılarının o yüzyılın ilk on yılı içinde buna olan katkılarının ne denli önemli olduğunu göstermekteydi. Einstein 1905 Mayısında tezini sunduktan hemen sonra ***Brown devinimi*** –suda asılı polen tanelerinin zigzaglı ilginç dansı– üzerine klasik makalesini yayımlanmak üzere gönderdi. Bu devinimin, onları çevreleyen moleküllerin çarpmalarından kaynaklandığına dayandırıyordu. Böylece atom ve moleküllerin gerçekliğine tüm fenbilimcilerin zihinlerinde fiziksel gerçeklik kazandırdı.

Ek okuma: ***Steven Weinberg***, *The Discovery of Subatomic Particles*.

**atom ağırlığı//atomic weight//** Bkz. ***bağıl atom kütlesi.***

**atom bombası//atomic bomb//** Uranyum-235 ve plütonyum-239 gibi kararsız ağır elementlerin ***bölünme***sinden patlamayla enerji salan aygıt. Ancak bu terim yanlış bir adlandırmaydı. Nükleer (çekirdeksel) bomba daha uygun bir ad. Bkz. ***nükleer silahlar.***

**atom boyu//atomic size//** Atomun boyu çekirdeğini çevreleyen elektron bulutunun yaygınlığıyla belirlenir. En basit olan hidrojenin "bulutu" tek bir elektron, en ağır elementlerinkiler ise 100 kadar elektron içerseler de tüm atomların boyları oldukça yakın, birkaç Angström kadardır. Bilinen en cüsseli atom olan sezyumun çapı 0,5 nm (0,00000005 cm).

**atom bölünmesi//atom splitting//** Çekirdek bölünmesinin (fisyon) yanlış konulmuş adı. Bkz. ***çekirdek bölünmesi.*** Bu anlamda "atomu bölen" ilk kişiler 1932'de ***John Cockroft*** ve ***Ernest Walton*** olmuştu.[54]

**atom enerjisi//atomic energy//** Tarihsel olarak ***nükleer enerji***ye verilmiş olan ad olsa da aslında kimyasal tepkimelerden (atomlar arasındaki tepkimeler) çıkan enerjiye verilmesi gerekirdi. Ancak bunun için artık çok geç.

atom fiziği//atomic physics// Atomun iç yapısı üzerinde yapılan çalışmalar. Bu, en genel biçimiyle, elektronların çekirdek çevresinde nasıl bir düzenleri olduğunu ve çekirdekteki proton ve nötron sayılarının atomların özelliklerini nasıl belirlediğini bulmaktır. "Atom fiziği"nin büyük bir kısmı (özellikle ***bölünme*** ve ***kaynaşma***) aslında *çekirdek fiziği*nin alanına girer. 1890'lara gelindiğinde atomların varlığına ilişkin epeyce delil vardı ama hâlâ maddenin temel ve bölünemez yapıtaşları olduklarına inanılmaktaydı (bkz. ***atom***). Atom fiziği 1897'de ***J. J. Thomson***'ın Cambridge Üniversitesinin Cavendish Laboratuarındaki keşfiyle başladı. ***Katot ışınları*** aslında, atomlardan koparılmış minicik yüklü parçacıklar akışıydı. Çok geçmeden bu tanecikler elektronlar olarak bilinecekti.

Bu keşif ***William Crookes***'un 1870'lerde yaptıklarından kaynaklanmaktaydı. Boşalma tüplerindeki –neon ya da flüoresan tüpleri gibi, iki ucundaki elektrotlarla bir elektrik üretecine bağlı olan ve uygulanacak gerilimin içindeki gazda ne gibi bir etki yapacağını gösteren yalıtkan ve saydam (cam) tüpler– eser miktarda gazdan geçen elektrik akımlarının etkilerini inceliyordu. Elektrik artı uçtaki anot ve eksi uçtaki katot plakalarından verilip, tüp içinde aralarında akabiliyordu. Bunun bir etkisi anottan itilen pozitif yüklü parçacıkların akışıydı. Crookes bunlara "moleküler ışınlar" adını verdi. Şimdi iyon dediğimiz bu pozitif yüklü tanecikler, bir manyetik ya da elektrik alanla saptırılmazlarsa doğru çizgiler boyunca gidiyorlardı.

Önceki araştırmacılar gibi Crookes da katodun ittiği bir negatif yüklü parçacıklar akışının farkına vardı. Bu katot ışınları yirmi yıl kadar önce, boşalma tüpünün çeperlerine vurdukları esnada ışıldama yaptıkları gözlendiğinde keşfedilmişlerdi. Crookes katot ışınlarının da doğru çizgiler boyunca gittiklerini manyetik alanda sapma biçimlerini göstererek negatif yüklü olduklarını ileri sürmüştü. Ama bunların pozitif yüklü moleküler ışınların negatif yüklü karşılıkları olmadığının farkına varamamıştı. Crookes, tüpün yakınlarındaki fotoğraf plakalarının karardığını da görmüştü ama bunu kurcalamadı.

Katot ışınlarına ilgi 1895'te, ***Wilhelm Röntgen*** rastlantıyla ***X ışınları***nı bulduğunda birden alevlendi. Bu, diğer şeylerin yanı sıra Crookes'un fotoğraf plakalarının kararmasını da açıklayacaktı. Anlaşıldı ki X ışınları daha önce hiç bilinmeyen ve katot ışınları huzmesinin tüpün cam duvarlarına çarptığı[55] yerde oluşan ve bir ışınım türüydü. Thomson ve araştırma öğrencisi ***Ernest Rutherford*** X ışınlarının gazlara yaptığı etkiyi incelediler. Bu şekilde ışınlanan gaz elektrik iletebiliyor-

du. Thomson böyle elektrik ileten bir gazı betimlemek için "iyonlaşmış" terimini ileri sürdü. Sonra da dikkatini X ışınlarını üreten katot ışınlarına yöneltti. Birkaç yıl önce, 1894'te Alman fizikçi ***Philipp Lenard*** katot ışınlarının metal bir yapraktan geçebildiğini göstermişti. Bu da, bunların (Crooks'un sandığı) elektrik yüklü moleküller olmamaları demekti. Lenard (***Heinrich Hertz*** de) bunların elektromanyetik ışınlar olduklarını düşünüyordu, X ışınlarının keşfi bu inancı kısa bir süre destekledi. Thomson kendi elektriksel boşalma tüplerinde oluşan katot ışınlarının ışık hızının ancak bir kesri kadar hızla gittiğini buldu. 1897'de bunların atomlardan çok daha küçük parçacıklar olduğunu gösterdi ve manyetik ile elektrik alanındaki davranışlarını inceleyerek elektrik yüklerinin (*e*) kütlelerine (*m*) oranını ölçtü. Bu parçacıklara "zerrecikler"[56] adını verdi, kısa bir süre sonra da bunların Hollandalı fizikçi ***Hendrik Lorentz***'in önerdiği ve George Stoney'in yıllar önce adlandırdığı "elektronlar" olduğu anlaşıldı.

Elektronların keşfi atomların en küçük parçacıklar olmadığını ortaya koydu. Elektriksel boşalma tüplerindeki pozitif "atomlar" ve negatif elektronların varlığı elektronların atomlarda sökülebileceğini gösteriyordu. Atomlar hem pozitif hem de negatif yük içeriyorsa, negatif yükün bir kısmının çıkarılması arkada karşılığı olan bir pozitif yük bırakmalıydı.

Elektronların incelenmesinden sonra Thomson ilgisini 19. yüzyılın sonlarında "kanal ışınları" olarak bilinen pozitif yüklü iyonlara çevirdi. Bunların tamı tamına pozitif yük taşıyan atomların (yani içlerinden negatif elektrik yükü çıkarılan atomlar) bir akışı gibi davrandığını gösterdi. Bu çalışma 20. yüzyılın 20'li yıllarında bir elementin atomlarının hep aynı kütlede olması gerekmediğinin de bulunmasına götürdü. Thomson, hep aynı yükü olan iyonların *e*/*m* oranını ölçerek, örneğin neonun iki çeşit parçacığı (atomları) olduğunu buldu: birinin kütlesi hidrojen atomu kütlesinin 20 katı, diğeri 22 katı. Böyle çeşitlere artık ***izotoplar*** denilmekte. Thomson'un keşifleri üzerine yapılaştırarak İngiliz fizikçi ***Lord Kelvin*** atom için ilk modeli 1902'de ileri sürdü.[57] Bu, Thomson tarafından coşkuyla onandı ve *Thomson modeli* olarak bilinegeldi (Lord Kelvin'in asıl adı William Thomson'du. Bir aile yakınlıkları olmasa da iyi bir rastlantı). 19. yüzyılın sonuna gelinirken çeşitli deneyler tüm atomların aşağı yukarı aynı boyda ve kabaca 1 ***Angström*** ya da 0,1 nanometre (metrenin on milyarda biri) çapında olduklarını göstermişti (bkz. ***atom***). Thomson modeli, atomu tekdüze pozitif yüklü ve 1 Å çapında bir küre olarak hayal ediyordu. İçinde

elektronlar tıpkı üzümlü kekteki üzümler gibi[58] yerleşmiş olacaktı. Yanlış olduğu çok geçmeden görülecekti.

1896'da Fransız fizikçi ***Henri Becquerel*** X ışınlarının keşfinden esinlenmişti, bir yandan da uranyum tuzlarının floresanlığını inceliyordu. Bu arada uranyum atomlarının kendiliğinden saldıkları bir diğer ışınım türünü keşfetti. 1898'de Kanada-Montreal'de McGill Üniversitesine geçen Rutherford aslında iki türlü ışınım olduğunu göstererek bunlara da alfa ve beta ışınları adını verdi (daha sonra keşfedilecek[59] üçüncü bir tür ışına da gama denilecekti). Kısa süre sonra "beta ışınları"nın hızlı elektronlar oldukları gösterilecek, alfa ışınlarının ise kütleleri hidrojen atomunun dört katı olan iki birim pozitif elektrik yükü taşıyan parçacıklar olduğu ortaya çıkacaktı (bkz. ***Rutherford***). Bunlar iki elektronu çıkarılmış helyum atomlarıyla aynıydı (şimdi onlara helyum çekirdeği diyoruz).

1902'de Rutherford ve Frederick Soddy bir atomun hem alfa ışınları saldığında hem de beta ışınları saldığında başka bir elementin atomuna dönüştüklerini ortaya koydu. Rutherford daha sonra doğal radyoaktiflikle oluşan alfa ışınlarını başka atomların yapısını yoklamak için kullanmaya girişti.

1909'a gelinirken Rutherford Manchester Üniversitesinde fizik profesörü olarak İngiltere'ye dönmüştü. Orada yönderliği altında iki fizikçi, Hans Geiger ve Ernst Marsden bir alfa parçacıkları huzmesi ince bir metal yaprak üzerine gönderildiğinde parçacıkların büyük bir kısmı dosdoğru geçip giderken bir kısmı da çeşitli açılara sapıyor, birkaç tanesi arada sırada geri tepiyordu.

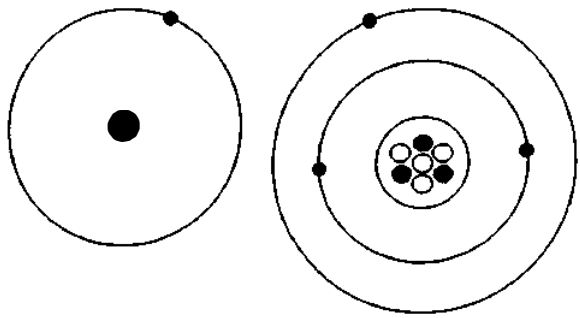
Thomson modeli bunu açıklayamazdı çünkü bu görünümde yaprak birbirine değen sıra sıra "üzümlü keklerden" yapılmış olacak, yani hiçbirisinin içinde de alfa parçacıklarını saçtıracak denli yoğun ve sıkı yük merkezleri bulunmuyor. Böylece Rutherford atomlar için Rutherford modeli denilen yeni bir resim düşündü. Bunda, merkezde bütün artı yükü ve de atomun neredeyse bütün kütlesini taşıyan minik bir (çapı 1 Angströmden çok küçük) çekirdek çevresinde elektronlar Güneş çevresindeki gezegenler gibi dolanıyor. Bu resimde görünüşe göre katı –yani sıkıca dolu– bir nesnenin (ince bir metal yaprağın da) büyük bir kısmı boşluk olacak, bir alfa parçacığı elektron bulutlarını sıyırarak çekirdekler arası boşluktan kolayca geçebilecek, arada sırada çekirdeğe daha yakın geçenler çeşitli açılarda sapmaya uğrayacak, iyice yakınına gelenler ise geriye doğru bile itilecektir.

Rutherford böylesine büyük açılı sapmaların sıklığını (ya da seyrekliğini!) kullanarak çekirdeğin büyüklüğü hakkında sağlam bir fikir edindi. Tipik bir çekirdek çapı $10^{-13}$ cm olup, bütün atomun $10^{-8}$ cm kadar olan büyüklüğünden yüz bin kat kadar küçüktür. Bu, bir topluiğne başının Ayasofya'nın[60] kubbesiyle kıyaslanmasına eşdeğerdir.

Rutherford modelinin bir sorunu olduğu ortada. Yüklü bir parçacık (örneğin elektron) yörüngede giderken elektromanyetik enerji ışıyarak bir helezon çizer ve çabucak çekirdeğe düşer.[61] Bu sorun atomun ***Bohr modeli***nin öne sürülmesiyle çözülerek kuantum fiziğinin ilk başarılarından birisi oldu. Daha sonraki gelişmeler ise merkezde minik bir çekirdek ve çevresindeki daha da minik elektronların oluşturduğu bulut resminin, atomlar için en gerçekçi görüntü olduğunu ortaya koydu.

Bu bağlamda izotopların da keşfi bir elementin atomlarının hep aynı sayıda elektron içerdiğini gösterdi. Dolayısıyla çekirdeklerinde de nötrlüğü sağlamak için eşit miktarda artı yük bulunuyor ama kütleleri farklı oluyor. 1919'da Rutherford, bir alfa parçacığının bir azot çekirdeğine çarptığında çekirdeğin oksijene dönüşürken bir hidrojen çekirdeğinin de salındığını gösterdi. Simyacıların düşü olan, elementlerin birbirine dönüşmesini gerçekleştirmişti. Bu keşif, çekirdeklerin birinde bir hidrojen atomu olduğu ve çarpışmayla dışarı atıldığını düşündürmüştü. Buna "proton" adı verildi. Protonun, elektronun taşıdığı eksi yükle aynı büyüklükte olan bir birim artı yükü bulunur.

Hidrojen en basit ve en hafif atomdur. Dolayısıyla hidrojen çekirdeği (yani proton) maddenin temel yapıtaşı olarak görüldü. Ama çekirdekler sırf protonlardan oluşmuş olamaz. Çünkü bir çekirdeğin kütlesi (daha doğrusu ***kütle sayısı***) genelde artı yüküne (proton yükü sayısı olarak) eşit değildir. 1920'lerin başlarında bir olanak çekirdeğin bir proton-elektron karışımı olması, böylece de toplam artı yükün azalmasıydı. Ama daha akla yakın görünen bir açıklama henüz gözlenmemiş olan bir tür nötr ve gerekli kütle fazlalığı olan bir parçacık içermesiydi. Bu durum 1932'de Cambridge'te çalışmakta olan ***James Chadwick***'in ***nötron***u teşhis edip kütlesinin kabaca proton kütlesi kadar olduğunu belirlemesiyle onandı.



*Atom fiziği. Bohr modeli hidrojeni (solda) tek bir elektronun, bir tek proton çevresindeki yörüngede bir elektron olarak temsil ediyor. Daha ağır atomlarda çekirdek hem proton (her elektrona karşılık bir tane) hem de nötronlardan oluşmuştur. Uygun sayıda elektron da bunun çevresindeki yörüngelerdedir (sağda temsil edilen atom lityum-7'dir).*

Atomun temel modeli artık tamamlanmıştı. Belli bir elementin çekirdekleri, bunları kuşatan bulutu oluşturan elektronların sayısına eşit sayıda proton ve doğru kütle sayısını verecek kadar nötron içerir. Ama aynı atomun nötron sayıları azıcık farklı türleri de bulunur. Bu, izotopların varlığını açıklar. Bunların elektron sayıları eşit olduğundan kimyasal özellikleri hep aynıdır, ama nötron sayıları farklı olduğundan kütleleri de farklıdır. Oluşumu sırasında bir miktar fazla enerjisi olan, kararsız çekirdeklerin kimilerinde bir nötron ***beta bozunması***na uğrayarak protona dönüşürken bir de elektron salar; kimlerinde de iki proton ve iki nötron bir araya gelerek bir alfa parçacığı olup kaçar. Benzer olarak alfa bozunmasında kararsız bir çekirdek bağlı iki proton ve iki nötron olan helyum çekirdeğine bozunur. Böylece farklı farklı yeni element atomları oluşur.

Çekirdekte artı yüklü protonların, birbirlerinin itici elektrik kuvvetine karşın nasıl "yapışabildiklerine" şaşırıyorsanız ***doğadaki kuvvetler*** maddesine bakın.

**atom kuramı** Bkz. ***atom.***

**atomik kütle birimi (a.k.b.)** Atom kütlelerinin ölçüldüğü birim. 1 a.k.b. tek bir karbon-12 atomu kütlesinin on ikide biridir. Bu $1{,}66 \times 10^{-27}$ kg'dir ve enerji karşılığı kabaca 931 MeV ediyor. Ayrıca 1 dalton olarak da adlandırılır.

**atom kütlesi** Bkz. ***atomik kütle birimi.***

**atom pili//atomic pile//** ***nükleer reaktör***lere *(çekirdeksel reaktör)* ilk verilen ad.

**atom saati//atomic clock//** Atomlara ilişkin düzenli titreşimlere, daha doğrusu belli bir atomun saldığı belli bir ışığın frekansına dayanarak zaman belirleyen aygıtlara verilen genel ad. İlk atom saati 1948'de ABD Ulusal Standartlar Bürosunda (NBS) azot atomlarının amonyak moleküllerindeki saniyede 23.870 titreşimlik ileri geri salınımlarının ölçülmesine dayanarak yapıldı. Amonyak saati olarak da bilinir.

Günümüzdeki atom saatleri sezyum atomlarına dayanır. Sezyum tayfı, frekansı 9.192.631.770 Hz (*hertz*) çok keskin olarak bilinen bir ışıma içerir. Artık 1 saniye de bu sayıda titreşimin aldığı süre olarak tanımlanmaktadır. Bu tür atom saatlerine sezyum saati denilmekte olup $10^{13}$'te bir (yani 10.000 milyarda bir) başka deyişle 316.000 yılda 1 saniyelik hata payıyla çalışmaktadırlar.

Daha da düşük hata payı olan saatler de geliştirilmiş olup hidrojen atomlarının ışımalarından yararlanırlar. Bunlara hidrojen *mazer*i saatleri denir. ABD'de Washington DC'deki Deniz Kuvvetleri Araştırma Laboratuarında (NRL) bulunanındaki hata payının 1,7 milyon yılda 1 saniye olduğu tahmin edilmekte. İlke bakımından, hata payı 300 milyon yılda 1 saniye olan saatler de yapılabilir.

**atom numarası//atomic number//** Bir element atomunun çekirdeğindeki protonların sayısı. Bu o atomun içerdiği ve elementin kimyasal özelliklerini belirleyen elektronların sayısına eşittir. Z simgesiyle belirtilir ve proton sayısı olarak da bilinir. Bkz. ***izotoplar, kütle numarası.***

**atom tayf gözlemi//atomic spectroscopy//** Bkz. ***tayf gözlemi.***

**atom yarıçapı//atomic radius//** Bkz. ***atom boyutu.***

**atomik zaman//atomic time//** Genel anlamda atom saatiyle ölçülen zaman. Özel olarak da bugün kullanılan ve ***atom saati***ne dayanarak 1 Ocak 1958, saat 00:00:00'da başlayan standart zaman (Uluslararası Zaman Ölçeği). Radyo istasyonlarının sağladığı zaman imleri bununla kalibre edilir.

**Auger elektronu** Bkz. ***Auger olayı.***

**Auger olayı//Auger effect//** Uygun bir şekilde uyarılmış (yani enerji fazlası olan) bir atomun bir elektron salarak daha düşük enerjili bir duruma inmesi. Salınanlara Auger elektronları denilir. Bu elektronun taşıdığı enerji, tayfın X ışını ya da gama ışını kısmından bir fotonun enerjisine denktir.

Bu olayın yararı elektronların (belli tipten bir atom için) tamı tamına belli bir enerjiyle salınmasıdır. Salınan elektronlar belli bir atomun

elektron bulutundaki elektronların enerji düzeyi aralıklarına ilişkin de bilgi sağlar.

Olgunun adı bunu 1925'te keşfeden Fransız fizikçi Pierre Auger'den (1899-1993) geliyor. Daha önce ***Lise Meitner*** de bunu fark etmişti.

**Avogadro, Amadeo (1776-1856)** Piemonteli bir soylu aileden gelen İtalyan kimyacı ve fizikçi. Tam adı Lorenzo Romano Amadeo Carlo Avogadro di Quaregna e di Cerrato olup, babasından sonra 1787'de Quaregno Kontu unvanını aldı.

9 Ağustos 1776'da Torino'da doğan Avogadro, hukukçuluğu geçmişten gelen bir ailedendi ve kendisi de hukukçuluk yaptı. 1800'de bir yandan da fenle ilgilenmeye başladı –elektrik üzerinde çalışıyordu– ve 1806'da Torino Akademisinde gösteri deneyciliğine atanması üzerine hukuku bıraktı. 1809'da Vercelli'deki Krallık Kolejinde Doğa Felsefesi profesörlüğüne atandı. Torino'da iki dönem matematiksel fizik profesörlüğü yaptı. İlki 1820'den, konumunun siyasal sebeplerle kaldırıldığı 1822'ye kadar ve (konumunun yeniden ihdasından iki yıl sonra) 1834'ten emekli olduğu 1850'ye kadar.

Avogadro, ***Joseph Gay-Lussac***'ın keşiflerini kullanarak 1811'de suyun kimyasal formülünün HO değil de $H_2O$ olduğunu gösterdi. Yayımladığı makalede aynı sıcaklık ve hacimdeki gazın eşit sayıda molekül içerdiği fikrini ortaya koydu (***Avogadro yasası***). Bu fikrin önemi başta pek benimsenmedi. Ancak vatandaşı Stanislao Cannizzaro 1860'ta fikri ele alarak önemi üzerinde durdu. Buna karşın, fikrin ve sonuçlarının bütünüyle kabul edilmesi yirmi yıl aldı. Bkz. ***atom***.

Avogadro 9 Temmuz 1856'da Torino'da öldü.

**Avogadro sayısı//Avogadro's number//** Bir maddenin, molekül/atom gramında, yani sayı olarak molekül/atom ağırlığı kadar gramında bulunan molekül/atom sayısı (buna "molekülgram, mol" denilir). Karbonun atom ağırlığı 12'dir, öyleyse 12 g karbonda Avogadro sayısı kadar atom bulunur. Hidrojenin atom ağırlığı 1 olduğu halde her hidrojen gazı molekülünde 2 atom bulunduğundan 2 g hidrojen gazında Avogadro sayısı kadar molekül bulunur. Avogadro sayısı (Avogadro sabiti olarak da bilinir) $6{,}022 \times 10^{23}$'tür. Bkz. ***atom***.

**Avogadro yasası//Avogadro's law//** Bkz. ***Avogadro, Amadeo.*** Avogadro varsayımı olarak da bilinir.

**ayar alanı** Bkz. ***ayar kuramı.***

**ayar bozonu** Ayar kuramında parçacık etkileşmelerine aracılık eden ("kuvveti taşıyan") parçacıklar: elektromanyetizma için fotonlar, zayıf

etkileşme için W ve Z parçacıkları, yeğin etkileşmeler için gluonlar, kütleçekim için de gravitonlar. Bkz. *aracı vektör bozon.*

**ayar grubu//gauge group//** Bkz. *grup kuramı.*

**ayar kuramı//gauge theory//** *Ayar simetrisi* olan bir kuram. Kütleçekim ve elektromanyetizma birer ayar kuramı olup, zayıf etkileşmelerin ve *kuantum renkdinamiği* (*KREDİ*) kuramlarının kuantum alanları cinsinden geliştirilmelerindeki anahtar girdilerden birisi ayar simetrisi olma gereğidir.

**ayar simetrisi//gauge symmetry//** Alan kuramında, uzayın her yerinde her parçacığa uygulanan bir işlemin, alanı betimleyen denklemlerde değişikliğe yol açmamasına ilişkin bir kavram. (İşlemin belli bir bölgeye uygulandığı durumlarda yerel simetrinin olması da mümkündür.)

"Ayar" terimi bir bakıma ölçünün ayarlanması anlamındadır. Ayar simetrisi olan alanların değişik tabanlardan ölçümleri alanların özellikleri değişmeden ayarlanabilmektedir. Klasik örnek kütleçekimdir. Merdivenlerin bir basamağında duran bir top düşünün. Belli bir potansiyel enerjisi olacak. Bir basamak aşağıya indiğinde belirli bir miktar potansiyel enerji yitirecektir. Bu, yalnızca kütleçekim alanının şiddetine ve basamaklar arasındaki açıklığa bağlıdır. Kütleçekimin potansiyel enerjisini istediğiniz yerden ölçebilirsiniz. Genelde ya Dünya'nın yüzeyinden ya da merkezinden ölçülür ama ölçünün başlangıcı (sıfırı) için Evrendeki her noktayı seçebilirsiniz. Olan şu ki bu noktayı nerde alırsanız alın, yani sıfır ayarını nasıl yaparsanız yapın iki basamak arasındaki enerji farkı hep *aynı* olacaktır. Demek ki kütleçekim bir ayar kuramıdır.

**ayna maddesi//mirror matter//** Bkz. *gölge madde.*

**ayna simetrisi//mirror symmetry//** Bkz. *parite.*

**bağ//bond//** Bkz. *kimyasal bağ.*

**bağıl atom kütlesi//relative atomic mass//** Atom kütlelerini, karbon-12 izotopunun kütlesi tam 1 alınarak ölçen birim. Bu ad *atom ağırlığı* teriminin yerine geçiyor ama eski deyim hâlâ kullanılmakta.

**bağıl geçirgenlik//relative permeability//** Bkz. *geçirgenlik.*

**bağlanma enerjisi//binding energy//** Parçacıklar topluluğunun, özellikle atom çekirdeğinde bir arada tutulma şiddetinin ölçüsü. Bağlanma enerjisi, kendisini oluşturan parçacıkların ayrı ayrıyken tek tek kütlelerinin toplamı ile çekirdeğin kendi kütlesinin farkıdır. Örneğin

iki yalın proton ve iki yalın nötronun toplam kütlesi, iki proton ve iki nötron içerse de bir helyum-4 kütlesinden daha büyüktür. Kütle-enerjideki fark –yani bağlanma enerjisi– çekirdek kaynaşarak oluştuğunda açığa çıkan enerjidir.[62]

Çekirdeklerin bağlanma enerjilerini bunu içlerindeki nükleonların sayısına (***kütle sayısı***) bölerek "nükleon başına bağlanma enerjisi" olarak belirtmek kullanışlı oluyor. Kütle sayıları 50-60'a kadar olan çekirdekler için bu değerin oldukça çabuk büyümesi çekirdeklerin, kütleleri arttıkça daha kararlı (daha sıkı bağlı) olduklarını göstermekte. Sonra da yavaşça azalarak demir ve nikelden ağır çekirdeklerin giderek daha az sıkı bağlı olduğunu söylüyor. Bu da enerjinin, ya hafif çekirdeklerin kaynaştırılıp daha ağır çekirdek (demir ve nikele kadar) ya da ağır çekirdeklerin bölünerek daha hafif çekirdek (demir ve nikele kadar) oluşturmalarıyla salınabileceğini gösteriyor.

Ağır çekirdeklerin[63] kendileri ise hafif olanlardan ancak enerji eklenmesiyle oluşturulabilir. Bu ise süpernova denilen yıldız patlamalarıyla mümkündür. Böyle yıldız patlamaları olmadan Evrende demirden daha ağır elementler oluşamazdı.

**bağlaşma/etkileşme sabiti//coupling constant//** İki parçacık arasındaki –doğa kuvvetlerinden birisi tarafından üretilen– etkileşmenin şiddetinin ölçüsü. Bunun en çok tanınan örneği kütleçekim sabitidir. Bu, belli büyüklükte iki kütlenin birbirlerini ne büyüklükte bir kuvvetle çektiğini belirler (öyle ki kütleçekim doğanın dört kuvvetinin en zayıfı olup bağlaşma sabiti büyük arayla en küçüğüdür). Bu ad parçacıkların belli bir kuvvete ilişkin alanla bağlaşmasından geliyor; tıpkı bir vagonun lokomotifle bağlaşması gibi.

**Balmer, Johann Jacob (1825-1898)** İsviçreli matematikçi ve öğretmen.

Tayf ölçümüyle ilgilendi ve hidrojen atomunun görünür tayfındaki çizgilerin frekanslarıyla sıraları arasındaki ilişkiyi buldu. 1 Mayıs 1825'te Basel yakınlarında doğan Balmer, aynı zamanda yerel yönetimde de görevli olan başarılı bir çiftçinin oğluydu. Karlsruhe ve kısa süre Berlin'de öğrenim gördü. Dönüşünde Basel'de öğretmenlik yaparken 1849'da Basel Üniversitesinde doktorasını tamamladı. 1850'de Basel'deki bir okulda matematik ve Latince öğretmenliği yaptı. 1890'a kadar kaldığı bu görev sırasında 1865-1890 arasında Basel Üniversitesinde ek görevle (*öğretim görevlisi*) geometri öğretti.

Balmer, matematikçi olarak yetiştiği ve matematik öğretmeni olarak çalıştığı halde o sıralarda fen araştırmalarının delici gücü olan

tayf ölçümüne ilgi duymuştu. Basel Üniversitesindeki çalışdaşlarının yüreklendirmesiyle tayflardaki çizgilerin –ilk bakışta gelişigüzel görünen– dağılım şekli için bir açıklama getirmeye uğraştı. Daha önce birçok fenbilimci bu düzeni bulmak için uğraşıp başarılı olamamıştı.[64] 1884'te Balmer altmış yaşında yalnızca ilk dört parlak çizginin düzenini değil, görünürlüğün sınırında olan beşinciyi de önsöyen bir denklemi bulmuştu. Kısa sürede bu da görüldü ve bağıntı 1885'te, Niels Bohr'un doğduğu yıl yayımlandı.

Bu beş çizgi Balmer serisi olarak bilinir. Balmer, hidrojenin kızılaltı ve morötesi bölgelerinde de benzeri seriler olduğunu önsöydü ve bunlara (keşfedenlerine atfen) Lyman serisi, Paschen serisi, Blackett serisi ve Pfund serisi adları verildi. Balmer daha sonra helyum ve lityumun tayflarındaki çizgilerin düzeni için de benzer bağıntılar buldu ve bunları1897'de yayımladı. Balmer'in sonuçları bütünüyle ve yalnızca matematiksel ilişkilere dayanan empirik sonuçlar olmuş ve altındaki fiziksel sebep üzerinde durulmamışsa da tayf çizgilerinin düzeninde bir matematiksel yapı olmasının keşfi tayfın kuantum fikirleri çerçevesinde anlaşılmasının geliştirilmesi yolunda önemli bir adım olmuştu.

Balmer 12 Mart 1892'de Basel'de öldü.

**Balmer serisi//Balmer series//** Hidrojenin görünen tayfındaki beş çizgi. 1884'te ***Johann Jacob Balmer***'in geliştirdiği bağıntı bu çizgilerin frekanslarını birbirleriyle ilişkilendirir. Çizgilerin aralıkları azalarak gider. İlki tayfın kırmızı bölgesinde, ikincisi yeşil, üçüncüsü ve diğerleri hep mor ve ötesi bölgededir. Frekans yerine o günlerde daha çok kullanılan dalga boyu ($\lambda$) cinsinden bu bağıntı

$$1/\lambda_n = R(1/2^2 - 1/n^2)$$

şeklindedir. Burada $R$'ye ***Rydberg*** sabiti denilir, $n$ ise ilk beş çizgi için 3, 4, 5, 6, 7 olur, daha büyük $n$ değerlerine karşılık gelen, morötesindeki görünmeyen çizgiler de bu serinin öğeleridir. $1/2^2$ yerine $1/1^2$, $1/3^2$ ... alıp $n$'yi 1'den, 3'ten, 4'ten ... başlatarak Lyman serisi, Paschen serisi, Bracket serisi, Pfund serisi ... elde edilir (bkz. ***Balmer, Johann Jacob***).

**Bardeen, John** (1908-1991) Ayrı gerekçelerle iki kez Fizik Nobel Ödülü almış olan ABD'li fizikçi.

23 Mayıs 1908'de Madison-Wisconsin'de doğan Bardeen elektrik mühendisliği üzerine lisans ve yüksek lisans derecelerini 1928'de Wisconsin Üniversitesinden aldıktan sonra endüstride çalışmaya başladı,

1933'te bu işlerden ayrılarak Princeton'da Wigner'in yanında araştırma öğrencisi oldu. Doktorasını 1936'da Princeton'dan alarak Princeton, Harvard ve Minnesota Üniversitesinde, sonra da 1941'den 1945'e kadar Washington DC'deki Deniz Kuvvetleri Ordonat Laboratuarlarında katıhal fiziği üzerine çalıştı. İkinci *D*ünya savaşından sonra Bell Laboratuarlarına katıldı ve orada yarıiletkenler üzerine (***Walter Brattain*** ve ***William Schokley*** ile birlikte) yaptığı araştırmalar transistörü icat etmesine ve 1956'da ilk Nobel Ödülüne götürdü.

Bardeen 1951'de Bell Laboratuarlarından ayrılarak Illinois Üniversitesinde elektrik mühendisliği profesörü oldu ve meslek yaşamı boyunca orada çalıştı. Orada, ***Robert Schrieffer*** ve ***Leon Cooper*** ile birlikte süperiletkenlik kuramını geliştirerek 1972'de ikinci Nobel Ödülünü aldı. Bardeen 30 Ocak 1991'de Champaign-Illinois'de öldü.

**barn** Parçacık etkileşmelerinin olasılığının ölçüsü olan ***tesir kesitini***n birimidir. 1 barn = $10^{-28}$ metrekare olup, bir atom çekirdeği kesitinin yaklaşık yüz katı kadardır. Bu adın verilmesinin sebebi sanal parçacık boyutlarına göre çok büyük olduğunun düşünülmesidir. (Türkçesi "samanlık" anlamına gelir.)

**baryon** Yeğin etkileşmeye (bkz. ***doğa kuvvetleri***) girebilen ***fermiyon***lara verilen ad tüm baryonlar bu bakımdan ***hadron*** ailesinden olup en önemlileri bildik atomların kütlelerinin çok büyük kesrini taşıyan proton ve nötronlardır. Bu sebeple sıradan maddeye "baryon maddesi" de denilir.

**baryon maddesi//baryonic matter//** Bkz. ***baryon.***

**baryon sayısı//baryon number//** Hangi parçacıkların baryon olduğunu hangilerinin olmadığını belirtmek için kullanılan bir etiket. Her baryonun baryon numarası 1, her karşı-baryonunki de –1, diğer parçacıklarınki ise 0'dır. *D*ünya'da gerçekleştirilen tüm parçacık tepkimelerinde toplam baryon sayısı korunur (yani bir baryon yaratıyorsanız dengelemek için yanı sıra bir de karşı-baryon yaratılmalıdır). Ancak fizik kurallarındaki hafif bir simetrisizlik Büyük Patlamada baryonların karşı-baryonlardan fazla olarak yaratılmasına yol açmıştır. Aynı simetrisizlik tüm baryonların önünde sonunda (yaklaşık $10^{30}$ yıl mertebesinde bir süre) ***leptonl***ara ve ***fotonl***ara bozunacağını da öngörmekte. Bkz. ***büyük birleşik kuramlar.***

**Basov, Nikolay Gennadiyeviç (1922-2001)** Rus fizikçi, 1964'te ***mazer*** ve ***lazer***lerin geliştirilmesinden dolayı Nobel Ödülünü paylaştı. Basov,

İkinci Dünya savaşında Kızıl Ordu'da görev yaptıktan sonra Moskova'da öğrenim gördü, 1948'de Lebedev Enstitüsüne katılarak laboratuar asistanlığı yaptı ve ilerleyerek 1973'te enstitünün direktörü oldu. 1958'de yarıiletkenlerle lazer yapmayı önermişti.

**BCS kuramı//BCS theory//** Bkz. ***süperiletkenlik.***

**Becquerel, Antoine Henri (1852-1908)** Radyoaktifliği keşfeden Fransız fizikçi. Henri Becquerel tanınmış bir Fransız fizikçiler ailesinin üçüncü üyesiydi. 15 Aralık 1852'de Paris'te doğdu. Mühendislik eğitimi gördü ve 1875'te Ecole Polytecbnique'te[65] öğretime başladı. Ama bir yandan da aile geleneğine uyarak fizik araştırmalarına başladı; ancak başta resmi bir konumu yoktu.

Henri'nin büyükbabası Antoine (1788-1878) elektriksel ve ışıldamalı (lüminesans) olguları inceliyordu, öylesine başarılıydı ki 1838'de Fransız Doğa Tarihi Müzesinde onun için bir fizik kürsüsü kuruldu. Antoine'ın üçüncü oğlu Alexandre-Edmond Becquerel (1820-1891) babasına deneylerinde yardımcı olurken fosforlu katılara –karanlıkta ışık veren kristaller– ilgi duydu. Daha 1858'de bir bilimsel makalede "en parlak sonuçları verenler uranyum bileşikleridir" yazdığına dikkat etmişti. Antoine 1878'de öldüğünde Edmond, müzede onun yerine atandı.

Bu arada Henri, 1888'de Paris'te Fen Fakültesinde doktorasını tamamlayarak bir fizikçi olarak yetişti, 1889'da Fransız Bilimler Akademisine seçildi. Edmond 1891'de ölünce Henri Doğa Tarihi Müzesinde –ve Becquerel ailesinden– profesör olan üçüncü kişi oldu. Buradaki işin yanı sıra Paris'te Caddeler ve Köprüler Dairesinde baş mühendislik görevi yapıyordu. Zaman içinde ardından Henri'nin tek oğlu Jean profesör oldu. Ancak 1948'de Jean emekli olduğunda (hiç ardılı yoktu) profesörlük, kuruluşundan 110 yıl sonra Becquerel ailesinin dışına çıktı. Bütün Becquerel hanedanından ise yalnız Henri'nin adı Paris'in bulutlu bir Mart gününde yaptığı bir keşif sayesinde bilimsel ölümsüzlük kazandı.

X ışınları 1895'te Wilhelm Röntgen tarafından keşfedilmiş ve 1 Ocak 1896'da duyurulmuştu. Becquerel X ışınlarının nasıl oluştuğunu (bkz. ***atom fiziği***) katıldığı Fransız Bilimler Akademisinin 20 Ocak 1896 tarihindeki toplantısında öğrendi. Katot ışınlarının vakum tüpünün camına çarptığı yerde cam da etkilenip ışıldıyordu (floresans). Bu, Henri'ye fosforlu nesnelerin X ışını da salabilecekleri fikrini verdi. Hemen birtakım örnekleri denemeye başladı. Aralarında on beş yıl önce babasıyla yaptığı çalışmalar sırasında hazırlamış olduğu uranyum tuzları da bulunuyordu.

Becquerel'in incelediği uranyum tuzlarının ışıldamaları için güneş ışığına tutulmaları gerekiyordu. Gölgede tutulduklarında ışıltı sönüp gidiyor, yeniden "yüklenmeleri" gerekiyordu. Denemeleri basitti. Fotoğraf plağı iki kat kalın siyah mukavvaya sarılıyor, üzerlerine fosforlu kristaller yerleştirilerek güneşe tutuluyorlar. Bir süre sonra plaklar banyo edildiklerinde plakların kristallerin sınırlarına kadar karardığı, dış kısmın etkilenmediği görülüyor, kristaller ile mukavva arasına madeni para konulduğunda onun da altında kalan yer etkilenmemiş oluyor.

Sanki güneş ışığından doğan fosforesans, tuzların X ışını salmalarına yol açıyordu; tıpkı katot ışınlarının tüpün duvarlarını X ışını salmaya zorladıkları gibi. Becquerel, şubat sonuna doğru bir deney daha hazırladı. Uranyum tuzları ile fotoğraf plağı arasına bakırdan yaptığı bir haçı yerleştirdi. Ama havalar kapalı gittiğinden düzeneği dolaba kaldırdı. Ancak beklemekten sıkılarak birkaç gün sonra 1 Mart günü ne olursa olsun deyip[66] plağı banyo etmeye karar verdi. Haçın gölgesi görünüyordu. Büyük bir sürprizle karşılaşmıştı. O sırada 18'inde olan Jean babasının bu "keşifle" iyice "sersemlediği"ni hatırlıyor. Becquerel uranyum tuzlarının ışıma yapması için hiçbir dış etken olmadan, kaplamaları geçerek fotoğraf plağında iz bırakan bir ışınım saldığını bulmuştu.

Her ne kadar Becquerel, radyoaktiflik denilecek bu olguya ilişkin önemli incelemeleri yaptıysa da bayrak yerden alınıp 20. yüzyıla Marie ve Pierre Curie tarafından taşındı ve üçü 1903 Nobel Fizik Ödülünü aldı.

Becquerel, Fransa-Brötanya'daki Croisic'de 1908'de öldü.

Daha fazlası için: Abraham Pais *Inward Bound*.

**becquerel** Bir radyoaktiflik birimi olup saniyede bir bozunma demektir.

**Bednorz, George (1950-)** Almanya doğumlu fizikçi. 1987'de (Alex Müller ile birlikte) yüksek sıcaklık süperiletkenliğini buldukları için fizik Nobel Ödülü aldılar.

16 Mayıs 1950'de doğan Bednorz Münster Üniversitesini 1976'da bitirdi ve Doktorasını İsviçre Federal Teknoloji Enstitüsünde (ETH) 1982'de tamamladı. Tez danışmanı Alex Müller'di. Zürih'teki IBM Araştırma Laboratuarına katıldı; bir yandan da ETH ve Zürih Üniversitesinde ders veriyordu. Nobel Ödülünü paylaşmasına götüren çalışma 1983'te başladı ve 1986'da ödülden bir yıl önce yayımlandı.

**belirlenimcilik//determinism//** Tüm eylemlerin (insanların tüm eylemleri dahil) önceki olgularca evvelden belirlenmiş, yani özgür iradenin bir sanrı olduğunu söyleyen felsefe. Kesinkes belirlenimcilik kuantum

mekaniğinden ve ***gecikmiş seçme deneyi*** gibi deneylerden gelen ve kuantum iletişiminin her uzaklıkta anında olabileceği, zamanda geriye bile gidilebileceği imalarından kaçınmanın bir yolu (belki de tek yolu).

**belirsizlik//uncertainty//** Kuantum fiziğinde belirsizlik pekin ve kesin bir şeydir. Eşlenik değişkenler denilen parametre çiftleri için her birisinin değerini aynı anda keskin ve tam olarak belirlenebilmesi olanaksızdır. Bu belirsiz ya da birlikte belirlenemeyen çiftlerin en önemlileri konum-momentum ve enerji-zamandır.[67]

Konum-momentum belirsizliği ilk örnek olarak 1927'de ***Werner Heisenberg*** tarafından betimlenmiştir. Bunun anlamı şu ki hiçbir varlığın aynı anda keskinlikle belirlenmiş bir ***momentumu*** (özünde hızı demektir) ve kesinlikle belirlenmiş konumu olamaz. Bu ölçme aygıtlarımızın kusurlarının sonucu değildir. Yani, diyelim ki bir elektronun konum ve momentumlarını aynı anda ölçemiyor değiliz; ama elektronun aynı anda hem keskin bir konumu hem de keskin bir momentumu *yoktur*. Herhangi bir anda elektronun kendisi hem nerede olduğunu hem de nereye gittiğini tam bilemez. (Kimi kaynak kitaplar size hâlâ kuantum belirsizliğinin sırf, konum ve momentumu aynı anda ölçmenin zorluğundan ileri geldiğini söylerlerse de inanmayın!)

Konum belirsizliğinin momentum belirsizliğiyle çarpımı, hep ***Planck sabiti*** (*h*) bölü $4\pi$ değerinden büyüktür. Böylece bu sınırın (ilkede) istediğiniz kadar yakınına erişebilseniz de parametrelerden birinin belirlenme keskinliği arttıkça diğerinin değeri daha az sağlıklı olmaya başlar. Bu, kuantum dünyasındaki temel ***dalga-parçacık ikiliği*** ile ilişkilidir. Bir (kelimenin alışılmış anlamıyla) parçacık bir noktada kesinkes yerleştirilebilirken bir dalga yerleştirilemez. Almaşık olarak bunun olasılıkçı doğasının –her şeyin olasılık kurallarına göre olduğu, hiçbir şeyin tam kesin olmadığı– kuantum dünyasının bir diğer yansıması olarak görülebilir. Kuantum belirsizliğinin özel yanı, bir tür belirsizliği bir diğeriyle değiş tokuş edilebilmesidir, yeter ki bunun için doğru çift seçilsin. Örneğin, bir deney aygıtından (diyelim *çift-yarık deneyi*) geçen bir elektronun konumuna ilişkin epeyce bir belirsizlik varken, gittiği yöndeki belirsizlik daha az olur, geçtikten sonra da saptandığında konumundaki belirsizlik çok azken nereden geldiği, yani hangi yarıktan geçtiğinde hatırı sayılır bir belirsizlik vardır.

Momentum-konum belirsizliği kuantum ***tünellemesi***nde; enerji-zaman belirsizliği ise ***sanal parçacık***ların varlığına yol açmak için önemlidir. Ancak kuantum belirsizliğinin etkisi büyük (moleküller-

den daha büyük kütleli) nesnelerde belirgin olarak görülmez. Çünkü Planck sabitinin değeri çok küçük: 6,6 × $10^{-34}$ joule-saniye. Belirsizlik, kütleleri $10^{-24}$ gram kadar olan elektronlar için ise çok önemlidir. Bir nesnenin dalga doğasından ileri gelen konum belirsizliği kütlesiyle ters orantılıdır. Dolayısıyla sıradan nesneler için bu iyice ufacıktır ama ilke olarak yine de oradadır.[68] Bkz. ***Dalga paketi***.

**belirsizlik ilkesi//uncertainty principle//** ***Werner Heisenberg***'in, bir ***eşlenik değişken*** çiftinin her iki üyesinin aynı anda belirlenmesindeki kuantum belirsizliğinin hiç sıfır olamamasına ilişkin söylemidir. Bu ilkenin tanımını biçimsel olarak belirli bir sözel biçime hiç kimse sokamamıştır. Ama Heisenberg'in 1927'deki makalesinin sonundaki kuantum belirsizliğinin doğasına ilişkin ifadesi genelde beğenilir: "İlke olarak, tüm ayrıntılarındaki armağanı *bilemeyiz*."

**Bell eşitsizliği//Bell inequality//** Bir kez birlikte olan ama daha sonra ayrı tutulan bir çift kuantum varlığı üzerine yapılan deneylere ilişkin sonuçların karşılaştırılması. ***John Bell, David Bohm***'un fikirlerinden ve ***EPR deneyi***nden giderek 1960'ların ortalarında buna uygun deneylerin yapılabilmesinin ilke bakımından mümkün olduğunu gösterdi. Sağduyu (***yerel gerçeklik***) olduğu varsayılarak bu sayıların bir kümesinin her zaman diğerinden daha büyük olması gerektiğini gösterdi. Bu Bell eşitsizliğidir. Buna uygun deneyler yapıldıklarında Bell eşitsizliğinin ihlal edildiğini ve kuantum dünyasının sağduyuya uymadığını gösterdiler. Bkz. ***Aspect deneyi***. Bell eşitsizliğinin ihlal edilmesi kuantum varlıklarının bir anda kendisini gösteren "Einstein'ın "tekinsiz uzaktan etki" dediği etkenlerle bağlanabilmesi anlamına geliyor. Bkz. ***işlemsel yorum***.

**Bell, John Stuart (1928-1990)** Kuantum kuramının kimi tuhaf sonuçlarını sınayacak pratik bir yol –Bell eşitsizliği– geliştirmiş olan İrlandalı fizikçi.

Bell eşitsizliğini ölçen deneyler (***Aspect deneyi***), kuantum dünyasının işleyişinin sıradan yaşamın sağduyularına uymadığını ve ***yerel gerçeklik***'in kuantum dünyasında ihlal edildiğini inandırıcı olarak gösteriyor.

Bell 28 Temmuz 1928'de İrlanda-Belfast'ta doğdu. Ailesi üniversite öğrenimini destekleyemediği için Belfast'taki Queens Üniversitesinde teknisyen olarak çalışmaya başladı. Yetenekleri yanlarında çalıştığı akademisyenlerce anlaşılınca ona öğrenim bursu sağlandı. Burada lisans diplomasını 1949'da alarak Harwell'de[69] çalışmaya başladı. Kısa

bir süre sonra izinli olarak Birmingham Üniversitesinde ***Rudolf Peierls***'in doktora öğrencisi oldu. Tezi ***CPT korunumu***nun bir kanıtını ortaya koydu. Bell, Harwell'de 1960'a kadar kaldı ve sonra çalışma yaşamının sonuna dek ***CERN***'de kaldı. Oradaki ilk çalışmaları ***CP korunumu*** üzerine oldu, ama esas bilimsel katkısı kuantum mekaniğinin felsefi temellerine olan ilgisinden ileri geldi. Kuantum mekaniğinin değişik yorumlarının sınırlamalarını çağdaşlarının hepsinden daha açık seçik ifade ederek, yorumların hiçbirisine bağlanmadan da saklı değişkenler fikrinin anlamsızcasına fazla uzun süreyle göz ardı edildiğini gösterdi.



*John Bell (1928-1990)*

1 Ekim 1990'da Cenevre'de öldü.

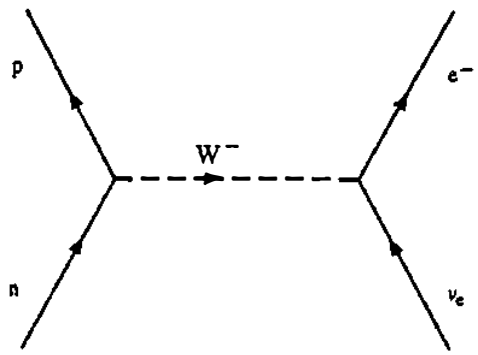
Ek okuma: John Bell, *Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics*.

**beşinci kuvvet//fifth force//** 1980'lerde, kütleçekim kuvvetinin şiddetini (bkz. ***doğa kuvvetleri***) çok yüksek kesinlikle ölçmek için yapılan deneylerin görünürdeki anormal sonuçlarını açıklamak için varsayılan kuvvet. Sonradan yapılan deneyler bir beşinci kuvvetin olmadığını, görünürdeki anormal sonuçların hepsinin ***D***ünya'nın kütleçekim alanındaki yerel değişikliklerden (yüzeye yakın kayaların yoğunluk farklılıkları gibi) ileri geldiğini gösterdi.

**beta bozunması//beta decay//** Bir atom çekirdeği içindeki ya da özgür bir nötronun bir elektron fırlatma süreci. Nötron protona dönüşürken

bir de nötrino (daha doğrusu elektron nötrinosu) fırlatılır. Bkz. ***nötrino***. Beta bozunması zayıf etkileşmeyle (bkz. ***doğa kuvvetleri***) oluşur. Ters beta bozunmasında proton bir elektron ve bir nötrino yakalar ve nötrona dönüşür; bu beta bozunmasının zamanda tersinmiş şeklidir.

**beta ışınımı//beta radiation//** Radyoaktif bir elementin atom çekirdeklerinde oluşan ***beta bozunmasın***dan çıkan elektron huzmesi. En yüksek enerjili beta parçacıkları metrelerce yol gidebilirken birkaç milimetrelik alüminyum levhada durdurulur.




***Beta bozunması.*** *Beta bozunmasında nötron bir $W^-$ parçacığı salarak protona dönüşür. $W^-$ ise neredeyse hemen kendisini bir elektron ve elektron karşı-nötrinosuna dönüştürür. Bu tamı tamına, gelen bir elektron karşı-nötrinosunun sanki bir $W^-$'nin yolunu kesip elektrona dönüşmesi gibidir.*

**beta parçacığı//beta particle//** ***Elektronlar***ın eski adı. Bazen pozitronları da içerebilir.

**betatron** Manyetik alan kullanılıp elektronları bir çember boyunca hızlandırarak yüksek enerjili elektron huzmesi oluşturan aygıtlara genelde verilen ad.

**Bethe, Hans Albrecht (1906-2005)** Almanya doğumlu ABD'li fizikçi. 1967 Nobel Fizik Ödülünü almıştı. Güneş ve yıldızlarda enerjinin nasıl oluştuğunu anlamamıza ve 1940'ların başlarında kuantum fiziğine esaslı katkıda bulundu.

Bethe 2 Temmuz 1906'da o zaman Almanya'nın parçası olan (şimdi Fransa'nın) Alsace-Lorraine-Strasbourg'da doğdu. Bir fizyoloji profesörünün oğluydu. Frankfurt ve Münih Üniversitelerinde okudu ve fizik doktorasını 1928'de ikincisinden aldı. Tam da kuantum mekaniğinin ***Niels Bohr***, ***Werner Heisenberg***, ***Paul Dirac*** ve ***Max Born*** tarafından



*Hans Bethe (1906-2005)*

geliştirildiği yıllardı. Bethe'nin tez danışmanı ***Arnold Sommerfeld***'di. Bethe, Almanya'da yüklü parçacıkların madde içinde giderken nasıl enerji yitirdikleri üzerinde çalışıtı. Bu, parçacıkların çeşitli maddeler içindeki erimlerini ölçerek enerjilerini kestirmeyi sağlayan tekniğin geliştirilmesini sağladı. 1928'le 1933 arasında Frankfurt, Stuttgart, Münih ve Tübingen Üniversitelerinde öğretirken, Cambridge'te ***Ernest Rutherford***'u ve Roma'da ***Enrico Fermi***'yi ziyaret etti. Ama 1933'te Tübingen'deki görevi sonlandırılınca (annesi Yahudiydi) Almanya'yı terk ederek kısa bir süre İngiltere'de Bristol Üniversitesinde çalıştı ve 1935'te ABD'ye göçtü. 1937'de Cornell Üniversitesinde profesör oldu (1935-1937 arasında yardımcı doçentti) ve emekli olduğu 1975'e kadar orada çalıştı. Ancak, fizikte aktifliğini ve Cornell ile ilişkisini doksanlı yaşlarına dek sürdürdü. 1938'de Bethe yıldızların içinde enerjinin nasıl üretilebileceğine ilişkin bir mekanizma önerdi. Karbon çevrimi denilen bu mekanizma karbon, azot ve oksijen arasında altı çekirdek tepkimesi içeriyor. Net sonuç, yıldızlardaki protonların birleşip enerji salarak helyum çekirdeği yapmasıdır. Bethe sonradan C. L. Critchfield ile birlikte ikinci bir süreç olan proton-proton zincirini keşfetti. Aynı sonucu daha düşük sıcaklıkta veriyordu. Proton-proton zinciri Güneş ve daha küçük kütleli yıldızlarda olurken karbon çevrimi daha kütleli olanlarda yer alıyordu. Bethe 1967'de bu çalışması için Nobel Ödülü aldı.

1943 ile 1946 arasında –radar üzerine savaş çalışmalarının ardından– Cornell Üniversitesinin desteklemesiyle ABD-New Mexico'daki Los Alamos Ulusal Laboratuarında Kuramsal Fizik Kısmının başı olarak Manhattan Projesinde çalışmaya başladı. Genç Feynman'la orada tanışıp savaştan sonra Cornell'de birlikte çalışmak için kendisini ikna etti.

Bethe, Cornell'e dönüşünde ***yeniden boyutlandırma*** tekniğini atom tayflarındaki ***Lamb kayması*** sorununa ilk uygulayan[70] kişi oldu. Bu, ***kuantum elektrodinamiği***nin (ABD'deki) gelişmesine[71] yol gösterdi. İkinci Dünya Savaşından sonra fiziğe büyük bir etkisi oldu. Bu yalnız kendi çalışmalarıyla değil makalelerinin anlaşılırlığı ve kuramsal gelişmeleri deneysel gözlemlere sıkıca bağlı tutma gereği için

örnek oluşturmasıyla da oldu. ***Büyük Patlama*** için erken bir kuram sunan "Alpher, Bethe, Gamow[72]" makalesiyle bir ilgisi olmadıysa da gökbilimiyle ilgisini süpernova patlamaları üzerine çalışmalarıyla sürdürerek 1980'lerde Güneş'teki çekirdeksel kaynaşma süreçlerinin basit kuramın önsöydüğünden gözlenebilir daha az nötrino üretmesine kuramsal bir anlayış getirme çabalarına ciddi bir katkıda bulundu. Ayrıca 1950'lerde ve 1960'ların başlarında nükleer test yasağı kampanyalarında etkindi.

6 Mart 2005'te Ithaca-New York'ta öldü.

**BeV** 1 milyar elektron volt için Anglosakson kullanımında (bilyon) kısaltma. Bkz. ***GeV***

**Bevatron** ABD'deki ***Lawrence-Berkeley Laboratuarı***nda yapılmış olan parçacık hızlandırıcısı. 1954'te işletilmeye başlayan Bevatron, protonları 6 GeV enerjiye hızlandırıyordu.

**beyaz cüce//white dwarf//** Bkz. ***nötron yıldızı.***

**BHÇ//LHC//** Büyük Hadron Çarpıştırıcısının (Large Hadron Collider) kısaltması. CERN'deki LEP tünelindeki parçacık hızlandırıcısı. Yapımına 1995'te başlanmış olup ilk proton çarpışmaları 2010'da toplam 7 TeV enerjide olduktan sonra geliştirme uygulanarak 13 TeV'e yükseltildi. 4 Temmuz 2012'de ise kütlesi 125 GeV olarak saptanan ***Higgs parçacığı***nın (bozonunun) gözlenmesini sağladı.

**bilgisayar modeli//computer model//** Bkz. ***modeller.***

**bilimsel yazılış//scientific notation//** Sayıların uzun sıfır zincirleriyle yazılmak yerine "'on'un üstleri" olarak yazılması. Buna göre 100 yerine $10^2$ ("1'in peşinden iki sıfır" anlamında) ve 0,001 de $10^{-3}$ ("virgülden sonra üçüncü basamak" anlamında) olarak yazılır. Bu uylaşım kendisini çok büyük ya da çok küçük sayılarda gösterir. 137 gibi bir sayı $1{,}37 \times 10^2$ (= $1{,}37 \times 100$) olarak yazılabilirse de bunda pek bir yarar görülmez; ancak, elektron kütlesini 0,000000000000000000000000000000091 kg yerine $9{,}1 \times 10^{-31}$ kg olarak yazmak açıkça çok iyi bir fikir olmalı.

**Binning, Gerd Karl (1947- )** Alman fizikçi. Taramalı tünelleme mikroskobunun geliştirilmesiyle 1986 Nobel fizik ödülünü paylaştı.

20 Temmuz 1947'de Frankfurt'ta doğan Binning'in, yaratıcı bir takımın etkili bir üyesi olmayı ilk öğrenişi (kendi anlatımına göre) 1960'larda öğrenciyken rock topluluklarında şarkı besteleyip söylemiş. Doktorasını 1978'de ***süperiletkenlik*** konusunda Frankfurt'ta

Goethe Üniversitesinde tamamladı. Ardından IBM Zürih Araştırma Laboratuarına katılarak *Heinrich Röhrer* ile yeni bir mikroskop türü üzerinde çalışmaya başladı.

**birleşik alan kuramı//unified field theory//** *Her şeyin kuramı*nın bir diğer adı. Fizikçilerin aklını başından alacak dehşetengiz "ham hayal" bir fikir.[73]

**birinci kuantumlama//first quantization//** Bkz. *ikinci kuantumlama*.

**Bjorken, James David** (1934- ) ABD'li fizikçi. Nükleonların *parton modeli*nin geliştirilmesinde önemli rolü oldu. Bu model, *kuark*ların maddenin temel yapıtaşları olarak ortaya konulmasına yol açtı.

22 Haziran 1934'te ABD-Chicago'da doğan Bjorken 1956'da MIT'yi bitirdikten sonra 1959'da Stanford Üniversitesinde doktorasını tamamlayıp ertesi yıl oranın kadrosuna katılarak 1967'de Stanford Doğrusal Hızlandırıcı Merkezinde (*SLAC*) profesör oldu. O sırada SLAC hızlandırıcısı protonların yapısını elektron bombardımanıyla incelemek için kullanılıyordu (tıpkı *Ernest Rutherford*'un, alfa parçacıklarını atomlardan saçtırarak atomun yapısını yoklayışı gibi; bkz. *atom fiziği*). Kuramcı olan Bjorken, bu etkileşmeleri akım cebiri denilen (büyük ölçüde *Murray Gell-Mann* tarafından geliştirilmişti) soyut bir matematiksel yapıyla betimlerken SLAC'ı ziyaret eden *Richard Feynman* bu sonuçları fiziksel olarak proton içindeki parçacıklarla (*partonlar*) açıkladı. Ardından *parton* kuramı SLAC'taki deneylerin yanı sıra Bjorken ve çalışdaşı Emmanuel Paschos tarafından daha da geliştirildi ve kuram ile deneyin bu bileşimi 1970'lerin sonuna doğru çoğu fizikçinin kafasında gerçeklik kazanmaya başladı.

Bjorken 1979'da Fermilab'a geçerek 1984'te fizik direktör yardımcısı oldu. 1989'da SLAC'a döndü.

**Blackett, Patrick Maynard** (1897-1974) İngiliz fizikçi. *C. T. R. Wilson*'un 1895'te elektronun yükünü ölçmek için icat ettiği sis odasını geliştirerek yüklü parçacıkların izlerini gözleyebildi. 1948'de Nobel Ödülü aldı.

18 Kasım 1897'de Croydon-Surrey'de doğan Blackett 1912'de Krallık Deniz Kuvvetlerine katılarak Jutland Savaşında bulundu. Birinci Dünya savaşının hemen ardından donanmadan ayrılarak 1922'de Cambridge'ten fizik diploması aldı. Orada kalarak –Göttingen'de geçirdiği ve hidrojenin çok kısa dalga boylarındaki tayf çizgilerini bulduğu bir yıl dışında– Cavendish Laboratuarında sis odaları üzerinde çalıştı, bu arada elektron ve pozitronların birbirlerini yok ettiklerini Giuseppe

Occhialini ile birlikte gösterdi. Ayrıca, 1933'te Londra Üniversitesi Birkbeck Kolejinde fizik profesörü oldu ve sis odalarıyla kozmik ışınları inceledi. 1937'de Manchester Üniversitesine geçti. 1935'ten başlayarak Hava Savunma Komitesinin üyesi, İkinci Dünya Savaşında devletin fenbilimi danışmanlığını yaptı; sonra Manchester'a dönerek Yer'in manyetik alanıyla ilgilenmeye başladı. 1953'te İmparatorluk Kolejine fizik bölüm başkanı olarak döndü ve 1960'larda gene devlet danışmanlığı yaptı. 1969'da ömür boyu asalet unvanı (Chelseali Baron Blackett) aldı ve 13 Temmuz 1974'te Londra'da öldü.

**Bloembergen, Nicholaas (1920-2017)** Hollanda doğumlu ABD'li fizikçi. ***Lazer***lerin ***tayf gözlemi***nde kullanılmasını (***Arthur Schawlow***'dan bağımsız) geliştirerek 1981 Nobel fizik ödülünü aldı.

Bloembergen 11 Mart 1920'de Dordrecht'de doğdu. Utrecht Üniversitesinde lisans ve yüksek lisans öğrenimi gördükten (1941 ve 1943) sonra Leiden Üniversitesinde asistan oldu. 1946-1948 arası Harvard'da konuk araştırmacıyken Leiden Üniversitesinden alacağı doktoraya temel olan araştırmaları yaptı. Diplomasını aldıktan sonra hemen Harvard'a döndü ve 1951'de doçent oldu. Kariyerinin sonuna kadar orada kaldı ve 1958'de ABD vatandaşı oldu. Harvard'da 1957'de Gordon McKay Uygulamalı Fizik Profesörlüğüne, 1974'te de Rumford Profesörlüğüne seçildi. Mazer ve lazerlere ilgisi 1940'ların sonlarında Harvard'dayken başladı ve kariyerinin temelini oluşturdu. Nobel Ödülüne esas olan çalışmaları büyük ölçüde 1970'lerde yapılmıştı.

**BNL** Bkz. ***Brookhaven Ulusal Laboratuarı.***

**Bohm, David Joseph (1917-1992)** ABD doğumlu fizikçi ve bilim felsefecisi. Kuantum mekaniğinin yorumuna çok önemli katkılarda bulundu.

ABD-Pennsylvania'da 20 Aralık 1917'de doğan Bohm fenle ilgilenmeye bilimkurgu okuyarak sekiz yaşında başladı. Sonra da ciddi fizik öğrenimine girişmeden önce gökbilimi kitaplarıyla buluştu. Pennsylvania Eyalet Kolejini 1939'da bitirdi ve sonra Berkeley'deki California Üniversitesinde ***Robert Oppenheimer***'le çalıştı. Onunla birlikte ***Manhattan Projesi***ne katıldı ve doktorasını 1943'te tamamladı. 1946'da Princeton Üniversitesine asistan profesör (yardımcı doçent) atandı. 1951'de Marksist eğilim atfedilerek ve özellikle çalışdaşlarını Komünist Parti üyesi olarak itham etmediği için (McCarthy'nin ABD'deki komünizme karşı cadı avı döneminde) Bohm 1949'da Amerikan Karşıtı İşler Komitesince sorgulandı. Aslında Bohm'a Princeton'daki son yılı için ücreti, kampuse girmemesi koşuluyla ödendi! O da Brezilya'ya gi-



*David Bohm (1917-1992)*

derek São Paulo Üniversitesinde çalıştı, sonra (1955'te) İsrail'deki Technion'da. 1957'de ise Britanya'ya yerleşti. Orada 1961'e kadar Bristol Üniversitesinde çalışırken Londra Üniversitesi Birkbeck Kolejine kuramsal fizik profesörü olarak atandı ve emekli olduğu 1983 yılına kadar orada kaldı.

Bohm'un ilk çalışmaları ***plazma*** ve metallerde plazmadaki gibi davranan elektronların davranışları üzerineydi. İkinci *D*ünya Savaşından sonra kuantum kuramına takıldı ve 1951'de bir ders kitabı yazdı. Bu hâlâ standart Kopenhag yorumunun en anlaşılır örneklerinden birisi olarak görülüyor. Ama standart kuramı açıklıkla ortaya koyma süreci içinde Bohm bunun kusurlu olduğu kanısına vararak kariyerinin geri kalanını kuantum kuramının almaşık biçimlerini geliştirmeye ve tanıtmaya hasretti. Buna, ***pilot dalga*** ya da bölümlenmemiş bütün ya da saklı değişkenler yorumu denilen değişik adlar veriliyordu (çok sonraları Bohm aynı fikirler paketi için "ontolojik yorum" gibi bir terim de kullanmıştı).

Bohm'un yorumunun anahtar içeriklerinden birisi yerel olmamak, yani kuantum varlıkları arasında işleyen anlık bir uzaktan etkidir. Bu, 1950'lerde ve izleyen onyıllarda çoğu fizikçi tarafından yorumun bir ana kusuru olarak görüldü ve büyük ölçüde göz ardı edildi. Ama 1980'lerde, ***Aspect deneyi*** Bell eşitsizliğini kullanarak kuantum dünyasının gerçekten yerel olmadığını gösterdikten sonra bu tür yorumlara ilgiler canlandı. Örneğin, John Cramer'in, kuantum mekaniğinin ***işlemsel yorum***u büyük ölçüde pilot dalga yaklaşımının çizgisindedir.

Bohm, fizikteki çağdaş fikirler ve bilinçliliğin doğası bağlamında çeşitli felsefi problemler üzerinde de çalıştı. 27 Ekim 1992'de Londra'da öldü.

**Bohr modeli** Atomun kuramsal bir modeli olup ***Niels Bohr*** tarafından kuantum kuramı fikirlerini ilk kez katarak Manchester ve Kopenhag'da 1912 ve 1913'te geliştirilip 1913'te yayımlanmıştır. Her ne kadar 1920'lerin ikinci yarısında atomun tam bir kuantum kuramının geliştirilmesi bunu aştıysa da Bohr modeli, merkezdeki minicik çe-

kirdek çevresindeki "yörüngelerde" dolanan elektronlarla çoğu kimse için Güneş çevresindeki gezegenleri andırarak hâlâ en tanıdık model olmayı sürdürmekte.

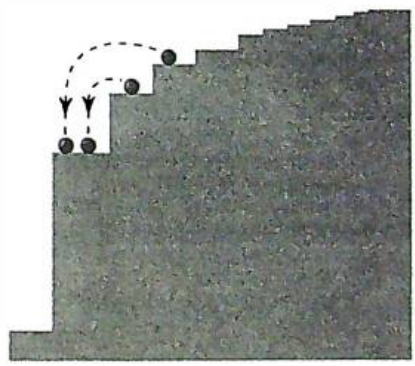
1911'de Ernest Rutherford, yardımcıları ***Hans Geiger*** ve Ernest Marsden'in yaptığı deneyin sonucu olarak atomun gerçekten de minik bir çekirdek çevresinde bir tür elektron bulutuyla kuşatılmış olduğunu keşfetti (bkz. ***atom fiziği***). Bu yapının bir gezegen sistemine benzer olduğunu düşünmek doğaldı; ama bu fikirde büyük bir sorun vardı. İvmeli her elektrik yüklü parçacık, hızlansa da yavaşlasa da ya da eğri bir yörüngeye de zorlansa elektromanyetik dalgalar yaymak durumundadır. Elektronlar da elektrik yüklü olduklarından çekirdek çevresinde yörüngede giderken sürekli elektromanyetik enerji ışıyarak durmadan enerji yitirmeli ve atomun merkezine düşmelidirler.[74] Ama Bohr bu çekirdek çevresindeki gezegenimsi elektron fikrini alarak bunu elektromanyetik enerjinin yalnızca kuantumlar denilen belli içerikli topaklar biçiminde salınıp soğurulabileceği fikriyle birleştirdi. Bu fikir ***Max Planck***'ın ***kara cisim ışıması*** tayfını ve Einstein'ın ***fotoelektrik olayı*** açıklamalarından geliyordu.

Bohr elektronların çekirdeğin çevresinde yalnızca belli "kararlı yörüngelerde" bulunabileceklerini ve her birine özgü belli sabit enerjileri olacağını söylüyordu. Bu yörüngelerin özellikleri klasik fiziğin eylem integrali sonucunun kuantumlanmasından elde edilecekti. Eylem integrali ve Planck sabiti $h$ açısal momentum boyutunda ve yörüngeler dairesel alınarak integralin değeri bir tamsayı ($n$) çarpı $h/2\pi$ değerinde alınıp önce açısal momentumun sonra da bu kullanılarak enerjinin kuantumlanması ($E_n = E_1/n^2$) sağlanıyordu. Elektron bir yörüngeden, çekirdeğe daha yakın bir diğerine atlarken bir enerji kuantumu (foton dediğimiz ışık) salacak, daha uzaktakine sıçraması için de gerekli enerjide bir kuantum soğurması gerekecekti. Böylece çekirdeğe, spiral çizerek düşmesi yasaklanıyordu.

Peki öyleyse, niçin tüm negatif yüklü elektronlar pozitif yüklü çekirdeğin çekmesiyle doğrudan en düşük enerjili yörüngeye atlamıyorlar? Bohr burada elementlerin kimyasal özelliklerini de göz önüne alarak bir kural daha ekledi: çekirdeğin çevresindeki her bir kararlı yörüngede en çok belli sayıda elektron bulunabilecekti. Yörünge dolunca daha yüksek enerjili yörüngelerde kaç elektron bulunursa bulunsun bunlar fazla enerjilerini salıp en düşük enerjili yörüngeye atlayamazlar (bu durumu daha sonra ***Wolfgang Pauli "dışarlama ilkesi"*** ile açıklayacaktı). Ama düşük enerjili yörüngelerde boşluk varsa yüksektekiler enerji

farkına karşılık gelen dalga boyunda birer foton salarak buralara atlayabilirler. Dahası en düşük enerjili yörüngedeki elektronların çekirdeğe atlaması da yasaktı. Bu görünüm sanki her elektronun basamak araları uygun şekilde ayarlanmış bir merdivenin basamaklarında oturduğu ve basamak aralarında tutunamayacakları için yalnız birinden diğerine atlayıp sıçrayabilecekleri bir yapıya benziyor. Bu aslında basamak aralıkları farklı oldukları için karmaşık görünüyor. Her bir elementin atomlarının da aynı şekilde davrandıkları ve basamak aralıklarının da öyle olduğu varsayıldığı için model, elementlerin salım tayflarındaki yapıyı da soğurma tayflarında aynı dalga boylarındaki siyah çizgileri de açıklayabiliyor; ancak deneyle uyum yalnızca atomlarda tek bir elektron kalmışsa mümkündü. Çünkü, birden çok elektronun birbirlerini etkilemesini hesaba katamıyordu.

Bütün bunların gösterdiği gibi Bohr'un büyük dehası atomlar dünyasının tam ve kendisiyle tutarlı bir kuramını geliştirmeyle uğraşmayı dert etmemesiydi. Biraz kuantum kuramından (enerji kuantumları) biraz da klasik kuramdan (yörünge ve eylem integrali fikirleri) alıp karıştırıp uyuşturarak bir şeyleri yamamak için iyi kötü işe yarayacak bir şey yapmaya hazırlıklıydı. Ve de modeli işe yaradı. Belli enerjilere karşılık gelen bir yörüngeden diğerine her atlamayla bunların enerjilerinin farkına karşılık gelen belli bir enerji ve dolayısıyla Planck'ın $E = hf$ bağıntısı (bkz. ***kara cisim ışıması***) uyarınca belli bir frekansı olan ışık en basit atom olan hidrojenin saldığı ışık tayfını (özellikle ***Balmer serisi***) açıkladı.



*Bohr Modeli. Atomun Bohr modelinin enerji düzeyleri merdiveninin basit gösterimi.*

Bohr, modelini Eylül 1913'te Britanya Bilimde İlerleme Birliğinin (BAAS) seksen üçüncü yıllık toplantısında betimledi. Birçok kişi modeli beğendi (***Sir James Jeans*** buna "dâhice, önerici ve ikna edici"

dedi), kimileriyse (*J. J. Thomson* dahil) ikna olmadı. Ama model daha da geliştirildikçe (*Arnold Sommerfeld*'in dikkat çekici katkılarıyla) kuşkucular da ikna oldular ve Bohr 1922'de bu işi için Nobel Ödülü aldı. İlerleme 1913'ten sonra sıkıcı derecede yavaş olsa da (Birinci *D*ünya Savaşının çıkması fenbilimcilerin iletişimini kısıtladı ama olağan bilimsel çalışmaları İkinci Dünya Savaşına göre çok daha az sıkıntı doğurdu). Kuramcılar, klasik ve kuantum fiziği fikirleri bir hokus-pokus içinde karıştırıp, karışımın içine gerekli her şeyi katıp yamayarak iki ileri adım için bir geri adım atarak modeli sürdürdüler. Bohr'un ilk modeli aslında görülebilenlerden çok daha fazla tayf çizgisine yol açtığından birtakım keyfi kurallar getirilerek atomun kimi enerji durumları arasındaki geçişleri "yasaklanıyordu." Bu özellikler atomun durumlarının betimi ve davranışların gözlemlere uyması için kuantum sayıları denilen varlıklar özgülenerek düzenleniyordu; bu kuantum sayılarının nereden geldiğine ve belli geçişlerin niçin yasak olduğuna ilişkin hiçbir güvenilir kuramsal temel yoktu.

Yine de model işe yaradı. Çok fazla tayf çizgisi önsöyüyordu, ama tam modelin önsöydüğü yerlerde daha önce görülememiş çizgiler keşfediliyordu. 1916'da Albert Einstein genel görelilik kuramını tamamladıktan sonra dikkatini atomların enerji ışımalarına çevirerek bilinen fizikle inandırıcı bir ilişki buldu. Belli bir kuantum sayıları takımına karşılık gelen bir durumdan daha düşük enerjili ve kuantum sayıları farklı olan bir diğerine "bozunma" olasılığını bulmak için standart istatistiksel teknikleri kullanarak sıcak bir cisimdeki çok sayıda atomun yaydığı ışınımların etkilerinin nasıl birleştirilebileceğini gösterdi. Türettiği bağıntı tamı tamına Planck'ın kara cisim ışıması bağıntısının aynısıydı. İşte atomun Bohr modelinin onanmasını en sonunda sağlayan, tek tek atomların davranışları ile kara cisim ışıması arasındaki bu bağlantının keşfi oldu. Ama Bohr'un Nobel Ödülü almasından daha beş yıl geçmeden kuantum mekaniğinin erginleşmesiyle bütün bu yörünge fikri ve klasik mekaniğin son izleri de atom kuramından süpürülüp atılacaktı.

Ek okuma: John Gribbin, *Schrödinger'in Yavru Kedileri*.

Bohr yarıçapı//Bohr radius// Atomun Bohr modelinde hidrojen atomunun, çekirdeğe en yakın elektron yörüngesinin yarıçapı. Bunun değeri temel sabitler olan elektronun kütle ve yüküyle Planck sabiti cinsinden hesaplanır. Bohr modeli artık "demode"yse de $5{,}292 \times 10^{-12}$ m olan bu sayı atom cüsselerinin iyi bir ölçüsüdür.

**Bohr, Aage[75] Niels (1922-2009)** Danimarkalı fizikçi. 1975 yılında çekirdek yapısı kuramı üzerindeki çalışmalarıyla Nobel Ödülünü paylaştı.

Aage Bohr 19 Haziran 1922'de, Babası ***Niels Bohr***'un, atomun yapısı hakkında yaptıklarından ötürü Nobel Ödülü aldığı yıl Kopenhag'da doğdu. Aage, Kopenhag Üniversitesinde fizik öğrenimine başladı, ancak Bohr ailesi 1943 Ekiminde Danimarka'dan gizlice İsveç'e, oradan da İngiltere'ye gitti; işgalci Almanların Niels'i tutuklamalarından korkuyorlardı. İzleyen iki yıl boyunca Aage, teknik olarak Londra'da Fen ve Endüstriyel Araştırma Bürosu tarafından görevlendirilmiş olarak Manhattan Projesinde danışman olarak çalışmakta olan babasına yardım etmekteydi. Savaştan sonra aile Danimarka'ya dönen Aage Yüksek Lisans derecesini Kopenhag'da 1946'da aldı. 1948'de Princeton'daki İleri Çalışmalar Enstitüsüne konuk oldu. Orada atom tayflarındaki ayrıntıların, çekirdeğinin özelliklerine ilişkin bilgi sağlayacak gibi yorumlanabilmesine ilgi duydu. Bir yıl sonra Columbia Üniversitesini ziyaretinde bu yaklaşımın olanaklarını ***Leo Rainwater***'dan öğrendi. Kopenhag'a döndüğünde ***Ben Mottelson*** ile birlikte çekirdeğin kuramsal bir modelini geliştirdiler. Bunda tek tek nükleonlar çekirdek içinde devinirlerken, çekirdeğin biçimini ve yönelimini bir bütün olarak değiştiriyorlardı. Bohr, Mottelson ve Rainwater bu çalışmalarla Nobel Ödülü aldılar. Bunun, bir küme arının tek bir nesne gibi davranırlarken arıların içerde vızır vızır uçuşmalarıyla analog olduğu düşünülebilir.

Aage Bohr doktorasını 1954 yılında tamamladı ve 1956'da Kuramsal Fizik Enstitüsünde (şimdiki Niels Bohr Enstitüsü) profesör olduktan sonra babasının 1962'de ölümü üzerine 1963'te enstitünün başına geçti. 1970'te emekli olduktan sonra 1975'ten 1981'e kadar NORDITA'nın[76] (aynı yerleşimde bulunan, Kuzey Ülkeleri Kuramsal Atom Fiziği Enstitüsü) direktörlüğünü üstlendi. 8 Eylül 2009'da öldü.

**Bohr, Niels Hendrik David (1885-1962)** 1922'de atomun yapısına ilişkin ve tayf gözlemlerine ve kuantum fiziğine dayanan kuramsal modeli için Nobel Ödülünü aldı.

Bohr 7 Ekim 1885'te Kopenhag'da doğdu. Babası Kopenhag Üniversitesinde fizyoloji profesörüydü. Niels aynı üniversitede okudu 1909'da yüksek lisansını tamamladı, 1911'de doktorasını aldı. ***J. J. Thomson***'la çalışmak üzere Cambridge'e (Cavendish Laboratuarına) gitti ama Thomson, Bohr'un fikirleriyle pek ilgilenmediği için pek uyuşamadıklarından Bohr 1912'de Manchester'a, ***Ernest Rutherford***'un yanı-

na gitti. Rutherford, yardımcılarının yaptıkları saçılma deneylerinin çözümlenmeleriyle çekirdeğin varlığını henüz ortaya koymuştu (bkz. ***atom fiziği***). Bohr, elektronun "yörünge"deki açısal momentumunun kuantumlanmış olduğunu öne sürerek spiral çizip çekirdeğe düşmemesini sağlayan izinli yörünge tanımını yaptı. Bu yörüngeler arasındaki sıçramalarla değişen enerji, Planck'ın frekans-enerji bağıntısına göre atomun saldığı tayf çizgilerini oluşturmalıydı. Bununla, özellikle hidrojenin (ve de tek elektron kalana dek elektron yitirmiş diğer atomların) ***Balmer serisi***ni katsayılarına kadar açıkladı.

Bohr 1912'de Kopenhag'a döndü ve bu fikirlerini üniversitede öğretim görevlisi olarak geliştirdi. 1913'te yayımlanan model, klasik mekanik ile kuantum fiziği fikirlerinin tereddütsüz bir karışımı olarak tayf gözlemi sonuçlarını açıklama gibi bir beceri edindi. 1920'lerin ortalarında ise yerine Bohr'un da desteğiyle tam anlamıyla bir kuantum mekaniksel model geçti.

1914'te Bohr, Rutherford'un ısrarıyla Manchester'da kuram fiziği profesörlüğünü[77] kabul etti ve 1916'ya kadar orada kaldı. Bu arada Danimarka'daki yetkililer onun orada kalacağından çok kaygılandıkları için ona profesörlük önerip bir enstitü kurmaya söz verdiler. Kopenhag'a döndükten sonra 1918'de Kuram Fiziği Enstitüsü, büyük ölçüde Carlsberg bira üreticilerinin maddi desteğiyle kuruldu. İlk direktörü Bohr oldu. Bu konumu 1962'deki ölümüne dek sürdü, yerine 1963'te oğlu Aage geçti. Enstitü artık Niels Bohr Enstitüsü olarak bilinmektedir.



***Niels Bohr** (1885-1962)*

Bohr, Kopenhag'da dönemin en iyi kuram fizikçilerini kısa ya da uzun süreli konuk olarak oraya çekti. Böylece kuantum fiziğine ilişkin fikirlerin gelişmesi için elverişli bir uyartıcı ortam yarattı. Öylesine ki, kuantum mekaniğinin, 1920'lerin sonlarında Bohr ve diğerlerinin geliştirdiği ve Bohr tarafından kuvvetle ileri sürülüp savunulan standart yorumu ***Kopenhag yorumu*** olarak bilinir. Ancak hakkını teslim etmek gerekirse bunun önemli bir kısmı başka yerlerde de yapıldı; özellikle Göttingen'de ***Max Born*** ve çalışdaşlarınca. Bohr'un etkileyici kişiliği ve prestiji, Kopenhag yorumunu –ciddi kusurlarına

karşın– kuantum mekaniğinin benimsenen *asıl* "açıklaması" yaptı. Bu ancak 1980'lerden sonra ciddi bir karşı koymayla karşılaştı.

Bohr, uranyumun bölünmesinden (fisyon) enerji elde edilmesi olanağıyla ilgilenmeye başladı –ama bölünmenin, hatalı olarak ona atfedilen olan ***sıvı damlası modeli***ni o icat etmemişti– ve ABD'li araştırmacılarla bunu 1939'daki bir ziyaretinde görüştü. İkinci *D*ünya Savaşının başında Alman ordusu Kopenhag'ı işgal edince de atom silahlarının yapılabileceğinden kaygılanmaya başladı. 1943'te dizginlenmeyen vatansever görüşleri yüzünden tutuklanması olasılığı ciddileşmeye başladığında (annesi Yahudiydi) Bohr ailesiyle birlikte İsveç'e kaçtı, oradan da Britanya'ya geçti. Orada bir süre devlet için çalıştıktan sonra ABD'ye geçerek Manhattan Projesine katıldı.

Savaştan sonra Bohr nükleer silahların varlığında içkin olan tehlikelerden kaygılanarak bunların denetimi için çalışmaya girişti ve 1955'te ilk Barış İçin Atomlar konferansını Cenevre'de düzenledi. CERN'in ve Kuzey Ülkeleri (İskandinav) araştırma merkezinin (NORDITA) kurulmasındaki öncü kişilerden birisiydi. Atom enerjisinin barışçıl kullanılmasını savundu ve Danimarka Atom Enerjisi Kurumunun ilk başkanı oldu. Danimarka Krallığı Bilimler Akademisi toplantısına başkanlık yaptıktan iki gün sonra 18 Kasım 1962'de öldü.

Kopenhag Üniversitesinde profesör olan kardeşi Harald Bohr (1887-1951) önde gelen bir matematikçiydi.[78]

**Bohr-Sommerfeld modeli** ***Arnold Sommerfeld***, klasik mekaniğin ve ***Bohr modeli***'nin dayandığı eylem integrallerini Einstein'ın özel görelilik kuramını da kullanıp en geniş şekliyle uygulayarak Bohr yörüngelerinin arasında açısal momentum bileşenlerinin de kuantumlanmasına bağlı elipsler olabileceğini de göstermiş, sonuçları daha gelişmiş tayf ölçümlerinin verdiği ince ayrıntılara da uyum sağlamıştır. Bu sonuçlar daha sonra hem ***Erwin Schrödinger***'in ortaya koyduğu dalga mekaniği hem de ***Paul Dirac***'ın geliştirdiği göreli kuantum mekaniği için önemli bir dayanak olurken, yaptıkları arasında ortaya çıkan ve ***ince yapı sabiti*** adını verdiği sayı modern fiziğin önemli vargılarından birisi olarak elektromanyetik kuvvet şiddetinin ölçüsü olmuştur. (Bkz. ***doğa kuvvetleri***)

**Boltzmann, Ludwig (1844-1906)** Avusturyalı fizikçi. Başka şeylerin yanı sıra, termodinamiğin anlaşılmasına önemli katkılarda bulunmuş, ***James Clerk Maxwell***'in gaz moleküllerinin hız dağılımlarına ilişkin kuramını genişletmiştir. Boltzmann'ın tüm çalışmaları atom ve mo-

leküllerin gerçekliği inancına dayanıyordu. Bu başka yerlerde gittikçe daha çok paylaşılmaktaysa da Viyana'da, ***Ernst Mach***'ın başı çektiği "pozitivistler" atom kuramına şiddetle karşıydılar. Boltzmann, kısmen, pozitivistlere karşı tek başına olduğuna inandığı savaşı yitirme kaygısıyla ciddi bir depresyona girip 1906'da kendisini öldürdü.

Boltzmann 20 Şubat 1844'te Viyana'da doğdu. Viyana Üniversitesinde okurken hocalarından ikisi ***Josef Stefan*** ve ***Josef Loschmidt***'ti. 1866'da doktorasını aldıktan sonra Almanca konuşan akademik çevrelerde çeşitli görevler yaptıktan sonra Stefan'ın ardılı olarak kuramsal fizik profesörü olarak 1894'te Viyana'ya döndü. 1900'de Leipzig'e geçtiyse de 1902'de hem Stefan'ın eski kürsüsüne hem de Mach'ın yeni emekli olduğu doğa felsefesi kürsüsüne başkan olarak döndü.

Boltzmann'ın fiziğe çok katkısı oldu. Bunların arasında gazlar ile kara cisim ışıması da (bkz. ***Stefan-Boltzmann yasası***) bulunuyor. En önemli işi istatistiksel mekanik alanındaki öncü çalışmaları oldu. Bu, maddenin bütünsel özelliklerini (gazların basıcı gibi), bileşenleri olan atom ve moleküllerin basit fizik ilkeleriyle şansın etkilerine uyarak bileştirilmiş özellikleri cinsinden anlaşılmasıdır.

Trieste yakınlarındaki Duino'da tatil yaparken 5 Eylül 1906'da öldüğünde, Einstein'ın ***Brown hareketi***ne ilişkin ve atomların gerçekliğinden kuşkusu kalanların hemen hepsini ikna eden çalışmasından haberi olmamıştı.

**Born, Max (1882-1970)** Kuantum kuramının gelişmesinde esaslı katkıları olan ve kuantum varlıklarına ilişkin deney ve etkileşme sonuçlarının doğrudan doğruya belirlenimci olmadığını ve çok ince bir şekilde olasılıklarla ilişkili olduğu fikrini ileri sürdü.

Born, o zamanki Almanya'da Silezya'nın Breslau (şimdiki Polonya'da Wroclaw) kentinde 11 Aralık 1882'de doğdu. Dört yaşındayken annesi öldü ve anneannesi tarafından büyütüldü. Babası orada üniversitede anatomi profesörüydü ve onu orada hem fen hem de beşeri bilimler okumaya özendirdi. Born sonraki öğrenimini matematik ağırlıklı olarak Heidelberg ve Zürih'te sürdürdü. Sonra da Göttingen'e giderek 1907'de fizik-gökbilimi doktorasını tamamladı. Hemen ardından Cambridge'e giderek ***J. J. Thomson***'ın derslerine devam ettikten sonra Breslau'ya döndüğünde Einstein'ın özel görelilik kuramını öğrendi. Born 1908'in sonunda Göttingen'e döndü ve araştırmalarını sürdürerek akademik basamaklarda yükseldi. İlk çalışmaları kristallerin kuramı üzerine oldu.



*Max Born (1882-1970)*

Born 1914'te fizik profesörü olarak Berlin'e taşındı. Savaşla ilgili olarak topçulukta teknik uzman olarak da görev aldı. Bu arada, o sıralarda Berlin'de çalışmakta olan Einstein'la da dostluğu ilerledi. 1919'da Born kısa bir süre için Frankfurt-am-Main'a geçtiyse de 1921'de Göttingen Üniversitesine dönerek fizik bölümü başkanlığına getirildi. Burayı kuramsal fizikte (özellikle kuantum fiziğinde) bir mükemmellik merkezi haline getirdi; bundan daha iyi tek yer Niels Bohr'un Kopenhag'daki enstitüsüydü. 1920'lerde ***Werner Heisenberg***, ***Pascual Jordan*** ve ***Wolfgang Pauli*** Born'un bölümünde çalışıyorlardı. "Kuantum Mekaniği" teriminin isim babası Born'dur (1924). 1925'te Heisenberg kuantum fiziğinin yeni matematiksel betimini geliştirdiğinde bunun matris kuramıyla ilişkisini ilk gören o olmuştu (bkz. ***matris mekaniği***).[79] Ardından da Heisenberg ve Jordan ile birlikte kuantum mekaniğinin ilk tam ve kendi içinde tutarlı biçimini veren bilimsel makaleyi yazdılar. Bir süre sonra da Erwin Schrödinger kuantum fiziğinin bir başka çeşidini ileri sürdü. Bunda kuantum varlıkları (elektronlar gibi) dalgalarla temsil ediliyordu (bkz. ***dalga mekaniği***). Born, Schrödinger tarzı kuantum mekaniğindeki dalgaların olasılıkları temsil ettiği yorumunu getirdi ve kuantum dünyasındaki her etkileşmeden çıkacak sonucun, fizik yasalarının izin verdiği bir olabilecek sonuçlar kümesi arasından yani kesin matematiksel deyişle, şansına belirleneceği fikrinin önde gelen savunucusu oldu. Bu onu ("Tanrı'nın zar attığı"nı hiç kabullenmeyen) Einstein'la –onun ölümüne dek– yazışmaya yöneltmişti.

Göttingen'de ortaya konulmuş olan olasılıkçı yoruma, kuantum mekaniğinin ***Kopenhag yorumu*** denilmesi Born'u çok sıkan anlayışın anahtar bileşenidir. Born, diğer kuantum öncüleri 1920'lerin sonlarında ve 1930'ların başlarında Nobel'le ödüllendirildiklerinde açıkça dışlandığı duygusuna kapılmıştı. Bu dışlanma nihayet 1954'te yetmiş yaşını geçen Born'a Nobel Ödülü verildiğinde giderilmiş ve birçok fizikçi meslektaşını da rahatlatmıştı. Gerekçesi, özellikle dalga fonksiyonunun istatistiksel yorumu olarak belirtildi.

Born sıcak ve dostluk dolu bir insandı. Öğrencilerinin iyiliği için Alman üniversitelerinin hâlâ sıkı bir biçimsellik içinde oldukları dönemde onlara alışılmamış bir ilgi gösteriyordu. Aynı zamanda barışçı ve de bir Yahudi aileden geldiği için 1933'te Hitler iktidara geldiğinde Almanya'dan ayrılmak zorunda kaldı. Önce Cambridge'e sonra da (1936'da) Edinburgh Üniversitesine "ünlü" Charles Darwin'in torunu Charles Darwin'in ardılı olarak Tait[80] adına kurulmuş Doğa Felsefesi kürsü profesörü oldu. 1939'da Britanya vatandaşı olarak 1953'e kadar Edinburgh'da kaldı. O yıl Almanya'ya dönerek Göttingen yakınlarındaki bir kaplıca kasabası olan Bad Pyrmont'a yerleşti. Nükleer silahların geliştirilmesine eylemli olarak karşı olup Pugwash hareketinin kurucuları arasındaydı. *Atom Fiziği* (*Atomic Physics*) kitabı yıllarca üniversitelerde standart ders kitabı oldu. 5 Ocak 1970'te 87 yaşında Göttingen'de öldü.

**Bose, Satyendra Nath (1894-1974)** Kuantum kuramının (termodinamiğe uygulanması) ***Bose-Einstein istatistiği***nin geliştirilmesine olağanüstü katkıları olan Hint fizikçi.

1 Ocak 1894'te Kalküta'da doğan Bose oradaki Başkanlık Kolejinde okudu ve Kalküta Üniversitesinde fizik öğretim görevlisi oldu. 1921'de, yeni kurulan Dakka Üniversitesine geçti. 1924'te ***Planck***'ın kara cisim ışıması bağıntısını istatistiksel bir yöntemle, yani tamamen ışığın minik parçacıklardan (fotonlar) oluştuğu fikrine dayanarak elde etmenin yolunu buldu. Bu, gazların davranışına ***Ludwig Boltzmann***'ın istatistiksel mekanik yaklaşımının yankısı gibiydi; değişik bir istatistiksel kural kullanıyordu. Kara cisim bağıntısını bütünüyle kuantum fiziği olarak çıkarıyor, elektromanyetik ışıma fikrini hiç kullanmıyordu. Bose bu buluşunu makale olarak ***Albert Einstein***'a gönderdi. Önemli oluşunu hemen görerek Almancaya çevirip prestijli *Zeitschrift für Physik*'te yayımını sağlayan Einstein bu fikri, sırf foton "gazına" değil başka parçacıklara da (daha sonra da ileride ***mazer*** ve ***lazer***lere temel olacak çalışmalarına) uyarladı. Dolayısıyla bu yaklaşım "Bose-Einstein istatistiği" olarak bilinirken, bu istatistiğe uyan parçacıklara da ***Paul Dirac*** "bozonlar" adını verdi (***Fermi-Dirac istatistiği***ne de bakın). Işık parçacıklarına (Gilbert Lewis tarafından-1926) "foton" adı konulmasının, Bose'nin ışığın kuantum kuramını sağlam bir matematiksel temele oturtmasından sonraya düşmesi bir rastlantı sayılmaz.

Bose, Einstein'ı ve kuantum mekaniğinin diğer öncülerini gördüğü Avrupa'da iki yıl geçirmek için izin alabildiyse de fenbilimine başkaca

önemli bir katkısı olmadı. Ömrünün ileriki yıllarında dediği gibi "Bir kuyrukluyıldız gibiydim; bir kez gelen ve geri gelmeyen bir kuyrukluyıldız." Ama bu yıldızın verdiği ışık, kuantum fiziğinin gelişmesi için can alıcı bir dönem olan 1920'lerin ortalarında fizikçilerin düşünme biçimini değiştirdi ve halen değiştirmeye devam etmekte. Bose'nin eğitim dünyasında seçkin bir yeri oldu ve pek çok kuşak genç Hint fenbilimciye kendi örneği ve öğretim becerileriyle esin verdi. 4 Mart 1974'te Kalküta'da öldü.

**Bose-Einstein istatistiği** Her birisinin kuantum ***spin***i tamsayıyla ölçülen büyük sayılarda kuantum parçacıklarının davranışına uygulanmak gereken istatistik kuralları. Bu gibi parçacıklara ***bozon***lar denilip bunların ilk örneği spini 1 olan fotonlardır. Herhangi bir sayıda foton aynı kuantum durumunda bulunabilir. Bu, çok sayıda bozonun istatistiksel davranışını belirleyen en temel olgu olup ***mazer*** ve ***lazer***in temelidir.

**Bose yoğuşkusu = Bose-Einstein yoğuşkusu.**

**Bose-Einstein yoğuşkusu//Bose-Einstein condensate//** Hepsi aynı kuantum durumunda olup tek bir varlık gibi davranan bir bozon kümesi. 1995'te Boulder-Colorado'da Birleşik Laboratuar Astrofiziği Enstitüsündeki fizikçiler, yaklaşık 2000 atomlu bir rübidyum gazını mutlak sıfırın 170 nanokelvin üstüne (nano = milyarda bir) soğutmayı başararak 100 mikrometreden küçük boyutta bir Bose-Einstein yoğuşkusu oluşturdular. Derişik, 15 saniye kadar 20 nanokelvin soğukta kalabildi. Bu teknik daha büyük kümelerde başarılı olduğunda, *görülebilen* bir "kuantum parçacığı" yapılabilecek.

**Bothe, Walther Wilhelm Georg Franz (1891-1957)** 1954'te, kozmik ışınlar üzerindeki çalışmalarında kullanmak üzere geliştirdiği bir parçacık saptama tekniğiyle (Geiger sayıcısından türetilen bir rastlaşma sayacı) Nobel Ödülünün yarısını kazanan Alman fizikçi.

Bothe, ***Hans Geiger*** ile birlikte çalışarak parçacık etkileşmelerinde, özellikle beta bozunmasında (enerji ve momentum) korunum ilkelerine kesinkes uyulduğunu gösterdi.

**boş uzayın geçirgenliği//permittivity of free space//** Bkz. ***elektrik sabiti.***

**boş uzayın geçirgenliği//permeability of free space//** Bkz. ***manyetik sabit.***

**Boyle, Robert (1627-1691)** İngiliz kimya öncüsü; en çok "Boyle yasası"yla[81] (sabit sıcaklıkta belli kütlede bir gazın hacmi basıncıyla ters orantılıdır) tanınır.

25 Ocak 1627'de İrlanda-Munster-Listmore Şatosunda doğan Boyle, Cork Kontunun on dördüncü çocuğuydu. Eton'da okudu. Kral II. Charles'ın 1662'de onayladığı ***Kraliyet Derneği***'nin kurucularından birisiydi. En iyi fen çalışmalarını 1654 ile 1668 arasında yaşadığı Oxford'da yaptı. Fenbilimine yaptığı, bu kitap bağlamındaki pek çok ve çeşitli katkılar arasında en önemlileri kimyayı simyanın gizeminden çıkartarak bilimselleştirmesi ve kimyanın amacının farklı maddelerin ne'den yapıldığını bulmak olduğunu öğretmek olmuştur. Analiz/çözümleme terimini bu tür işler için icat eden odur. 1661'de yayımlanan *Sceptical Chymist*'te[82] Boyle Aristotelesçi dört element[83] fikrini (Pierre Gassendi gibi düşünürleri izleyerek) reddederek bütün maddenin değişik şekillerde birbirlerine bağlanan birincil parçacıklardan yapıldığını ve bunların davranış ve devinimlerinin maddenin gözlenen özelliklerini açıkladığını ileri sürüyordu. Bu, atom fikrinin yayılmasına yardımcı oldu (bkz. ***Lucretius Carus***). Elementler ve bileşikler fikrini de aynı kitapta öne sürdü.

Boyle 30 Aralık 1691'de Londra'da öldü.

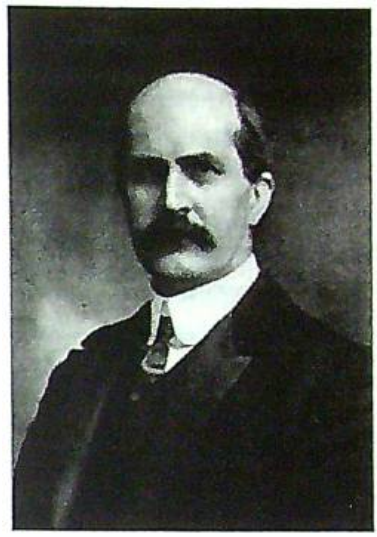
**bozon//boson//** ***Bose-Einstein istatistiğ****ine uyan parçacık. Bozonların spinleri tamsayıdır (0, 1, ...). Bu parçacıklar kuvvet aktarmayla ilgilidirler, örneğin fotonlar elektromanyetik kuvveti taşır. Bozonların sayısı korunmaz; örneğin ışık yaktığınızda milyarlarca foton yaratılır; bunlar atomlar tarafından soğurulduklarında yok olurlar.

**Bozunum/bozunma//decay//** Kararsız bir parçacık ya da çekirdeğin kendiliğinden bir başka parçacık(lar) ya da çekirdeğe enerji salarak dönüşmesi. Bu süreçlerin, işin içindeki etkileşmelerin belirlediği belgin zaman ölçekleri[84] vardır (bkz. ***yarıömür***). Bir çekirdeğin bozunması için bkz. ***alfa bozunması***, parçacık bozunması için bkz. ***beta bozunması*** (bu olgu çekirdekler için de geçerlidir; aslında bu, çekirdekteki bir nötronun birer proton, elektron ve karşı-nötrinoya dönüşmesidir).

**bölünme/fisyon//fission//** Ağır bir atom çekirdeğinin iki ya da daha fazla parçaya/çekirdeğe bölündüğü ve bu arada iki ya da üç nötronun salındığı süreç.

**bölünmemiş bütün//undivided whole//** Bkz. ***Bohm, David Joseph*** ve ***saklı değişkenler.***

**Bragg, Sir William Henry (1862-1942) ve Sir William Lawrence (1890-1971)** Baba-oğul İngiliz fizikçi takımı; birlikte X ışınlarıyla kristal yapısını çözme çalışmaları için 1915 tarihli Nobel Ödülünü aldılar.



*Sir William Bragg (1862-1942)*

Baba Bragg (William) İngiltere-(o sıralardaki) Cumberland'da 2 Temmuz 1862'de doğdu. Babası çiftçilik yapan eski bir denizciydi. Bragg Cambridge'in Trinity[85] Kolejinde okudu ve 1884'te matematik öğrenimini tamamladıktan sonra 1886'ya kadar Cambridge'te kaldı. O yıl Avusturalya'da Adelaide Üniversitesinde matematik profesörü oldu. Yeni keşfedilen X ışınlarına duyduğu merakla deneylere girişti. 1909'da kısmen bu çalışmalarının yönlendirmesinden dolayı İngiltere-Leeds'e fizik profesörü yapıldı. 1912'de Münih'te ***Max von Laue*** ve çalışdaşları X ışınlarının kristallerde[86] kırındığını (bunların çok kısa dalga boylu dalgalar gibi davrandığı ortaya çıktı) keşfettiler. Bragg bu kez oğluyla birlikte bu keşfi kristallerin yapısını yoklamakta kullanmaya girişti.

Oğul Bragg (Lawrence) 31 Mart 1890'da Adelaide'de doğdu. Adelaide Üniversitesinde matematik okurken Babasının Leeds'e geçmesi üzerine Cambridge-Trinity Kolejinde devam ederken babasının özendirmesiyle 1910'da fiziğe geçti. 1912'de bölümü bitirdi ve 1914'te Trinity Kolejinin Üyesi ve öğretim görevlisi oldu. Bu arada Cavendish Laboratuarlarında genç bir araştırmacıyken, ***von Laue***'nin bulduğu kırınım desenlerinin incelemeleriyle birinci sınıf bir araştırmacı olarak isim yapmıştı. Kırınım desenlerindeki parlak ve karanlık çizgilerin aralıkları ile X ışınlarının dalga boyunu kristaldeki atomlar arası uzaklıkları ilişkilendiren Bragg Yasasını keşfetti.



*Sir Lawrence Bragg (1890-1971)*

William Bragg bu keşfi kristaller üzerindeki deneysel çalışmalarda kullandı ve baba-oğul *X Rays and Crystal Structure* (X Işınları ve Kristal Yapısı) adlı kitabı 1915'te yayımladı. Bu arada Lawrence orduda teknik

uzman olarak Fransa'da bulunurken Nobel Ödülü alan en genç kişi (25 yaşındaydı) olduğunu öğrendi. Bragg'lar hâlâ bu edimi birlikte yaptıkları araştırmayla başaran tek baba-oğul takımıdır. (Von Laue ödülü bir yıl önce almıştı.) X ışını kristalografisi tekniklerinin en önemli sonuçlarından birisi yıllar sonra DNA'nın yapısını ortaya koymasıdır.[87]

Aynı yıl William Bragg Londra-Üniversite Kolejine geçti. Ek olarak savaş sırasında devlet danışmanlığı yaptı. 1920'de şövalyelik verildi ve 1923'te Kraliyet Kurumunun başına getirildi. 12 Mart 1942'de öldü.

Lawrence Bragg savaştan sonra Manchester Üniversitesinde fizik profesörü oldu (1919). Sonra 1937 ve 1938'de Ulusal Fizik Laboratuarının başına geldi, 1938'den 1953'e kadar Cambridge'te ***Ernest Rutherford***'un ardılı olarak Cavendish Profesörü oldu. Ardından babasının izinden Kraliyet Kurumunun 1954-1966 arası başkanlığını yaptı. 1941'de şövalyelik verildi. 1966'da emekli olan Lawrence Bragg 1971'de Ipswich'te öldü.

Bragg yasası//Bragg's law// Baba-Oğul Bragg'ların elektromanyetik ışınların bir kristalden geçerken kırınımını belirleyen matematiksel bağıntısı: $2d \sin \theta = n\lambda$. $d$, kristalin yansıtıcı "düzlemleri" arasındaki uzaklık; θ, ışının yansıma açısı; $n$, kırınım mertebesi; $\lambda$, ışının dalga boyu.

**Brattain, Walther Houser (1902-1987)** ABD'li fizikçi; transistör etkisini keşifleriyle ***William Shockley*** ve ***John Bardeen*** ile birlikte 1956 Nobel Fizik Ödülünü paylaştılar.

10 Aralık 1902'de Amoy-Çin'de doğdu (ama ABD-Washington Eyaletinde bir sığır çiftliğinde büyüdü). Minnesota Üniversitesinden doktorasını (1928) almadan önce Whitman Kolejinde (lisans 1924) ve Oregon Üniversitesinde (yüksek lisans 1926) okudu. Brattain, bir yıl Ulusal Standartlar Bürosunda (NBS) çalıştıktan sonra 1929'da Bell Laboratuarlarına katıldı ve çalışma yaşamı boyunca –savaş zamanı denizaltı keşfi çalışmaları dışında– orada kaldı. 1967'de emekliye ayrıldı ve ek görevli olarak Whitman Kolejinde biyolojik zarlar üzerinde çalıştı. 13 Ocak 1987'de Seattle-Washington'da öldü.

**Brockhouse, Bertram Neville (1918-2003)** Kanadalı fizikçi. Katı ve sıvıları nötron saçılma yöntemini kullanarak incelemeleriyle 1994 Nobel Fizik Ödülünü paylaştı.

Brockhouse, Kanada-Alberta-Lethbridge'de 15 Temmuz 1918'de doğdu. 1935'te liseyi bitirdikten sonra laboratuar asistanı ve kendi başına radyo tamircisi olarak çalıştı. İkinci *D*ünya savaşından sonra

bir süre için elektronik teknisyeni olarak Krallık Kanada Deniz Kuvvetleri Gönüllü Yedeklerine katıldı. Savaştan sonra British Columbia Üniversitesinde okudu (Lisans 1947) ve 1950'de Toronto Üniversitesinden doktorasını aldı. Brockhouse 1950'de Kanada Ulusal Araştırma Konseyinin atom Enerjisi projesine bağlı Chalk River Laboratuarlarında çalışmaya başladı. ***Clifford Shull*** ile birlikte Nobel Ödülü aldığı (Shull'dan bağımsız olarak) çalışmalarını 1950-1962 arasında orada yaptı. Malzemelerin yapısını esnek olmayan nötron saçılması deneyleriyle inceledi. 1962'de Hamilton-Ontario'daki McMaster Üniversitesinde fizik profesörü olan Brockhouse 1984'te emekli oldu ve 13 Ekim 2003'te Ontario'da öldü.

**Broglie, Louis Victor Pierre Raymond, Prince de (1892-1987)** Fransız fizikçi. 1929 Nobel Ödülünü, 1924'teki doktora tezinde "her maddesel parçacığın dalgalar olarak da betimlenmesi gerekebildiği"ni ileri sürmesiyle aldı. Bu parçacık-dalga ikiliği kuantum fiziğinin özüdür.

De Broglie 15 Ağustos 1892'de Dieppe'de doğdu. Soylu bir aileden gelmekteydi. Önce 1909'da girdiği Sorbonne'da tarih okumaya başladı. Diplomat olması tasarlanıyordu. Ama on yedi yaş büyük ağabeyi Maurice'nin etkisiyle tarih yanında fizik de okumaya başladı. Maurice babasının karşı gelmesine rağmen önde gelen bir araştırmacı olarak X ışınları tayf ölçümü üzerinde çalışıyordu; doktorasını 1908'de almış olup ilk Solvay Kongresinin bilimsel sekreterlerinden birisiydi. Louis'in fizik öğrenimi 1913'te kısa süreli zorunlu askerlik görevi için kesildi ama savaş başlayınca süre uzadı. Birinci *D*ünya Savaşı sırasında ordunun radyo iletişim şubesinde görev yaparken bir süre Eiffel Kulesinde iş gördü. Askerlik hizmetleri ve tarih öğreniminden geçişi yüzünden de Broglie'ün fen çalışmaları gecikti ve doktorasını ancak otuzunu geçtiğinde 1924'te tamamladı. Ama o arada elektronların, atomların ve X ışınlarının özellikleri üzerine birçok önemli makale yayımlamıştı. Işık kuantumları fikrini tam anlamıyla ilk benimseyenlerden birisi olup 1922'de yayımlanan bir makalede bunun üzerinde durmuş-



*Louis-Victor de Broglie (1892-1987)*

tu. Einstein'ın (geleneksel olarak dalga şeklinde düşünülen) ışığın, parçacık olarak da (artık foton adıyla biliniyor) açıklanabileceğine ilişkin çalışmasından giderek geliştirdiği, "parçacıkların" da dalgalar olarak davranabileceklerini gösteren tezi ise bu kuantum varlığının dalga ve parçacık yanlarını dalga boyu × momentum = $h$ (***Planck sabiti***) bağıntısıyla ilişkilendiriyordu. De Broglie'ün tez danışmanı Paul Langevin[88] bununla şaşkına döndü ve tezi ***Einstein***'a gönderdi. Satyendra ***Bose***'un ışık kuantumları üzerine ünlü makalesini yeni eline geçirmiş olan Einstein, Langevin'e hemen yazarak de Broglie'ün yaptıklarının sağlam olduğunu ("Sanırım sırf bir analojiden daha fazlası var" diyordu) belirterek güven vermesi üzerine de Broglie doktorasını aldı. Einstein'ın "Bose" gazı üzerine ikinci makalesinde de Broglie'ün çalışmasına değinmesi ***Erwin Schrödinger***'in dikkatini çekerek onu dalga mekaniğine götürecek yola çıkarttı.[89]

Tezi tamamlanan de Broglie, 1924'te Sorbonne'da öğretim görevlisi olduktan sonra 1928'de bir yandan yeni kurulan Henri Poincaré Enstitüsünde ve 1962'ye kadar kalacağı Sorbonne'un kuramsal fizik profesörlüğüne atandı. De Broglie'ün kuantum mekaniği yorumu, başta dalgaların gerçek maddesel parçacıkları "sürdüğü" yolundaydı, ancak bunu 1927'den sonra düşünüşe egemen olan ***Kopenhag Yorumu*** bastırdı. Ama yorumu ***David Bohm*** ve diğerlerinin öne sürdüğü ve birçok fizikçinin ciddiye aldığı "saklı değişkenler" yorumuyla belli benzerlikler içermekte (bkz. ***John Bell***).[90]

Hem Maurice hem de Louis de Broglie atom enerjisinin barışçı amaçlarla geliştirilmesiyle yakından ilgilendiler ve Fransız Atom Enerjisi Yüksek Komisyonunda görev yaptılar. Maurice 1960'ta öldüğünde Louis ondan Dük unvanını devraldı. Ailenin tüm erkekleri zaten Avusturya'da –bir atalarının "yedi yıl savaşı"nın Avusturya tarafındaki üstün hizmetlerinden ötürü– "prens" unvanı taşıyorlardı. Louis de Broglie 19 Mart 1987'de Louveciennes'de öldü.

**Brookhaven Ulusal Laboratuarı//Brookhaven National Laboratory//** ABD'nin New York, Upton-Long Island'daki nükleer fizik temelli çeşitli araştırmalar için 1950'lerde kurulmuş laboratuar. Parçacık fiziğinden tıbba kadar her türlü konuyu kapsayan araştırmaların yapıldığı bu merkezde yapılmış olan çekirdek fiziğiyle ilgili önemli deneysel çalışma birimleri arasında en yüksek enerjili ***van de Graaf üreteci*** ve ilk 3 GeV enerjili sinkosiklotron proton hızlandırıcısı ***Cosmotron*** (***Gell-Mann***'ın ***kuark*** varsayımının kanıtlanmasını sağlayan $\Omega^-$ parçacığı

1964'te N. P. Samios tarafından burada bulundu. 1974'te ise ***Samuel Ting J/Psi*** parçacığını bulduğu deneyleri burada yaptı), yüksek nötron akılı HFBR araştırma reaktörü vb bulunmaktadır.

**Brown, Robert (1773-1858)** İskoç botanikçi. 1827'de suda asıltı halindeki çiçek tozlarının (polen) mikroskop altında sürekli rastgele devindiklerini gözlemişti. Bu "***Brown devinimi***" adı verilen olgu, 1905'te Einstein bunun su moleküllerinin tozlara gelişigüzel çarpmalarından oluşabileceğini gösterinceye kadar anlaşılamadı. Ancak arada bu devinimlerin çiçek tozlarının içindeki spermatozoaların etkisiyle olduğu söz konusu olduysa da aynı durum inorganik tozlarda da gözlendi.

**Brown devinimi//Brownian motion//** Sıvılarda (havada da) asıltı halinde bulunan minicik parçacıkların (çiçek tozları/polenler gibi) çok düzensiz devinimleri. Robert Brown 1927'de minik taneciklerin sıvılarda düzensiz bir zigzag devinimi yaptıklarını gözlemişti. 1860'ta birçok fizikçi bağımsız olarak bunun taneciklerin asıltıda oldukları akışkanın moleküllerinin çarpmasından kaynaklanabileceğini önerdi, ama kanıtlanamadığı gibi moleküllere karşı olanlar da kabul etmedi.

***Albert Einstein*** 1905'te problemi ele aldığında işe ters yönden girişmişti. Moleküllerin gerçekliğine kendisini inandırmış olarak başkalarını da ikna etmek için delil bulmaya uğraşıyordu. Bir bakıma Brown devinimini molekül kuramından önsöymüştü. 1905'te yayımlanan bir makalede "ısının moleküler kinetik kuramına göre, bir sıvıda asıltı halinde bulunan mikroskopla görülebilir boyda cisimciklerin mikroskopta kolayca gözlenebilecek ölçüde devinimler yapabilecekleri"ni gösterdi. Einstein, parçacığın her bir "zig" ya da "zag"ının tek bir molekülün değil birçok çarpmanın birçok darbenin birlikte istatistiksel etkisi olduğunu gösterdi (bu fikri Fransız Louis Georges Gouy da bir süre önce nitel olarak ileri sürmüştü ama Einstein'ın haberi yokmuş). Her minicik zerre her tarafında bombardımandan doğan basıncı hisseder; istatistiksel çırpıntının, basıncı azıcık düşürdüğü yönde ya da geçici olarak arttığı yönün tersine doğru azıcık devinir. Einstein istatistiğe uygun bir kesinlikle hesaplayarak parçacığın seçilen başlangıç noktasından ortalama uzaklığının, seçilen ilk andan beri geçen zamanın kareköküyle orantılı olduğunu buldu. Artık "rastgele yürüyüş" diye bilinen bu şey tüm zigzagları yok sayarak başlangıç noktasından 1 saniyede gittiği yolun 4 saniyede gittiğinin yarısı, 16 saniyede gittiğinin ise dörtte biri olması demektir. Bu, Einstein'ın yaptığı yepyeni bir önsöyümdü ve orantı katsayısının da ***Avogadro sayısı*** ve ısıya ilişkin parametrelere bağlı olduğu bu olguyu ***Jean Perrin*** de 1908'de deney-

sel olarak kanıtladı. Bu rastgele yürüyüş fikri birçok bilimsel alana taşındı ve başka fizikçiler asıltıdaki parçacıkların zigzag çizerek sürüklenme hızını kullanarak su moleküllerinin büyüklüğünü hesaplayıp ***Avogadro sayısı***nın büyüklüğünü kestirebildiler.

**Bunsen, Robert Wilhelm (1811-1899)** Alman fizikçi ve kimyacı. En çok, adını taşıyan "Bunsen beki" ile tanınır ama aslında Michael Faraday tarafından keşfedilip Bunsen'in yardımcısı Peter Desdega tarafından geliştirilerek ticari bir meta olarak piyasaya Bunsen'in adıyla sürülmüştü. Adını taşıyan bu beki kullanarak Bunsen ve ***Gustav Kirchhoff*** 1850'lerde tayf ölçümünü kimyasal çözümleme aracı olarak ortaya koydular. Çeşitli elementlerin tayflarını incelediler ve bununla yeni elementler keşfettiler. Böylece atom ve moleküllerin bilimsel incelenmesi için yepyeni bir alan geliştirilmiş oldu.

**Büyük Patlama//Big Bang//**[91] Bildiğimiz kadarıyla Evrenin doğuşu olan şiddetli olayın yaygın adı.

Gökadaların (bizim Samanyolumuza benzer sistemler) gözlenmesi bunların birbirlerinden uzaklaştığını göstermekte. Dolayısıyla geçmişte bir arada olmaları gerekiyordu. Bu, genel görelilik kuramının, gökadalar arasındaki uzayın genleşmesi gerektiğine ilişkin bir önsöyümüyle uyuşuyor. Buna göre Evren, müthiş sıcak ve yoğun bir yumrudan 14 milyar yıl kadar önce doğmuş olup bu durum bu ateş topunun ardından gelen ve Evreni dolduran ışıltının kalıntısı olan zayıf bir mikrodalga fısıltısının keşfiyle onaylanmıştır. Büyük Patlamadaki koşullar (yoğunluk, sıcaklık ve basınç olarak), o andan beri var olan her şeyden ve *D*ünya'daki parçacık hızlandırıcılarında gerçekleştirilebileceklerden çok daha aşırı. Dolayısıyla Büyük Patlama, böyle aşırı koşullardaki madde ve enerjiyi betimlemeye girişen kuantum kuramları için bir sınama ortamı sağlamakta. Farklı kuramlar Evrenin Büyük Patlamadan nasıl çıktığına ilişkin farklı önsöyümler yaparak bugün nasıl görüneceğini etkilediğinden kozmoloji (Evrenin en büyük ölçekte incelenmesi) parçacık fiziği (Evrenin en küçük ölçekte incelenmesi) için bir sınanma zemini oldu. Örneğin Evrenin genleşme biçimi ve yaşlı yıldızlardaki helyum miktarı, üçten fazla nötrino ailesi olmadığını, parçacık fizikçileri bunu hızlandırıcı deneylerinde kanıtlamadan *önce* göstermişti. Parçacık fiziği ile kozmolojinin evlenmesi fiziğin 20. yüzyılın son çeyreğindeki en belirgin gelişmelerinden biriydi.

Ek okuma için: John Gribbin, *Companion to Cosmos*.

**büyüklük mertebesi//order of magnitude//** Bir niceliğin büyüklüğünün tahmininin 10'un en yakın kuvvetiyle ifadesi. İki sayı birbirlerinden, diyelim üç büyüklük mertebesi farklıysa, birisi diğerinden kabaca 1000 ($10^3$) kat büyük demektir. Bir atom çekirdeğinin yarıçapı yaklaşık $10^{-15}$ m, atomlarınki ise yaklaşık $10^{-10}$ m kadardır. Demek ki atomlar çekirdeklerden beş büyüklük mertebesi daha büyük.

**Cabibbo açısı//Cabibbo angle//** Bir kuark çeşnisinin zayıf kuvvetin etkilemesiyle bir diğerine değişme olasılığının bir ölçüsü. Bkz. ***Cabibbo dönmesi, karışım açısı.***

**Cabibbo dönmesi//Cabibbo rotation//** Bir kuark çeşnisinin zayıf kuvvetin etkilemesiyle bir diğerine dönüşmesi. Bu, iki tür kuarkın sanki tek bir parçacığın değişik yanları olarak algılanır; tıpkı bir paranın iki yüzü yazı ve tura gibi. Bu "tek" parçacık çevrildiğinde görünen şekli değişir böylece daha önce yukarı kuark (*u*) olarak görünen şimdi aşağı kuark (*d*) olarak görünür. Bkz. ***karışım açısı, isospin***.

**Cameron, Alastair Graham Walter (1925-2005)** Kanada doğumlu ABD'li fizikçi. Elementlerin yıldızların içinde yapılışlarının anlaşılmasına önemli katkıları oldu.

Winnipeg'de doğan Cameron lisans derecesini 1947'de Manitoba'da, doktorasını 1952'de Saskatchewan Üniversitesinden aldı. 1959'da ABD'ye göçmeden önce Kanada Atom Enerjisi Limited'de araştırmacı olarak çalıştı. 1963'te ABD vatandaşlığına kabul edildi ve Caltech (California Teknoloji Enstitüsü), Goddard Uzay Araştırma Enstitüsü, Yeşiva Üniversitesi ve Harvard Üniversitesinde çalıştı.

Cameron, 1950'lerde elementlerin yıldızlarda nasıl oluştuğu üzerine kuramsal anlayış getiren bir çalışmayı 1957'de yayımladı. Şansızlığına, Fred Hoyle ve çalışdaşları bağımsız olarak problemin çok daha geniş kapsamlı incelenmesini geliştirerek bütünüyle aynı yıl yayımlamıştı. Bu, Cameron'u fenbilimi tarihinde bir dipnot olarak bıraktı. Bkz. *çekirdek bireşimi.*

**Cannizzaro, Stanislao (1826-1910)** İtalyan kimyacı ve politik eylemci. Molekül ağırlığı ile atom ağırlığı arasındaki farkın değerini ilk anlayan kimse. ***Amadeo Avogadro***'nun yaptıklarından giderek hidrojen gibi sıradan gazların moleküller halinde (bu durumda $H_2$) bulunduklarını gösterdi.

Sicilya-Palermo'da 13 Temmuz 1826'da doğan Cannizzaro, Palermo, Piza ve Torino'da öğrenim gördü. 1845-1847 arasında Pisa'da çalıştıktan sonra Palermo'ya dönerek Sicilyalıların yönetimdeki Bourbon'lara

karşı başarısız başkaldırmalarına katıldı (sulh yargıcı olan babası o sıralarda Polis Şefiydi). 1848 başkaldırısının ardından ölüm cezası verildi. Ancak Paris'e kaçabildi ve 1851'de dönerek Alessandria'da kimya profesörü oldu.[92] 1855'te Cenova'ya geçerek en önemli bilimsel çalışmalarını yaptı. Derken gene Sicilya'ya giderek Garibaldi'nin 1860 isyanına bir süre katıldıktan sonra 1861'de Palermo'da kimya profesörü oldu. 1871'de, İtalyan Birliğinin ardından Roma'ya geçti ve üniversiteye kimya profesörlüğüne atandı ve ayrıca –daha sonra Başkan Yardımcısı olacağı– yeni cumhuriyetin Senatörü oldu.

Cannizzaro, hidrojeni temel kütle birimi alarak belirlediği ölçekle atom ve molekül ağırlıklarının bir cetvelini hazırlayan ilk kişi oldu. Bu, ***periyodik cetvel***e doğru ilk adım olmuştu. OH kökü için "hidroksil" adını uyguran Cannizzaro 10 Mayıs 1910'da Roma'da öldü.

**Casimir, Hendrik Brugt Gerhardt (1909-2000)** Hollandalı fizikçi. Geniş çaplı çalışma alanında özellikle süperiletkenlik kuramına önemli katkıları oldu ("iki sıvı" modelinin ilk örneğini) ve ***Casimir etkisi***ni önsöydü.

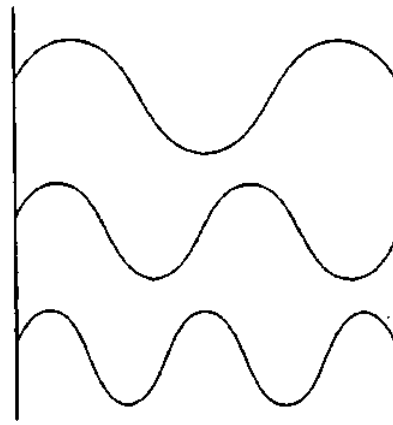
15 Temmuz 1909'da Den Haag'da doğan Casimir, Kopenhag'da ve Leiden Üniversitesinde okudu; doktorasını 1931'de aldı. Kısa bir süre Zürih'te kaldıktan sonra Leiden'de çalıştı. 1942'de Alman işgali sırasında Hollanda üniversitelerindeki sıkıntılardan dolayı Eindhoven'daki Philips Araştırma Laboratuarına geçti ve 1972'de emekli olarak Leiden Üniversitesinde emeritus profesör oldu. 4 Mayıs 2000'de Heeze'de öldü.

**Casimir etkisi** Birbirlerine çok yakın tutulan paralel iki metal plaka arasında oluşan çekici kuantum kuvveti.

Kuantum belirsizliği, yeteri kadar çabuk geri verilebildiği takdirde enerjinin kendiliğinden yoktan var edilmesine izin verir. Madde bir enerji biçimi olduğuna göre bu durumda parçacıklar da yoktan var olabilirler. Dolayısıyla "boş uzay"da "sanal parçacıklar"ın (kesin söylemek gerekirse parçacık/karşı-parçacık çiftleri) var olup hemen yok olarak kaynaşıp durduğu düşünülebilir.

Kütleleri olmadığından fotonlar en kolay oluşanlar. 1940'larda Hollandalı fizikçi Hendrik Casimir bu sanal fotonların etkisini ölçecek bir deney önerdi. İki metal plaka yüz yüze yaklaştırıldıklarında aralarındaki kuantum vakumundaki sanal fotonlar plakaların yüksek yansıtıcılığı olan yüzleri arasında yansıyıp dururlar. Ama bunun etkisi plakaları ayıracak değil, aşağıda açıklanan sebeplerle birbirlerine çekecek gibi olurlar.

Fotonları ışık dalgaları olarak düşünün ve titreştirilen bir saz teliyle kıyaslayın. Tel iki ucundan kıstırıldığı için ancak belli frekanslarda –dalga boylarında– titreşebilir. Aynı şekilde iki metal plaka arasına ancak belli dalga boylarındaki ışığa karşılık gelen fotonlar sığabilir. Bu demektir ki tüm diğer dalga boyları aralıktan dışlanır. Demek ki plakaların arasındaki vakumun birim hacminde, dışarıdakinden daha az foton olacak ve bunun sonucu fazla dış basınç plakaları birbirlerine itecektir.



*Casimir etkisi. İki iletken plaka arasındaki duran dalgalar.*

Oluşan kuvvet çok küçüktür (plakaların arası ancak birkaç nanometre) ama ölçülmüş olup Casimir etkisinin de vakumdaki kuantum çırpışmalarının da gerçek olgular olduğunu kanıtlamıştır.

**Cavendish, Henry (1731-1810)** İngiliz fenbilimci. Kimyada öncülüğü olan çalışmalar yaptı, John Michell'in yapmış olduğu burulma sarkacını kullanarak Dünya'nın yoğunluğunun ilk sağlıklı ölçümünü yaparken kütleçekim sabitinin büyüklüğünü de buldu. Ayrıca elektrikle ilgili öncü çalışmalar da yaptı ama bunları yayımlamadığından; James Clerk ***Maxwell*** 1879'da arşivlerden bulup yayımlayana kadar pek bilinmedi.

Cavendish bulgularını yayımlamayabiliyordu çünkü geçimini fen çalışmalarıyla sağlamak zorunda değildi. 10 Ekim 1731'de Fransa'da Nice'te doğan Cavendish, Lord Charles Cavendish'in oğlu ve hem 2. Devonshire Dükünün (baba tarafından) hem de Kent Dükünün (anne tarafından) torunuydu. Kendisi de ***Kraliyet Derneği*** üyesi olan babası Britanya Müzesinin (British Museum) yöneticisiydi. Henry 1749-1753 arasında Cambridge Üniversitesinde okudu ama bitirmedi (o günler için pek de olağan dışı sayılmaz). Bir yıl Paris'te okuduktan sonra Londra'ya yerleşti. Geçimini özel varlığından sağlıyor, zamanını fen çalışmalarına hasrediyordu. Bilimsel ilişkilerinin dışında münzevi bir yaşantısı vardı. Pek az yayın ortaya koyuyordu ama evinden iyice uzakta da olsa halka açık bir kütüphane kurulmasını sağladı.

Yayımlanmamış keşifleri arasında Ohm yasası, Michael Faraday'ın ve Charles Coulomb'un yaptıklarının (özellikle de ***Coulomb yasası***)

birçoğu vardı. Ayrıca gazların tartılabileceğini ve havanın saf bir gaz olmayıp bir karışım olduğunu gösterdi.

Cavendish 28 Şubat 1810'da öldüğünde bir milyon pounddan çok bir miras bıraktı. Onun adını taşıyan Cambridge'teki ünlü ***Cavendish Laboratuarı*** ise kendisi yetenekli bir matematikçi olan akrabalarından 7. Devonshire Dükü William Cavendish tarafından 1871'de kuruldu.

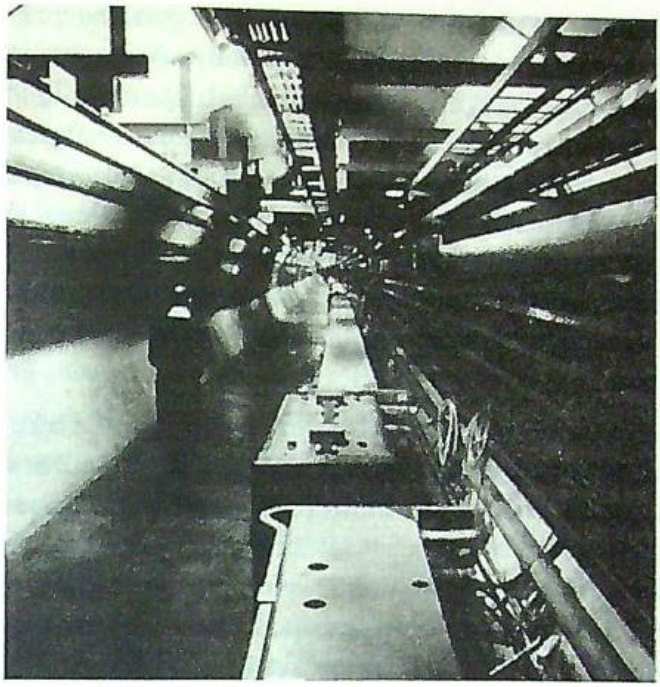
**Cavendish Laboratuarı** İngiltere'de Cambridge Üniversitesine bağlı olarak 1871'de 7. Devonshire Dükü William Cavendish tarafından 1871'de 6300 £ bağışla; 1874'te ilk Cavendish Profesörü Clerk Maxwell'in başkanlığında çalışmalara başlanan laboratuarın fikri 1851 Sanayi Sergisinin özendirmesi ve üniversitenin ünlü sınav sistemi "Tripos"un gereklerine destek olmak üzere kuruldu. Uzun yıllar atomaltı dünyaya ilişkin pek çok önemli bulguya zemin olan bu laboratuar daha sonra çoğunlukla biyofizik çalışmalarına ağırlık vermiştir.

**Celsius, Anders (1701-1744)** Daha çok, adını taşıyan sıcaklık ölçeğiyle tanınan İsveçli gökbilimci.

27 Kasım 1701'de Uppsala'da doğan Celsius orada 1730'da gökbilimi profesörü oldu ve 25 Nisan 1744'teki ölümüne kadar bu görevde kaldı. Uppsala'da çalıştığı sıralarda Fransa, Almanya ve İtalya'ya gitti ve oralarda çalışmalar yaptı. Sıcaklık ölçeğini 1742'de İsveç Bilimler Akademisine sundu.

**Celsius ölçeği** 1742'de Anders Celsius tarafından geliştirildi. Ölçeği suyun kaynama noktasını 0 ve donma noktasını 100 derece olacak şekilde tanımlamıştı. Ölümünden kısa bir süre sonra Uppsala Üniversitesindeki çalışdaşlarından Jean Pierre Christin bu iki sabit noktanın yerlerini değiştirdi. Bir dönem santigrad (yüz derecelik) ölçek olarak kullanıldıysa da 1948'de açılar için (pek az) kullanılan "grad"[93] ile karıştırılmaması için değiştirildi.

**CERN (Conseille Européen pour la Recherche Nucléaire)** Avrupa Çekirdek Araştırmaları Kurulu. İsviçre-Fransa sınırında Cenevre yakınlarında 1954'te kuruldu. Özellikle atomaltı parçacıklarının özelliklerini ve bunların ilgili kuramlarla ilişkisini araştıran ve bu konuda birçok önemli bulguya zemin olan uluslararası deney temelli laboratuar. Büyük elektron-pozitron çarpıştırıcısı (***LEP***) ve özellikle son yıllarda önemli çalışmalara sahne olan büyük hadron çarpıştırıcısı (***LHC-BHÇ***) gibi hızlandırıcıların yeridir. Günümüzün en yaygın bilgi edinim ve iletişim aracı olan "www" CERN'deki fenbilimcilerin hızlı iletişim gereksinmelerinden doğmuştur.



*CERN. Large Electron Positron Collider (LEP) hızlandırıcısının tüneli*

**CESR** Cornell Üniversitesinin hızlandırıcısı olan Cornell Elektron Sinkrotron Halkası.

**Chamberlain, Owen (1920-2006)** ABD'li fizikçi. Karşı-protonun keşfi (pozitrondan sonra keşfedilen ikinci karşı-parçacık) için 1959'da ***Emilio Segrè*** ile Nobel Ödülünü paylaştı. 19 Temmuz 1920'de San Francisco'da doğan Chamberlain 1941'de Dartmouth Kolejini bitirdi ve ilk başta ***Segrè*** ile birlikte çalıştığı ***Manhattan Projesi***ne katıldı. İkinci Dünya Savaşından sonra üniversitesinde yaptığı çalışmaların sonunda doktorasını 1949'da aldı; danışmanı ***Enrico Fermi***'ydi. Çalışma yaşamının büyük bölümü üniversitesinin Berkeley yerleşiminde geçti. Karşı-proton çalışmaları buradaki ***bevatron*** kullanılarak yapıldı. Daha sonraları TPC (zaman izdüşürme odacığı) ve SLAC'da (Stanford doğrusal hızlandırıcı merkezi) araştırmalar yaptı.

Barış ve toplumsal adalet konularında eylemlere katılan Chamberlain 1989'da emekli oldu ve 28 Şubat 2006'da Berkeley'de öldü.

**Charpak, Georges (1924-2010)** Polonya doğumlu Fransız fizikçi. 1992'de çok telli orantılı odacık adıyla bilinen (başka şeylerin yanıda ***J/ψ parçacığı***nın keşfinde kullanılan) dedektörü geliştirmesiyle Nobel Ödülü aldı.

1 Ağustos 1924'te Dabrovica-Polonya'da doğan Charpak yedi yaşındayken ailesiyle Paris'e taşındı. İkinci *D*ünya Savaşında direniş üyesiydi. 1943'te Vichy hükümeti tarafından tutuklanarak 1944'te Dachau toplama kampına gönderildi. Kamp 1945'te kurtarılınca Fransa'ya döndü ve 1946'da Fransız vatandaşı oldu. Fransa'da öğrenim gördü ve Collège de France'dan doktorasını aldı. Fransız Ulusal Fenbilimleri Merkezinde, 1959'dan sonra da CERN'de çalıştı. Büyük bir veri birikimi arasında çok seyrek parçacık olaylarını ayıklamakta çalıştı.

1985'te Fransız Bilimler Akademisine seçilen Charpak 29 Eylül 2010'da öldü.

**Cockroft, John Douglas (1897-1967)** ***Ernest Walton*** ile birlikte bir elementin bir diğerine yapay olarak dönüştürüldüğü (halk arasında "atomum parçalanması" olarak bilinir) ilk deneyi gerçekleştiren İngiliz fizikçi.

Cockroft, İngiltere-Yorkshire-Todmorden'de 27 Mayıs 1897'de doğdu. 1914'te Manchester Üniversitesinde matematik okumaya başladı, ancak 1914'te bırakarak orduya katılıp üç yıl Krallık Sahra Topçu birliklerinde muhabereci olarak görev yaparken Batı Cephelerinde birçok çarpışmaya katıldı. Birinci Dünya Savaşının sonunda Metropolitan Vickers mühendislik firmasına acemi eleman olarak girdi. Firma onu Manchester Teknoloji Kolejinde elektrik mühendisliği okumaya gönderdi. Buradan yüksek lisans derecesi aldıktan sonra Cambridge Üniversitesine geçti ve 1924'te matematiği bitirerek Cavendish laboratuarında ***Ernest Rutherford***'un grubuna katıldı.



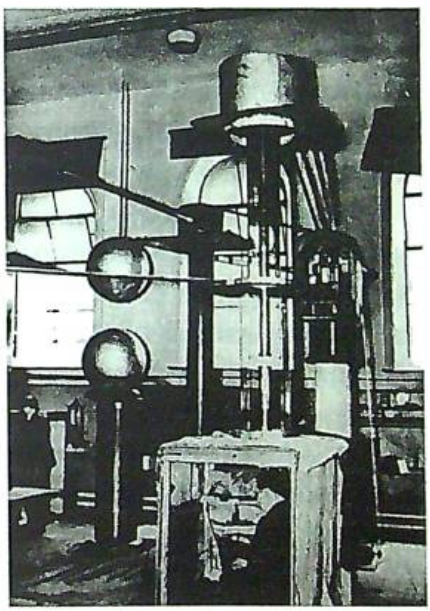
*John Cockcroft (1897-1967)*

Cockroft'u ünlendiren (ve 1951'de Nobel Ödülünü kazandıran) çalışma Walton'la birlikte kendi adlarını taşıyan parçacık hızlandırıcısını kullanılarak yapıldı. Bununla bir lityum hedef bir proton (hidrojen çekirdeği) huzmesiyle dövülüyordu. Bu, ***George Gamow***'un (1928'de Cambridge'i ziyareti sırasında) böyle bir durumda protonların gerekenden çok daha düşük enerjiyle hedef çekirdeklere girebileceği, yani "tünelleme" yapacağı önermesine dayanıyordu. 1932'de, lityum-7

çekirdeğinin protonu yakalayarak kararsız bir çekirdek olan berilyum-8'e dönüşmesi ve bunun da hemen "yarılarak" iki helyum-4 çekirdeğine bölünmesiyle helyum (alfa tanecikleri) izleri verdi. Cockroft, Cavendish için aralarında bir siklotron da olan yeni gereç tasarımları yaptı. 1939'dan 1946'ya kadar Cambridge'te Jackson Doğa Felsefesi Kürsü Profesörlüğü yaptı. İkinci Dünya Savaşında radar üzerinde çalıştı; ayrıca Kanada'nın ilk nükleer reaktörünün yapımını yönetti ve ***Harwell***'deki Atom Enerjisi Araştırma Kuruluşunun 1946'dan 1959'a kadar yöneticiliğini yaptı.

1948'de şövalyelik verilen Cockroft 18 Eylül 1967'de öldü.

**Cockroft-Walton makinesi** İlk parçacık hızlandırıcısı.[94] ***John Cockroft*** ve ***Ernest Walton*** tarafından Cambridge'te ***Cavendish Laboratuarı***'nda 1930'ların başlarında (1932) yapıldı. Aygıt ilke bakımından bir doğrusal hızlandırıcı (aslında kendi tasarımları olan bir voltaj çoğaltıcısı) olup protonları 300 kilovoltluk bir potansiyel farkıyla birkaç metrelik bir tüp içerisinde hızlandırarak enerjilerini artırıyordu. 1000 sterlinlik bir bağışla yapılmış olup hızlandırıcı voltaj kısa zamanda 800 kV'a yükseltildi. Bir elementin (lityum) bir başkasına (helyum) ilk kez yapay olarak dönüşmesi için ilk kullanılan aygıt bu olmuştu.



*Cockroft-Walton makinesi. John Cockroft ve Ernest Walton'un ilk "atom parçalanması" için kullandıkları aygıt (kutunun içinde dedektörler –sintilasyon sayıcısı– bulunuyor.)*

**Compton, Arthur Holly** (1892-1962) Keşfettiği ***Compton Olayı*** için 1927'de Nobel Ödülü almış olan ABD'li fizikçi.

Compton 10 Eylül 1892'de ABD-Wooster-Ohio'da doğdu. Babasının dekan ve felsefe profesörü olduğu Wooster Kolejinde okudu ve 1913'te bitirdi. Oradan Princeton Üniversitesine geçerek 1914'te yüksek lisans 1916'da doktorasını tamamladı. Minnesota Üniversitesinde kısa bir dönemden sonra iki yıl Westinghouse Kurumunda çalıştıktan sonra Compton 1919-1920 yıllarında İngiltere'de Cambridge'in Cavendish Laboratuarında konuk oldu. Döndüğünde St. Louis'deki Washington Üniversitesinde fizik bölümü başkanı oldu. 1923'te Chiccago Üniversitesine yerleşti. Adıyla anılan keşfi St. Louis'de gerçekleştirdi. 1942'de ***Enrico Fermi***'nin önderliğinde kurulan ilk nükleer reaktörün yapımında görev aldıktan sonra 1945'te St. Louis'ye döndü ve çalışma yaşamını orada sürdürdü ve 15 Mart 1962'de Berkeley'de öldü.

**Compton olayı//Compton effect//** Elektronlardan saçılan X-ışınlarının (ya da gama ışınlarının) dalga boylarının uzaması. Compton bu olayı 1920'lerin başında deneysel olarak keşfetti. Bu olgu, X-ışınlarının bildik dalgalar gibi davranışıyla açıklanamazdı. Çünkü saçılmanın dalga boyunu değiştirmesi için hiçbir sebep yoktur. Ayrıca bu değişme gelen ışının enerjisinden bağımsız olup yalnızca sapma açısına bağlıdır.[95] Ama Compton, X-ışınları bir parçacıklar (fotonlar) huzmesi olarak ele alındığında açıklamanın mümkün olabileceğini düşündü. Yüksek enerjili bir foton bir elektrondan saçıldığında (hızla giden bir bilardo topunun duran bir topa çarpması gibi) enerji yitirir ve bu enerji elektron tarafından soğurulur.[96] Yitirilen enerji dalga boyunun büyümesine yahut $E = hf$ ***Planck Bağıntısı***na göre $f$ frekansının azalmasına yol açar (*h*, ***Planck sabiti***dir).

Bu açıklama Compton ve ***Peter Debye*** tarafından ileri sürülerek bir dizi özenli deneyle gerçeklenip elektromanyetik ışımanın ikili, yani dalga-parçacık doğasını kanıtlayınca, ***Louis de Broglie***'ün elektron gibi parçacıkların da benzer bir ikilik göstermesi fikrini edinmesine yol açtı. Compton'un bu çalışmasından önce ışığın gerçekten parçacıklar cinsinden betimlenebileceği fikri henüz tam olarak kabul görmüyordu; ancak, 1923'ten sonra artık kuşkular giderildiyse de Berkeley'de ***Gilbert Lewis*** tarafından "foton" teriminin önerilmesi 1926'yı buldu.

**Cooper çiftleri//Cooper pairs//** Bkz. ***süperiletkenlik.***

**Cooper, Leon Niels** (1930-) ***John Bardeen*** ve **Robert Schrieffer** ile birlikte süperiletkenlik kuramı üzerine yaptıkları çalışmayla 1972 Nobel Ödülünü paylaşan ABD'li fizikçi.

28 Şubat 1930'da New York Kentinde doğan Cooper, Bronx Lisesinde ve 1954'te doktora derecesini de aldığı Columbia Üniversitesinde okudu. Bir yıl Princeton İleri Çalışmalar Enstitüsünde kaldıktan sonra, Bardeen ve Schrieffer ile birlikte çalışacağı Illinois Üniversitesine geçti. Oradan Ohio Eyalet Üniversitesine ve 1958'de de Rhode Island-Providence kentindeki Brown Üniversitesine geçti. Orada Thomas J. Watson Sr. kürsü profesörü ve Beyin ve Sinir Sistemleri Enstitüsü yürütücüsüdür.

**coulomb** 1 ***amper***lik akımın 1 saniyede taşıdığı elektrik yükü.

**Cosmotron** ABD'de, ***Brookhaven Ulusal Laboratuarı***'nda yapılmış olan bir parçacık hızlandırıcısı. 1952'de işlemeye başlayan ilk çalışan proton ***sinkrotron***u olarak protonları 3 GeV'e hızlandırır.

**Coulomb saçılması//Coulomb scattering//** Yüklü parçacıkların aralarındaki elektrik kuvveti etkisi sonucunda saçılmaları (örneğin, bir alfa parçacığının atom çekirdeğinden saçılması). İki parçacık fiziksel olarak değmezler ama alfa parçacığı tamamen eletrostatik itmeyle saptırılır.

**Coulomb yasası//Coulomb's law//** İki elektrik yüklü, çok küçük iki küre arasındaki kuvvet bunların yüklerinin çarpımıyla doğru, aralarındaki uzaklığın karesiyle ters orantılıdır.[97] Coulomb ilgili deneylerini John Michell'in geliştirdiği ve ***Cavendish***'in kullandığı burulma sarkacıyla yapmıştı.

**Coulomb, Charles Augustine de (1736-1806)** ***Coulomb yasası***nı (1785'te yayımlandı) keşfeden Fransız fizikçi. Angoulême'de 14 Haziran 1736'da doğan Coulomb, servetini finansal bir spekülasyon sonucu yitiren bir zenginin oğluydu. Aile Coulomb'un gençliğinde Paris'e göçtü. Eşini terk edip Montpellier'ye taşınan babasıyla gittikten sonra askeri okula girmek için Paris'e dönerek askeri mühendis oldu. Martinikler'deki görevinden sonra 1779'da Paris'e döndü ve görevini bırakıp Paris'ten uzaklaşmasına zorlayan ihtilale kadar çeşitli kamu görevleri yaptı. 1795'te geri dönene dek Blois'da yaşadı. Döndüğünde Napoléon döneminde gene kamu görevleri yaptı. Mekanik, elektrik ve manyetizma deneyleri yaptı. Cavendish'in birçok sonucunu elde etti, ancak onun tersine bunları yayımladı.

Coulomb 23 Ağustos 1806'da Paris'te öldü.

**Cowan, Clyde Lorrain, Jr. (1919-1974)** 1956'da ***Frederick Reines*** ile birlikte yaptıkları deneyle nötrinoları ilk keşfeden ABD'li fizikçi. Cowan

Missouri Üniversitesinde ve 1949'da doktorasını aldığı Washington Üniversitesinde okudu. Ardından nötrino deneyinin yapıldığı Los Alamos Ulusal Laboratuarında, George Washington Üniversitesinde ve Amerikan Katolik Üniversitesinde çalıştı.

**CP bozulması//CP violation//** Bkz. ***CP korunumu.***

**CP korunumu//CP consevation//** Tüm parçacık etkileşmelerinde ***yük eşleniği*** (C) denilen özelliğin de, ***parite*** (P) olarak bilinenin de korunumları kesinkes olmasa da fizikçiler bir ara (1950'lerin sonları ile 1960'ların başları) C ve P'nin bozulma biçimlerinin birbirlerini kesinkes götüreceğini ve böylece ikisinin birleşimi olan CP'nin parçacık etkileşmelerinde hep korunacağını umdular. Ama 1964'te nötr kaon ($K^0$) denilen parçacığın pion denilen parçacıklara bozunmasında CP'nin korunmadığı anlaşıldı. Bu bozunma zayıf etkileşme olduğundan, zayıf etkileşmelerde kesin bir CP korunumu olmamakta. Özellikle kaonların bozunmalarında Evrende pozitronların sayısını artırmaya yönelik ufacık bir eğilim bulunuyor. Çünkü bu bozunmalar ortalama olarak elektronlardan ustura ağzı kadar fazla pozitron üretirler.

Zayıf etkileşme kuramlarının çoğu, kuramı CP'de korurken küçük bir tedirgeme bu kuralın arada bir bozulmasına yol açar. CP bozulmasının en önemli felsefi uzanımı doğada doğal bir "sol-ellilik/sağ-ellilik" bulunmasıdır; dolayısıyla bilimsel olarak gelişkin "uzaylılara" kaon bozunmasını betimleyerek "sağ" ve "sol" kavramlarımızla ne demek istediğimizi iletebiliriz.[98] Bkz. ***CPT korunumu.***

**CPT korunumu//CPT conservation//** Bir parçacık etkileşmesinin, ***yük eşleniği*** (C) denilen bir özelliğinin, ya da ***parite*** (P) denilen özelliğinin tersinmesiyle, hatta zamanda geri giderken (bkz. ***zaman tersinme simetrisi*** (T tersinmesi)) –bir parçacık etkileşmesinin, film çekilmesi gibi bir eşdeğeri yapılarak tüm parçacıklar karşı– parçacıklarına dönüştürülse (ya da tersi: C tersinmesi), sağ ile sol değiş tokuş edilse (P tersinmesi) ve film geriye doğru gösterilse– hayal edilmesiyle kesin kes aynı görülmesi gerekmese de görecekleriniz tamamıyla geçerli birer parçacık etkileşmesi olacaktır. Bu mutlak bir doğa yasasıdır. Başka deyişle, birleştirilmiş CPT simetrisi korunur. Bu durumda, C ile P birlikte bozulsa bile, T'nin bozulması tam karşıt şekilde olduğundan üçü birlikte birbirlerini götürürler.

Aslına gelince, bu bozulmaların hepsi çok zayıf olup yalnız Büyük Patlama gibi aşırı koşullarda önem kazanırlar. Çoğu olağan parçacık etkileşmeleri (beta bozunması ya da bu kitapta Feynman diyagramla-

rıyla betimlenen diğer süreçler gibi) C, P ve T'yi hem ayrı ayrı hem bir arada korur. Bkz. ***CP korunumu.***

**CP bozulması//CP violation//** Bkz. ***CP korunumu.***

**Cramer, John Gleason (1934-)** Seattle'daki Washington Üniversitesinde yerleşik ABD'li fizikçi; 1980'lerde kuantum mekaniğinin ***işlemsel yorumu***nu geliştirdi.

24 Ekim 1934'te Houston, Texas'ta doğan Cramer Rice Üniversitesinden fizik **lisans** derecesini 1957'de, yüksek lisansını 1959'da doktorasını da 1961'de aldı. 1961'den 1964'e kadar Indiana Üniversitesinde çalıştıktan sonra Seattle'da Washington Üniversitesine geçti. Meslek yaşamını, 1974'te profesör olduğu bu kurumda sürdürmekte. Ana araştırma konusu deneysel çekirdek fiziği olup, çok ağır iyonların davranışları yanı sıra pion ve kaonlarla ilgili deneylerdir. Yüksek enerji astrofiziğiyle de ilgilenen Cramer'in en ilginç ve bu kitaba en uygun ilgisi kuantum mekaniğinin yorumu üzerinedir. Aynı zamanda gerçek fiziğe dayanan bilimkurgu öyküleri de yazmaktadır.

**Cronin, James Watson (1931-2016)** ABD'li fizikçi. ***Val Fitch*** ile birlikte nötr kaonların bozunmasında CP korunumunun bozulduğunu gösterdiler ve 1980'de Nobel Ödülünü paylaştılar.

Cronin 29 Eylül 1931'de Chicago'da doğdu. 1951'de Southern Methodist Üniversitesinden lisans, Chicago Üniversitesinden 1953'te yüksek lisans ve 1955'te doktorasını aldı. Üç yıl Brookhaven Ulusal Laboratuarında çalışmasının ardından 1958'den 1971'e kadar Princeton Üniversitesinde çalıştıktan sonra Chicago'ya döndü ve zamanını üniversite ile Fermilab arasında paylaştırdı. En önemli çalışmasını Princeton'dayken Fitch ile birlikte yaptı. Her ne kadar fizik yasalarında keşfettikleri bu ufacık simetrisizlik henüz anlaşılmadıysa da Evrende karşı-maddeden (hiç yok!) daha çok madde olduğunu (yani biraz!) açıklayabilir. Bkz. ***Sakharov, Andrei Dimitriyeviç.***

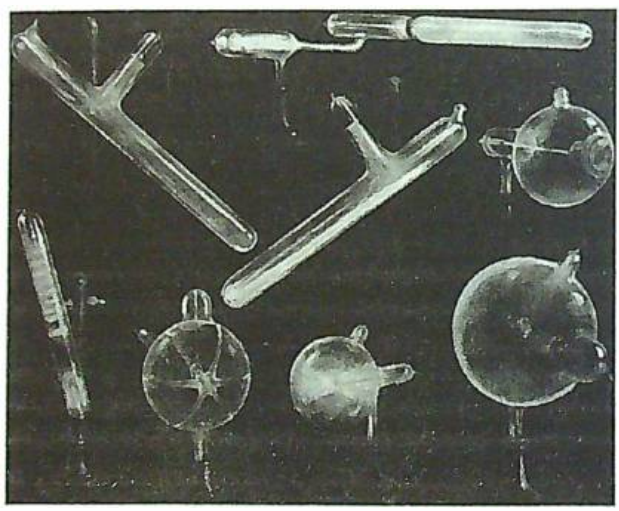
**Crookes tüpü** Bkz. ***Crookes, William.***

**Crookes. William (1832-1919)** İngiliz fizikçi ve kimyacı. En çok, yüksek voltajlı boşalma tüpleriyle bilinir ("Crookes tüpleri").

17 Haziran 1832'de Londra'da doğan Crookes on altı çocuğun en büyüğüydü. 1840'ların sonlarında, yeni kurulan Krallık Kimya Kolejinde okudu ve 1850'lerin başlarında orada çalıştı. Kısa sürelerle Oxford'daki Radcliff Gözlemevinde (1854-5) ve Chester Fenbilimi Kolejinde (1855-6) çalıştı, derken babasından mali olarak bağımsız yaşayabileceği kadar para kalınca Londra'ya dönerek bütün önemli

çalışmalarını gerçekleştirdiği kendi özel laboratuarında çalıştı (ancak bir yandan da *Journal of the London Photographic Society*'nin editörlüğünü yapıyordu). 1859'da haftalık *Chemical News*'u çıkarttı. Crookes tayf gözleminde öncü çalışmalar yaptı ve bunun sonucunda 1861'de talyum elementini keşfetti.

Crookes 1875'te ünlü "radyometre"sini icat etti, camdan bir ampul içinde vakumda dönebilen dört kanatlı bir çark. Kanatların her birisinin bir yüzü isli-kara (ışığı soğurması için) ve arkası parlaktır (ışığı yansıtması için). Üzerine ışık tutulduğunda çark hızla dönüyor. ***James Clerk Maxwell*** bunu şöyle açıklıyordu; kanadın kara yüzü soğurduğu ışığın verdiği enerjiyle daha çok ısınıyor, ampulde kalan moleküller de o tarafta daha çok ısınıp hızlanırken kanada tepip çarkın dönmesine sebep oluyor (vakum çok daha yüksek olsa moleküllerin etkisi azalacak, parlak yüzden yansıyan ışığın kanada vereceği momentum, soğuran yüze verilenin iki katı kadar olacağından dönme ters yönde olacak ve ışığın momentumu olması kanıtlamış olacaktır. Bu olgularda ***Isaac Newton'ın*** üçüncü yasası da –etki tepkiye eşittir– söz konusudur.)



*Crookes tüpleri. 19. yüzyıldan çeşitli ışıldama tüpleri, William Crookes'un geliştirdiklerinin çalışır halde benzerleri.*

Crookes, adını taşıyan boşalma tüplerini de 1870'lerde geliştirdi. Bunların işleyişi daha çok eskiden –günümüzdeki LED'ler yerine kullanılan– neon tüplerine benzer. Bu tüplerle yapılan gözlemler ***elektron***ların ve ***X ışınları***nın keşfine götürdü (bkz. ***katot ışınları***).

1897'de şövalyelik verildi ve 4 Nisan 1919'da Londra'da öldü.

**curie** Radyoaktif bir maddenin miktarını belirleyen bir birim. 1 curie (Ci), saniyede $3,7 \times 10^{10}$ bozunma yapan bir radyoaktif madde miktarını gösterir. Bu, tuhaf görünen tanım 1 g radyumun (***Marie Curie***'nin keşfettiği element) radyoaktifliğinden ileri gelmekte.

**Curie, Iréne** Bkz. ***Joliot-Curie, Frédéric ve Irène.***

**Curie, Marie** (1867-1934) ve **Curie, Pierre** (1859-1906) Fransız karı-koca fizikçi. 1903 Nobel Fizik Ödülünü (Henri Becquerel ile birlikte) radyoaktiflik üzerine öncü çalışmaları ile paylaştılar. Polonya'da doğmuş olan Marie Curie 1911 Nobel Kimya Ödülünü de aldı.

Pierre Curie 15 Mayıs 1859'da Paris'te doğdu. Bir hekimin oğluydu. On altı yaşında Sorbonne'a girinceye kadar eğitimi evde oldu. 1877'de yüksek lisans derecesi aldı ve Paris'te Fizik ve Kimya Okulunda 22 yıl öğretim yaptı. İlk çalışmaları elektrik ve manyetizma üzerineydi. Piezoelektrik olayı keşfeden kardeşi Jacque ile birlikte çalıştı. Manyetik maddelerin bu özelliklerini belli bir sıcaklığın (buna artık Curie noktası denilmekte) üstünde yitirdiğini keşfetti. Pierre doktorasını 1895'te manyetizmayla ilgili çalışmalarıyla aldı. Bir diğer katkısı fizikte simetri fikrinin fizikte önemini vurgulamasıdır.

1894'te (öğrencisi olan) Marie (Manya) Sklodowska ile tanıştı ve 25 Temmuz 1895'te evlendiler. Birlikte radyoaktiflik üzerine çalıştılar. Her ne kadar bazen Marie'nin işin daha çok kimya, Pierre'in ise fizik yanıyla ilgilendiği söylense de katkılarını birbirinden ayırmak mümkün olamaz.

Curie'ler Nobel Ödülü aldıktan sonra 1904'te Sorbonne'da Pierre için bir fizik kürsüsü kuruldu. Sağlığı (herhalde radyoaktiflikle teması yüzünden) epeyce zayıftı ve 19 Nisan 1906'da Paris'te Rue Dauphine'i (bir ana cadde) geçerken bir at arabası altında kalarak öldü. 1910'da radyoaktiflik birimine onun adı verilirken (bkz. ***curie***) tanımı Marie tarafından yazıldı.

Manya Sklodowska, o sıralarda Rus İmparatorluğu içindeki Polonya'da 7 Kasım 1867'de Varşova'da doğdu. Anne ve babası öğretmendi (babası müze denilen klasik bir öğretim kurumunda fizik öğretim görevlisiydi). Bir süre sonra işlerinden çıkartıldıkları için sıkıntılı bir yaşam sürdürüyorlardı. Manya ve kız kardeşi Bronya başarılı birer öğrenci oldukları halde kadınların üniversite öğrenimine izin verilmediğinden tıp öğrenimi için Fransa'ya giden Bronya'yı, Manya mürebbiyelik yaparak destekledi. Bronya'nın eğitimini tamamlaması ve evlenmesi üzerine bu kez onun desteğiyle 1891'de Paris'e giderek Sor-

bonne'a girdi. 1893'te fizik sınavlarını birincilikle, 1894'te matematik sınavlarını ikincilikle tamamladı.

Radyoaktifliğin (adını Marie koymuştu) ve X ışınlarının 1895'teki keşfinin heyecanı sürerken Curie'ler 1896'da radyoaktif malzemeleri incelemeye başladılar. Küçük bir barakadaki çalışma koşulları epeyce zordu. 1904'te, Sorbonne'da profesör olan eşinin asistanı olarak atanıncaya (aslında çalışmalarında eşittiler) kadar Marie (adı Fransızcalaşmıştı) çalışmaları sırasında bir ücret almıyordu. Kendilerine bağışlanan ve Bohemya madenlerinden elde edilmiş büyükçe bir miktar peşblend denilen uranyum filizi içinden birisine polonyum, diğerine de radyum adını verdikleri iki yeni radyoaktif element çıkarttılar. 1903'te Marie Fransa'da doktora alan ilk kadın oldu.

Pierre'in ölümünden sonra Marie'nin yaşamı iki kızı, Irène ve Eva'yı yetiştirmek ve işi arasında gidip geliyordu. Sorbonne'da Pierre için kurulan kürsü ona verildi ve Marie Sorbonne'daki ilk kadın profesör oldu. 1910'da radyoaktiflik üzerine ilk tanımlayıcı kitabı yazdı. 1914'te ise Paris'te kurulan Radyum Enstitüsündeki radyoaktiflik laboratuarının başına getirildi. Birinci *D*ünya Savaşından sonra özel bağışlar ve Irène'in yardımıyla cankurtaranları taşınır X ışını aygıtlarıyla donattı ve Kızıl Haç'ın radyoloji servisinin başına getirildi. Savaştan sonra fenbilimi sözcüsü olarak yaygın olarak gezdi. Parçacık hızlandırıcılarının geliştirilmesinden önce Paris'te, araştırmalarda önemli bir kaynak olacak bir radyum stoğu edinilmesinde etkili oldu. Bu malzemenin bir kısmı ***Joliot-Curie***'leri yapay radyoaktifliğin keşfine götüren öncü çalışmalarında kullanıldı.



*Marie (1867-1934) ve Pierre Curie (1859-1906)*

Yaşamının sonuna doğru sağlığı (artık çok tehlikeli olduğu iyi bilinen) radyoaktifliğe uzun süre maruz kalması yüzünden bozuldu ve Fransız Alplerindeki bir sanatoryumda 4 Temmuz 1934'te kan kanserinden öldü. Küriyum elementinin (atom numarası 96) adı onun onuruna verildi.

**Curie, Pierre** Bkz. ***Curie, Marie.***

**çiftlenim//pairing//** Parçacıkların, özellikle de elektronların bulundukları ortamın etkisiyle ikişer ikişer belli ortak özellik(ler) taşıyarak bir tür ***bağlaşım***ı. Bkz. *çift oluşumu*, ***süperiletkenlik, süperakışkanlık.***

**çarmonyum (tılsımlı bozon)** İçinde bir ***tılsımlı kuark*** ve karşı-parçacığının yeğin kuvvetle bağlı bulunduğu bir sistemin adı. Temel çarmonyum durumu en düşük enerji düzeyinde olup bu iki parçacık tıpkı ***pozitronyum***daki gibi birbirlerinin çevresinde dolanırlar. Bu ***J/psi parçacığ***ına karşılık gelir.

**çarpıştırıcı//collider//** Bkz. ***depolama halkası.***

**çekim kütlesi//gravitational mass//** Bir cismin madde miktarının bir ölçüsü olup kütleçekim kuvvetiyle belirlenir. Çekim kütleleri $m$ ile $M$ ve aralarındaki uzaklık $r$ olan iki cismin arasındaki $F$ çekim kuvveti

$$F = G\,Mm/r^2$$

biçimindeki Newton yasası ile verilir (bkz. ***Coulomb yasası***). $G$, kütleçekim sabitidir. Bir cismin çekim kütlesi onun ***eylemsizlik kütlesi***ne tam olarak eşittir. Hatta ***Einstein***'ın genel görelilik kuramının temeli bunların özdeşliğidir.[99] Evrene ilişkin bu derin gerçekliğin sebebi bilinmemektedir. Bkz. ***Mach ilkesi.***

**çekirdek//nucleus//** Atomun merkez kısmı. Çekirdek, atom kütlesinin çoğunu (proton ve nötronlar olarak) ve artı elektrik yükünün hepsini (protonlar olarak) içerir. Onu bir elektron bulutu sarmalar. Bunun atomun kütlesine katkısı çok azdır (hidrojen atomunda kütlenin yüzde 0,05'i, diğer atomlarda ise yüzde 0,025'i kadar); ama eksi yükünün tamamını içerir. Çekirdeklerin çapları $10^{-15}$ m ila $10^{-14}$ m kadardır, oysa atomun çapı $10^{-10}$ m kadar, yani çekirdekten 10.000 kat ile 100.000 kat daha büyüktür. Çekirdek birkaç milimetre çapında olsa bütün atomunki birkaç yüz metre kadar, yani aşağı yukarı futbol sahası kadar.

"Çekirdek" terimi (yani Latince-İngilizcesi olarak "nucleus") 1912'de ***Ernest Rutherford*** tarafından bilinçli olarak biyolojide hücrenin merkez öğesi olan nesneye benzetilerek konulmuştu. Karışıklık olma durumunda "atom çekirdeği" denilir ama bu kitapta bu durum yok. Bkz. ***nüklid.***

**çekirdek bölünmesi//nuclear fission//** bkz. ***bölünme.***

**çekirdeksel-bireşim//nucleosynthesis//** Ağır elementlerin hidrojen çekirdeklerinden yapılma süreci, başta Evrenin doğduğu Büyük Patlamada oldu sonraları da yıldızların içinde.

Bugün Evrenin genişlediği görülüyorsa, Evren ateştopu çağından kalan mikrodalga ardıllarıyla doluysa ve genel görelilik kuramının denklemleri genişleyen uzayzamanın betimini kendiliğinden sağlıyorsa, astronomlar, şimdi gördüğümüz Evrenin çok sıcak, çok yoğun bir durum olan Büyük Patlamadan çıktığını biliyorlar. Her ne kadar genişleyen Evrenin tohumunun nasıl oluştuğu hâlâ tartışılsa da *D*ünya'daki hızlandırıcı deneylerinde ve başka laboratuarlarda sınanan, bilinen fizik yasaları, kabaca bir çekirdek yoğunluğunda oluşundan beri genişleyen Evrende olmuş ve olmakta olan her şeye uygulanabilmekte. Bu yoğunluk, şimdiki genişleme tersine sarıldığında varmış olacağı "başlangıç"tan yüz binde bir saniyeden az önceki an için hesaplanan durumdur.

Daha da erken zamanlarda, erken Evrendeki koşullar öyle aşırıydı ki (özellikle çok sıcak) madde ve enerji Albert Einstein'ın $E = mc^2$ bağıntısına uyarak birbirlerine dönüşüp duruyor ve elektron, proton ve nötron gibi parçacıklar sırf enerjiden yapılıyordu. Bu parçacıklar çoğunlukla parçacık/karşı-parçacık çiftlerinden –elektron-pozitron çiftleri gibi– oluştuklarından hemen yok olmuş olsalar da fizik yasalarındaki minicik bir dengesizlik (bkz. ***CP korunumu***) yüzünden yaklaşık her bir milyar karşı-parçacığa karşılık bir milyar artı bir parçacık oluşmasıyla yaratılan proton, nötron ve elektronlardan yalnızca yaklaşık birer adedi vardı. Yani bu çağın sonunda proton, nötron ve elektronların milyarda biri olan kalıntısı bir sıcak ışınım denizi içinde gömülü kalıyor. Bu oluşum, başlangıçtan saniyenin yaklaşık yüz binde biri kadar sonra 100 milyar kelvin sıcaklığındadır.

İzleyen 3 dakika 46 saniye süresince Evren genişleyip soğurken ilksel proton ve nötronlar birbirleriyle kaynaşarak helyum çekirdekleri (özellikle helyum-4) yapabildiler. Nötronlar da kendileri kararsız parçacıklar olduklarından çekirdeğin dışındayken birkaç dakikalık bir yarı ömürle bozunurlar; bu süreç tamamlanana kadar da Evrenin helyumdan oluşacak baryon kütlesinin yalnız yüzde 25'ine yetecek kadar nötron kalır. Gerisi ise tek başına protonlar yani hidrojen çekirdekleridir. Başkaca da yalnız Büyük Patlamanın ateştopundan yapılmış olan döteryum gibi çok hafif elementlerden tam anlamıyla eser miktarda bulunuyor. Başlangıçtan 4 dakikadan kısa bir süre sonunda çekirdeksel bireşim tamamlanmış oluyor. Demek ki yıldızlar oluşmaya başladıklarında yapılarına giren malzemenin yüzde 75'i hidrojen, yüzde 25 helyum ve yüzde 1'den azı da diğer çok hafif elementlerdir. Bu, yıldızsal çekirdeksel-bireşimin başlangıçtaki (ve hâlâ yeni yıldızlar

oluşmakta olduğundan bugün de) hammaddesidir. Bir yıldızın derinliklerinde hidrojen çekirdeklerinin helyum çekirdeklerine dönüşmesi görece kolay olup bu, (Güneşimiz dahil) çoğu yıldızda enerji üretimi sürecidir. Yıldızın yaşamında, sonraları helyum-4 çekirdeği (alfa parçacığı) olarak çok bol helyum bulunur. Bunlar daha başka çekirdeksel-bireşim olması için hammadde olurlar. Ama iki alfa parçacığını yapıştırarak elde edilen berilyum-8 çekirdeği aşırı derecede kararsız olup, oluşmasından on milyonda bir saniye sonra dağılır. Fred Hoyle ve çalışdaşları 1950'lerde yayımladıkları sıkı bir makalede, Güneşimizden daha yaşlı bir yıldızın içinde üç alfa parçacığının birleşerek kararlı olan bir karbon-12 çekirdeği oluşturabileceğini göstermişlerdi.



*Çekirdeksel-bireşim Büyük bir yıldız bir süpernova olarak patladığında, ömrü süresince içinde ve süpernova sırasında yapılmış olan elementler uzaya dağılarak sonraki kuşak yıldızlarla gezegenler için hammadde oluştururlar. Buradaki bir süpernova artığının bulutudur. Yengeç Bulutsusu denilen bu süpernova Dünya'dan ilk kez MÖ 1054'te gözlenmişti.*

İşin –Fred Hoyle'un önsöydüğü ve Caltech (California Teknoloji Enstitüsü) Kellog Işınım Laboratuarında yapılan deneylerle doğrulanan– özü, karbon-12 çekirdeğinin rezonans olarak bilinen özel bir uyarılmış durumu bulunmasıdır. Bu, bir atomun bir foton soğurduğunda –elektronlarından birisinin daha yüksek bir düzeye çıkmasıyla– daha yüksek enerjili bir duruma çıkmasının analoğudur. Tıpkı bu atom fotonu salıp tekrar taban durumuna döneceği gibi uyarılmış karbon-12 çekirdeği de çok daha yüksek enerjili bir foton salarak kendi taban durumuna dönebilir.

Bütün bunlar 1950'lerden çok önceleri bilinmekteydi. Hoyle'un eşsiz içgörüsü, berilyum-8 çekirdeği bir diğer alfa parçacığını "soğurduğunda oluşan enerji durumunun karbon-12'deki bir enerji düzeyiyle tamı tamına oturmasıydı. Bu, üçlü alfa süreci yani kararsız bir berilyum çekirdeğine üçüncü alfanın eklenmesi bekleneceği gibi patlayıp dağılmıyor, bunun yerine birleşmiş çekirdeğin uyarılmış bir karbon-12 çekirdeğine yerleştirilmesi, hatta enerji merdivenindeki karbon-12'ye uygun yüksek bir basamağa tam basması gibi oluyor.

Merdiven benzetimini daha da açabiliriz. Lastik bir topu en alttan, yüksekteki bir basamağa fırlatırsak sıçraya sıçraya başka bir yerde durup kalabilir. Oysa topu tam uygun hızla atarsak seçilen basamağa vardığında artık yukarıya yükselecek hızı kalmayacak ve hafifçe o basamağa yerleşip kalacaktır. Üçlü alfa sürecinin üç helyum-4 çekirdeğini karbon-12 çekirdeğinin bir uyarılmış durumuna oturtması böyle oluyor.

Yıldız bir kez karbon-12 içerdi mi artık çekirdek bireşimlerinin sürmesi görece basitleşiyor. Bir alfa parçacığının daha eklenmesi oksijen-16 ve benzeri kaynaşma süreçleri de her basamakta neon-20, magnezyum-24 ve silisyum-28 gibi çekirdekleri kolayca oluşturuyor. Bu süreç her basamakta enerji salar çünkü her sonuç ürün (örneğin neon-20) kütlesi bunu oluşturan bileşenlerinkinden (bu örnekte oksijen-16 ve helyum-4) azıcık küçüktür. Ara değerli kütlelerdeki nüklidler ise elektron fırlatan (daha seyrek de pozitron) radyoaktif bozunma süreçlerinde oluşurlar ama tamsayılarda alfa parçacığı içeren nüklidler en çok rastlananlar olmayı sürdürürler.

Bu süreçteki son basamak ise silisyum-28 çiftlerinin kaynaşarak demir grubu elementlerini oluşturmalarıdır. Bunlar demir-56, kobalt-56 ve nikel-56'dırlar. Demirden daha ağır elementler yalnızca sürece enerji katılmasıyla oluşabilirler. Çünkü bunların enerji tutmaları demir grubu elementlerden daha zayıf olmakta; aslında bu ağır elementleri yapmak için gerekli kütle eklenmesi amacıyla enerji eklenmek gerekiyor. (Tabii ki bu uranyum-235 gibi ağır bir çekirdeğin bölünmesinde enerji salınmasının sebebi bileşenlerin toplam kütlesinin tek çekirdeğinkinden azıcık düşük olmasıdır.) Bir bakıma demir-56'dan daha ağır çekirdeklerin sıralanması (kırmızı dev diye bilinen) yaşlı yıldızlarda çeşitli kaynaşma tepkimelerinden çıkan yüksek enerjili nötronların çekirdeklere birer birer yakalanarak demirden bizmut-209'a kadar elementlerin yapılmasıyla oluyor. Ama eğer bir bizmut-209 çekirdeği bir nötron yakalarsa hemencecik alfa bozunmasıyla parçalanır.

Daha ağır çekirdekler hâlâ –ve demir-56 ile bizmut-209 arasındaki kütle aralığındaki birçok nüklid– süpernova patlamaları (yaşlı ve çok ağır bir yıldız çökerken çok fazla kütleçekimsel enerji salar) sırasında yapılıyor. Bu zorlu süreç pek çok çekirdeği parçalar ve çıkan yığınla çok yüksek enerjili nötron art arda diğer çekirdekler tarafından yakalanabiliyorlar. Böyle oluşan nötron zengini çekirdeklerin çoğu beta ya da alfa bozunmasıyla ya da bölünmeyle çeşit çeşit ağır element oluştururlar.

Tüm bu süreçler iyice anlaşılmıştır. Çünkü işin içindeki çekirdek tepkimelerinin her biri burada, Yeryüzünde parçacık hızlandırıcılarında incelenebilmektedir. Bu deneylerden gelen veriler, yıldızların davranışlarına ilişkin anlaşılanlarla birleştirilerek çekirdek bireşiminin belli elementlerin (gerçekte o elementlerin belli izotoplarının) oluşumunda ne denli etkin olduğuna ilişkin önsöyümlere yol açıyor. Çekirdek bireşimi modellerine ilişkin, deneylere dayanan önsöyümler Evrenin genelindeki elementlerin gözlenen bolluklarına çok yakın uyum gösterirken, ve süpernova patlamalarının davranışları da burada, Yeryüzünde yapılan parçacık fiziği deneylerine dayanan astrofizik hesaplarıyla çok iyi uyum içindedirler.

Parçacık fiziği ile astrofizik arasında çok yakın bağlantı bulunuyor. Bu, astrofizikçilerin Evrenin doğumunda ilk birkaç dakika içinde neler olduğunu ve bugün yıldızların içinde neler olduğuna ilişkin çok iyi bir anlayışları olduğunu gösteriyor. Ayrıca hidrojen ve helyumdan daha ağır her bir atomun her bir çekirdeği yıldızların içlerinde üretilmiş olup süpernova patlamalarıyla uzaya dağılarak gelecekteki kozmik yıldız kuşakları, gezegenler, hatta insanlar için hammaddeyi oluştururlar.

Ek okuma: John Gribbin, *Companion to the Cosmos*.

**çekirdek fiziği//nuclear physics//** Atom çekirdeklerinin yapı ve davranışları ile bunların parçacıklar ve birbirleriyle nasıl etkileştiklerini inceleyen fizik dalı. Fiziğin bu dalı, ***Ernest Rutherford***'un, 1911'de alfa parçacıklarının atomlardan saçılmasını incelediği deney sonucu, atomu küçük ve yoğun bir *çekirdek*le (aslında bu adı ertesi yıl koymuştu) onu çevreleyen seyrek bir elektron bulutu olarak betimlediği modeli ileri sürmesiyle başladı. Çekirdeğin kendi yapısı sonraları elektron gibi parçacıklarla yoklandı. Çekirdek fiziğinin pratikteki uygulamaları arasında radyoaktif izotopların endüstri ve tıpta kullanılmaları, nükleer reaktörlerle enerji üretimi ve nükleer silahları içerir.

**çekirdek kuvvetleri//nuclear forces//** Bkz. ***doğa kuvvetleri***.

**çekirdek tepkimesi//nuclear reaction//** Bir ya da daha çok atom çekirdeğinin katıldığı bir tepkime. Bir çekirdeğin elektronlar, alfa parçacıkları gibi parçacıklar salarak başka bir çekirdeğe dönüştüğü olgularla ***bölünme*** (fisyon), ***kaynaşma*** (füzyon) gibi Güneş'in enerji vermesini sağlayan süreçlerle, çekirdeklerin nötronlar gibi başka parçacıklarla dövülmesi gibi etkileşmeler de dahildir. Bunları yapay olarak ilk gerçekleştirenler 1932'de ***John Cockroft*** ve ***Ernest Walton*** olmuştu. Bunu yaptıkları ilk elektrostatik voltaj üretecinin sağladığı yüksek gerilimle hızlandırdıkları protonlarla gerçekleştirdiler.

**Çerenkov ışınımı/ışıması//Çerenkov radiation//** Saydam bir ortamda (genellikle su, ama kimi organik sıvılarda, hatta erimiş kuartz gibi katılarda da), o ortamda ışığın gittiği hızdan daha büyük hızlarda giden yüklü parçacıkların ürettiği mavimsi ışık. Bu, sesten hızlı giden bir nesnenin (jet uçakları gibi) doğurduğu ses patlamasının optik eşdeğeridir. Işık parçacığın gidiş yönünde ve tepesi parçacıkta olan bir koni içinde yayılır; koninin tepe açısı parçacığın hızına bağlıdır. Bu ışıma 1934'te Rus fizikçi ***Pavel Çerenkov*** tarafından keşfedildi.

**Çerenkov dedektörü** Saydam bir sıvı içinde ışıktan hızlı giden bir yüklü parçacığın *Çerenkov ışıması*nı saptamak için parçacıkları sayan dedektör. Bu gibi dedektörler nötrino akısı kollamak için de kullanılır. Nötrinoların kendileri Çerenkov ışıması yapmasalar da bunlar elektronlarla etkileşerek onlara yeteri kadar yüksek hız kazandırabilirler.

**Çerenkov, Pavel Aleksiyeviç (1904-1990)** Rus fizikçi. 1958'de *Çerenkov ışınımı* denilen olguyu keşfi ve yorumu için Nobel Fizik ödülünü aldı.

25 Temmuz 1904'te Novaya Çigla'da doğdu. Ailesi köylüydü. Okula giderken çalışmak zorundaydı. 20 yaşına kadar üniversiteye gidemedi. Sonra Voronej Devlet Üniversitesinde okudu ve 1928'de bitirdi. Moskova'daki Bilimler Akademisi Fizik Enstitüsünde araştırma öğrencisiyken 1934'te adıyla bilinen ışınımı keşfetti. Doktorasını 1940'ta aldı ve çalışma yaşamı boyunca orada kaldı. Sinkrotronun yapımına katıldı. Önde gelen bir öğretici oldu. Nobel Ödülü aldıktan bir yıl sonra profesörlüğe yükseltildi 6 Ocak 1990'da öldü.

**çeşni//flavor//**[100] ***Kuark*** türlerini ayırt eden özellik. Kuarkların altı çeşnisi bulunur: yukarı, aşağı, acayip, tılsımlı, tepe ve alt. Terim leptonların farklı *çeşit*lerinin betimi için de kullanılır. Bu durumda çeşniler elektron, elektron nötrinosu, müon, müon nötrinosu, tau ve tau nötrinosudur.

**çoklu dünyalar yorumu//many worlds interpretation//** Kuantum dünyasında bir sistemin bir durum seçme sorunu (çift yarık deneyinde elektronun hangi yarıktan geçmesi sorunu gibi) olduğunda evrenin, durum sayısı kadar parçaya ayrılıp her bir mümkün seçeneğin bağımsız olarak gerçekleşmesi (örnekte elektron bir dünyada A yarığından diğerinde ise B yarığından geçecektir).

Bu fikrin 1927'de ***Niels Bohr***'un ***Kopenhag yorumu***nu geliştirmesine dek gidebileceği pek akla gelmez. Bohr çift yarık deneyinin iki farklı gerçeklik olarak düşünülebileceğini ileri sürerek birinde elektronun A yarığından diğerinde de B'den geçeceğini söylüyordu. Ancak, kendi deneyimlerimizin olduğu dünyayı bu iki olanağın melez bir bileşimi olarak görüp bunların girişiminden doğduğunu belirtiyordu. Elektronun hangi yarıktan geçtiğine bakıp gördüğümüzde bu dünyalardan birisi gerçeğe dönüşürken diğeri ve de girişim yok oluyordu. Çoklu Evrenler, Kopenhag yorumunun bir niteliğidir ama burada bunlar ***hayalet*** olup bir fiziksel gerçeklikle ilişkileri olması gerekmiyor. Bohr'un görüşünde, deneye bakıp elektronun A yarığından geçtiğini bulduğumuzda artık her şey biterken artık bir diğer eşdeğer almaşık deneyde elektronun B yarığından geçmesi söz konusu değil.

Peki ama niye olmasın? 1950'lerin başlarında Kopenhag yorumu ve bu sihirli dalga fonksyionunun çökmesi Princeton Üniversitesinde bir doktora öğrencisi olan ***Hugh Everett***'in kafasını karıştırdı. Mümkün her kuantum olgusunun her bir sonucunun gerçek bir dünyada olduğunu düşünmenin daha akıllıca olduğunda karar kıldı. Klasik ***Schrödinger'in kedisi*** örneğinde bunun anlamı şöyle: deney gerçekten yapıldığında Evren iki dünyaya ayrılacak, birisinde deneyci kutuyu açınca kediyi ölü bulacak, diğerinde ise canlı. Tez danışmanı *John Wheeler*'in de yüreklendirmesiyle bu fikri işleyerek, kuantum kuramının tam bir yorumu haline getirip sonucun deney sonuçlarının önsöyümü bakımından Kopenhag yorumuyla tıpatıp aynı olduğunu gösterdi.

Bu hem iyi hem de kötü oldu. İyi, çünkü yapılan her deneyin sonucu Kopenhag yorumunun önsöyümüyle uyumluydu; bu bakımdan çoklu dünyalar yorumu da yanlış görünmüyor; kötü, çünkü rakip yorumlardan hangisinin "doğru" olduğunu deneyle sınamanın bir yolu yok. Hangisinin yeğleneceği kişisel tercihten başka bir şey olmuyor.

Everett'in çalışması 1957'de *Reviews of Modern Physics* dergisinde (cilt 29 s. 454) Wheeler'in de tanıtıcı bir yazısıyla (aynı cilt s. 463) yayımlandı. 1960'ların sonlarında North Carolina Üniversitesinden Bryce DeWitt bunu ele alana kadar büyük ölçüde göz ardı edildi.

Bunun en büyük sebebi; "dışarda bir yerde" bizimkinin yanı sıra ve içlerindeki bir dünyada ya da diğerinde mümkün her kuantum tercihinin mümkün her bir sonucunun gerçekleştiği sonsuz sayıda almaşık gerçekliğin bir şekilde varoluşunu kabullenmenin insana "kafasını yediren" vargılarıdır. DeWitt, kendisi *Physics Today*'de (Eylül 1970, s.30) yazarak; insanın kendisinin, "azıcık kusurlu $10^{100}$ kopyası olduğunu ve bunların da yeni kopyalara bölünüp durdukları" fikriyle ilk karşılaştığında geçirdiği şoku betimliyordu. Ama son zamanlarda bir grup fenbilimci bu fikri iyice ciddiye almakta.

Bunlar kozmologlar olup, çoklu dünya yorumuyla ve Kopenhag yorumuyla üstesinden gelinemeyen muammanın –hangi gözlemin bütün Evrenin dalga fonksiyonunu çöktürerek gerçekliğe getirmesinin açıklanması– arkasına dolanabildiler. Bohr'un bakışında Evreni gözleyecek bir dış gözlemci olmadığından, durumlar hep hayalet gibi üst üste binmiş olarak kalacaktı.

Günümüzde, kozmologların dışında çoklu dünya yorumunun önde gelen savunucusu Oxford Üniversitesinden David Deutsch'dur. Deutsch'un bakışıyla bir elektronun çift yarıklı deneyde ilerleyişinde iki dünya bulunsa da girişim deseninin oluşumu her iki dünyadan elektronların bir şekilde kaynaşarak, girişim deseniyle tamamlanmış tek bir gerçeklik yapıyor. Böylece evrenlerin çoğalıp durması da DeWitt'in 1970'te sandığı aşırılığa varmıyor. Deutsch, hatta dünyanın iki yarıklı deneyin bir benzerindeki gibi yarılmasını doğrudan yaşayacak ve gerçekten de yarıldığını ve yeniden kaynaşıp birleştiğini bize bildirecek bir kuantum bilgisayarı yapmanın mümkün olabileceğini de öneriyor.

Çoklu dünyalar fikri kuantum gerçekliği yorumlarının bir alt kümesini yavruladı, hepsi aynı ana temanın çeşitlemeleri. Fikirlerden birisi, haberimiz olmayan birçok başka evren bulunduğu için dünyanın[101] klasikmiş gibi davranması. Bu kimi zaman çoklu geçmişler yaklaşımı olarak da bilinir (bkz. ***uyumsuzlaşma***). Bir diğer fikir de bilinçli zihnin fiziğin "dışında" bir şey olup gerçeklikleri bizim için seçmesi. Bu ise kuantum gerçekliğinin çoklu zihin yorumunun gelişmesine yol açtı. Böylece her kuantum olabilirliği, ayrı fiziksel gerçeklikleri içermeseler de zihinlerimizden biri ya da diğeri tarafından gözlenir. Bu bakışta, Schrödinger'in kedisi deneyinin sonucuna ilişkin gerçekten de iki ayrı zihniniz oluyor. Bkz. ***kuantum yorumları.***

Ek okuma: John Gribbin, *Schrödinger'in Kedisinin Peşinde.*

**çoklu geçmiş yorumu//many histories interpretation//** Bkz. *çoklu dünya yorumu.*

**çoklu zihin yorumu//many minds interpretation//** Bkz. ***çoklu dünya yorumu.***

**Chadwick, James (1891- 1974)** İngiliz fizikçi. Nötronu keşfiyle 1935 Nobel Ödülünü aldı.

20 Ekim 1891'de İngiltere'de Macclesfield yakınlarında Bollington'da doğan Chadwick Manchester'da liseye gitti ve Manchester Üniversitesini 1911'de bitirdi. Orada Ernest Rutherford'a radyoaktiflik üzerine çalışmak için kaldı ve 1913'te yüksek lisans derecesini almasının ardından Hans ***Geiger*** ile çalışmak için Berlin'e gitti. Bu şanssız gidiş onun 1918'e kadar Spandau yakınlarında bir kampta tutulmasına yol açtı. Birinci ***D***ünya Savaşından sonra Cambridge'te bir göreve geldi ve 1923'te Cavendish Laboratuarında ***Rutherford***'un yardımcısı oldu. 1935'te Liverpool Üniversitesinde fizik profesörlüğüne getirilen Chadwick burada Britanya'nın ilk siklotronunun yapımını yönetti. İkinci ***D***ünya Savaşında ise atom bombasının yapımında çalışmak üzere ABD'ye gönderilen Britanya delegelerinin başındaydı. 1945'te şövalyelik verildi, 1948'de Liverpool'dan ayrılarak Cambridge'in Gonville ve Caius Kolejinin Başkanı oldu. 1958'de emekli olan Chadwick, 24 Temmuz 1974'te öldü.

Chadwick'in fiziğe en dikkate değer katkısı 1932'de oldu. Bunu, 1930'da Almanya'da

Walther ***Bothe*** ve Fransa'da Irene ***Joliot-Curie*** ile kocası Frederick'in yapay radyoaktifliği buldukları (alfa-berilyum tepkimesinden çıkan nötr ışınların saptanmaları zor olduğundan dolayı bunların nötronlar olduğunu fark etmemişlerdi, parafinden geçerken kolayca saptanan protonların çıkmasına yol açmasından dolayı bir tür şiddetli gama ışıması olduğu düşünülüyordu) çalışmaları izlediğinde yapmıştı. Chadwick alfa parçacıklarının berilyumla (ya da başka bir hedef çekirdekle) tepkimeye girmesinden çıkan parçacıkların varlıklarını önerilmiş olan nötronlar olduklarını ve bunların hidrojence zengin parafinden protonları (hidrojen çekirdekleri) fırlattıklarını ileri sürdü. Hedefte bor kullanarak yaptığı deneylerde Chadwick nötron kütlesinin protonunkinden azıcık fazla olduğunu buldu.

**çiftleşme[102]//coupling//** Bkz. ***çiftlenim, bağlaşım.***

**çift oluşumu//pair production//** Parçacık çiftlerinin (aslında parçacık/karşı-parçacık) enerjiden –ya da ***sanal parçacıklar*** durumunda, hiç yoktan– yaratılması.

Her ne kadar Einstein'ın $E = mc^2$ denklemi madde ve enerjinin birbirlerine dönüşebilirliğini gösterse de bu bütün öykü değil. Elde tek

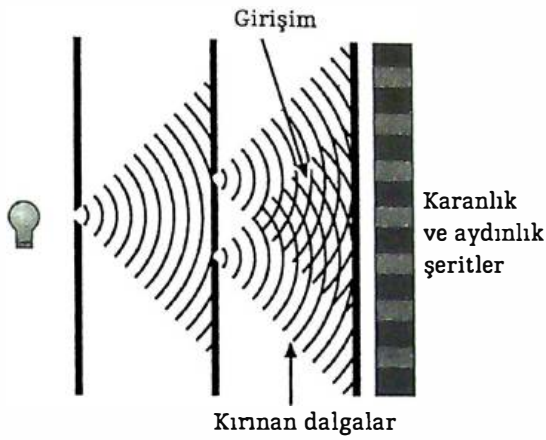
bir parçacık (örneğin bir elektron) yapmak için yeterli $mc^2$'yi sağlayacak enerji (örneğin, bir gama ışını olarak) olsa bile, çeşitli korunum yasaları sebebiyle buna izin verilmeyebilir. Elektron durumunda tek bir parçacığın yaratılması (başka şeyler –lepton korunumu gibi– yanında yük korunumunu bozar. Dolayısıyla enerjiden parçacık yaratılacaksa bunlar karşıt fiziksel özellikleri olan çiftler halinde üretilir. Bu demektir ki bu süreçte eksi yüklü ve lepton sayısı +1 olan bir elektronun yanı sıra artı yüklü ve lepton sayısı –1 olan bir pozitron da bulunmalıdır; bu ise enerjinin $2mc^2$ kadar olmasını gerektirir.

En azından Yeryüzündeki deneylerin hepsinde durum budur. Ama Büyük Patlamada enerjiden yaratılan her bir milyar pozitron başına oluşan elektronların sayısı bundan bir fazla olup proton sayısının karşı-protonlarınkinden fazlalığı da tam bu kadar olmuştur. Bu ufacık fazlalık ise Büyük Patlamadan bu yana, görünen Evreni kurmak için elde kalanların hepsidir.

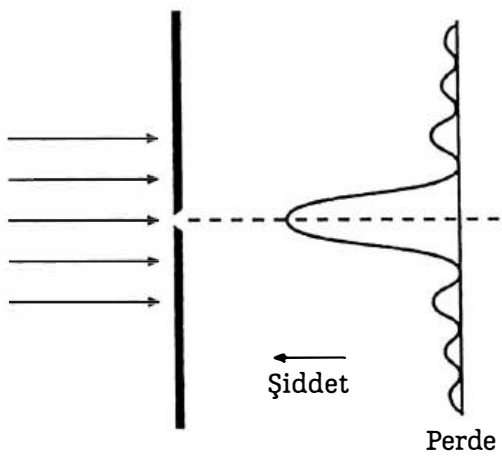
**çift yarık deneyi//double-slit experiment//** Kuantum mekaniğinin –Richard Feynman'ın sözleriyle– "özündeki gizem"i sarmalayan deney. "... bu, klasik olarak açıklanması olanaksız, kesinkes olanaksız bir olgu olup içinde kuantum mekaniğinin özünü bulunduruyor; bütün kuantum mekaniğinin *tek gizemini*, tüm kendine özgülüklerini bulunduruyor (*Lectures on Physics*, Cilt III)."[103]

Çoğu kişi bu iki deliği olan deneyle, Feynman'ın da değindiği gibi, ışığın dalga doğasını belirten klasik gösteriminde karşılaştı. 19. yüzyılın başlarında ***Thomas Young*** böyle bir deneyi ışığın dalga davranışını ortaya koymak için kullanmış ve buna hâlâ "Young'ın çift yarık deneyi" denilir. Deneyin bu şeklinde ışık bir perdedeki (belki basit bir karton) deliğe (ya da ince bir yarığa) gönderilir. Bunu geçtikten sonra ışık ikinci bir perde üzerindeki iki delik ya da yarığa düşer. Bu iki delikten yayılan ışık sonunda ötedeki bir duvar ya da perdeye düşer ve aydınlık ve gölge parçalarının yaptığı bir desen oluşturur (Şekil 1).

Bu şekilde oluşan ışık ve gölge desenine girişim deseni denilir ve açıklaması, iki delikten kırınım sonucu çıkıp yayılan dalgaların üst üste gelmesiyle yapılır. Bu iki dalga takımı belli yerlerde uygun adım düşüp yeğinleşerek aydınlık bir iz bırakırlarken başka yerlerde ise adımları ters düşüp birbirlerini zayıflatarak gölge oluşturur. Bir havuza az aralıkla iki taşı birden atarsanız (ya da banyo teknesindeki suya iki parmağınızı sokup çıkardığınızda) oluşan dalgaların deseni bunu gösterir.




*Çift yarık deneyi 1. (Klasik Young deneyi.) Saf bir ışık huzmesi iki yarıklı bir deneyden geçtiğinde kırınan dalgalar girişerek ışık gölgeli bir desen oluşturur.*

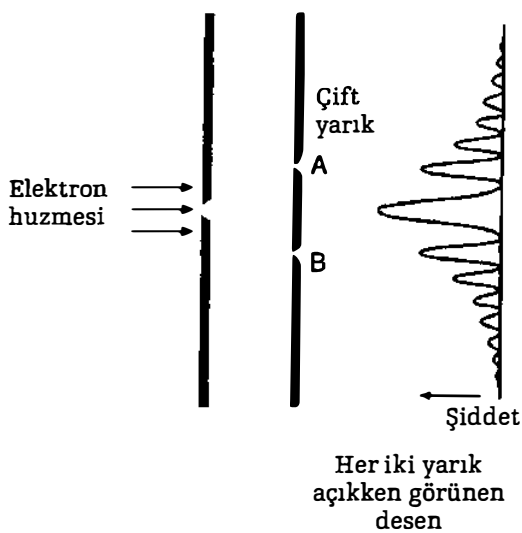



*Çift yarık deneyi 2. (Aslında burada görünen tek yarık/delikte kırınımdır.) Duvardaki deliğe taş attığınızda bunların çoğunun deliğin ardında yığıldığını görürsünüz. Elektronlar parçacık olsalardı perdedeki bir delikten geçtiklerinde dedektör üzerinde benzeri bir desen elde edilecekti.*

Ama bu, aynı düzenekten geçen bir parçacık huzmesinin davranışı değil. Üzerinde iki delik bulunan bir duvarın karşısında durup deliklerden taş atıp dursanız, sonunda öbür tarafta her deliğin karşısında birer taş yığını bulursunuz. Bir girişim deseni olmaz. Öyleyse ışık bir parçacık huzmesi olsaydı dedektör perde üzerinde iki aydınlık leke bulurdunuz, bir girişim deseni değil. Girişim deseninin en ayırt edici özelliklerinden birisi en parlak ışık lekesinin deliklerin tam karşıla-

rında olmayıp perde üzerinde tam ikisinin ortasına düşmesidir. Bu tepenin hemen yakınında iki yanında şiddet düşer, sonra da her iki yanda şiddet ardışık olarak artar ve azalır (Şekil 3).

Işıklı lekenin parlaklığı şiddeti cinsinden ölçülür. Bu, dalganın o noktadaki genliğinin karesine eşittir. Girişim desenini oluşturan iki dalganın genlikleri $H$ ve $J$ ile veriliyorsa, her noktadaki şiddet $(H^2 + J^2)$ ile değil $(H + J)^2$ ile verilir ki bu $(H^2 + 2HJ + J^2)$ olur. Fazladan çıkan ve iki dalganın girişiminden ileri gelen $2HJ$ terimi, $H$ ile $J$'nin ayrı ayrı artı ya da eksi olabilmelerinden ötürü girişim desenindeki iniş ve çıkışları tamı tamına açıklar. Her iki dalganın da genlikleri klasik Young deneyindeki gibi eşitse (Şekil 1'deki ilk delikten çıkan dalga, izleyen iki delikten geçen dalgaların eşit genlikte ve salınım uyumunda olmasını sağlar) girişimdeki en yüksek tepenin şiddeti tek tek dalgalarınkinin dört katı olurken (çünkü $H = J$ ve $HJ = H^2 = J^2$), diğer yanda çukurlarınkiyse sıfır olur (çünkü dalgalardan birisi tepe diğeri çukur olur; bu durumda da $-2HJ = 2H^2 = 2J^2$ olduğundan diğer iki kareli terimi götürür). Dalgalarla ilgilendiğimiz sürece işler güzelce yolunda.



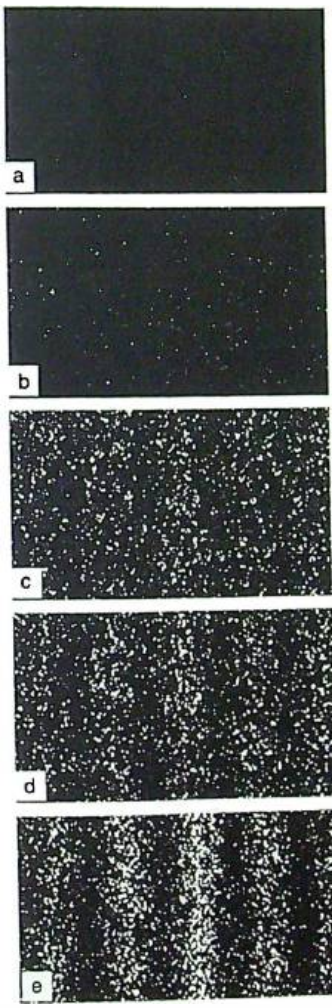

*Çift yarık deneyi 3. İki delik/yarık deneyi elektronlarla yapıldığında sanki elektronlar dalgaymış gibi girişim deseni elde edilir. Desenin en parlak yeri iki yarığın ortasına düşer. Bu desen parçacıkların her bir yarıktan bağımsız geçmeleriyle oluşan desenlerin toplamına benzemez. İki ayrı parlak tepe verirdi.*

Ama ilginçtir Young deneyinin tam eşdeğeri, bir elektron huzmesi kullanılarak da yapılabilir. Bunların birer parçacık olduklarını düşünsek bile tamı tamına aynı sonucu elde ederiz. Çift yarık düzeneğine

gönderilen elektronlar dedektör perdesi (daha çok, her elektronun bir ışıklı nokta yaptığı bir TV ekranı gibi) üzerinde bir girişim deseni oluşturur. Bu henüz "özündeki gizem" değildir ama ne dediğimize iyi bakın. Deneyi gerçekleştiren elektronlar bir girişim deseni yaptılar; öyleyse bunlar dalgalar olarak devinmeli. Ama perdedeki bir noktaya her bir elektronun düşmesi tek bir ışıklı nokta yapar. Demek ki parçacıklar olarak geliyorlar!

Kuantum varlıkları dalgalar gibi devinip parçacıklar olarak varıyorlar. Işığın dalga olduğu Young deneyiyle "kanıtlanmışsa" da ışığın bir parçacık huzmesi olarak ele alınacağını gösteren deliller de bulunuyor.

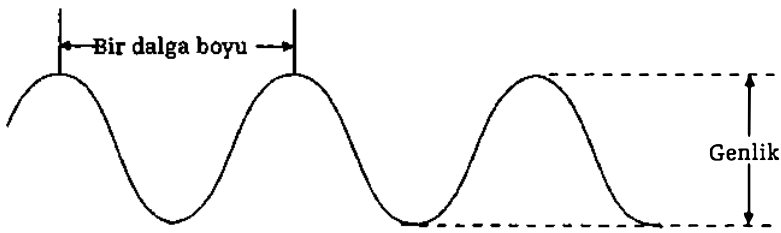
**çok telli orantılı sayıcı//multiwire proportional counter//** 1960'ların sonunda ***George Charpak***'ın CERN'de gerçekleştirdiği bir parçacık dedektörü. Böyle bir dedektörün ana birimi sandviç gibi yerleştirilmiş




*Hitachi Araştırma Laboratuarında Akira Tonomura başkanlığındaki bir Japon ekibinin gerçekleştirdiği deneyde elektronlar birer birer çift yarığa atılmakta. Klasik girişim deseni dedektör ekranında kademeli olarak oluşuyor (bir TV ekranı gibi). Her elektron parçacık gibi davranarak ekranda tek bir nokta meydana getiriyor; ama girişim deseni elektronların dalga özelliğini ortaya koyuyor.*
*(a) 10 elektron geldikten sonraki desen.*
*(b) 100 elektron geçtikten sonraki desen.*
*(c) 3000 elektron geldikten sonraki desen.*
*(d) 20.000 elektron için desen.*
*(e) 70.000 elektron için desen.*
*Her elektronun kendi başına yarıklardan geçip ekranda bir nokta olduğunu düşünürsek, ekran bir anlamda desen oluştukça ışık noktalarını 'hatırlıyor.'*

üç kat ince tel tabakası olup ortadaki katman dıştaki iki tabakaya göre 3-5 kilovolt daha pozitif yüksek potansiyelde tutulmakta. Dedektörden bir yüklü parçacık geçtiğinde bu orta tabakadaki bir telin yakınında bir elektriksel eylem çığı tetikler. Böylece bu gibi düzeneklerden kurulmuş bir yığın içinden geçen parçacığın izini saptamak mümkün olur. Böyle birçok telli oda saniyede bir milyon parçacığın geçişini gözleyebilir. Bunlar çoğu parçacık fiziği deneyinin bütünleyicilerinden birisi olmuştur.

**dalga//wave//** Bir ortamda ya da uzayda devinen salınımlı bir bozulma. Fizikçilerin kuantum fiziğindeki tüm dalgalara ilişkin imgeleri tıpkı deniz yüzeyinde görmeye alıştığımız dalgalar ya da bir havuz yüzeyindeki çırpıntıları andırır.




*Dalga. Dalganın ana özellikleri.*

**entropi//entropy//** Evrendeki düzensizlik miktarının bir ölçüsü ya da bir sistemin iş yapabilmesi için gereken enerjinin edinilebilirliği. Enerji yozlaşarak ısıya dönüşürken iş yapabilirliği zayıflar ve Evrendeki düzensizlik artar (bkz. ***zamanın oku***). Bu da entropinin artması demektir. Kapalı bir sistemde entropi hiç azalmadığından Evren bütünüyle yavaşça ölmekte. Açık bir sistemde (örneğin büyüyen bir çiçekte) entropi azalır ve düzen artar, ama bu ancak başka bir yerde (bu örnekte, bitkiyi besleyen enerjiyi sağlayan Güneşte) entropinin artması düzenin genelde azalması pahasına olur.

**dalga boyu//wavelength//** Bir basit ***dalga***nın ardışık iki tepesi, iki çukuru (ya da aynı evredeki [faz] ardışık iki noktası) arasındaki uzaklık.

**dalga denklemi//wave equation//** Dalganın yayılma biçimini matematiksel olarak betimleyen bir denklem. Kuantum mekaniğinde bu terim özellikle ***Erwin Schrödinger***'in elektron gibi bir kuantum varlığının dalga doğasını betimleyen dalga denklemi için kullanılır. Schrödinger dalga denklemi dalga fonksiyonu olarak da bilinir.

**dalga fonksiyonu//wave function//** Bir kuantum sisteminin dalgalar cinsinden matematiksel betimi. Tek başına (serbest) bir elektronun dalga fonksiyonu gibi çok basit olabildiği gibi çok karmaşık da olabilir (ötesi olmayan karmaşıklık için bkz. ***Evrenin dalga fonksiyonu***). Bkz. ***dalga denklemi***.

**dalga fonksiyonunun çökmesi//collapse of the wave function//** Bkz. ***Kopenhag yorumu.***

**dalga mekaniği//wave mechanics//** Kuantum fiziğinin, ilk kez ***Erwin Schrödinger***'in 1926'da elde ettiği ve kuantum etkileşmelerine ilişkin problemlerin çözümünde yararlanılan yöntem olarak –fizikçilerin büyük ölçüde, kuantum dalgalarını da betimleyen ***dalga denklemi*** diliyle zaten tanışık olmalarından dolayı– neredeyse hemen benimsedikleri tarzı. Aynı tarihsel sebeplerle bu hâlâ çoğu öğrenciye kuantum mekaniğinin gösterilme biçimidir. Bu bir şanssızlık çünkü geçmişler üzerinden toplam yaklaşımı çok daha iyi bir seziş sağladığı gibi konuya ilişkin daha ileri işler için doğal bir yol olurdu.

Dalga mekaniğinin ardındaki fikir ***Louis de Broglie***'ün çalışmasından ***Albert Einstein***'ın aracılığıyla gelmişti. ***De Broglie***'ün elektron dalgası kavramı ortaya 1925'te çıktıysa da bu elektronun dalga doğasını olumlayan can alıcı deneylerin yapılmasından önceydi (bkz. ***Davisson, Clinton Joseph*** ve ***Thomson, George Paget***). Schrödinger, Einstein'ın 1925 Şubatında çıkan bir makalesinde, onun de Broglie'ün çalışmasına ilişkin şu sözlerini okumuştu: "Bunun sırf bir analojiden fazlasını içerdiği kanısındayım." Bu onu, fikri ele alıp daha ileri götürmek için yüreklendirmişti.

De Broglie dalga mekaniğine olan yolu, elektron dalgalarının bir atom çekirdeği çevresindeki her bir "yörünge"ye yalnızca tam sayıda dalga sığacak şekilde "kendi kuyruğunu ısıran bir hayvan gibi" uyduğu fikriyle gösterdi. Bu durumda yörüngeler tam sayıda ama farklı dalga boyları için farklı sayılarda dalga boyu uzunluğunda; ilişkileri de tıpkı tek bir keman telinde ses veren farklı harmoniklerinki gibi olacaktır.[104]

Schrödinger atomların böyle bir yapıda olabilecek enerji düzeylerini hesaplamak için dalga matematiğini kullandı. Önce düş kırıklığına uğradı çünkü sonuçları tayf ölçümünden hesaplanan (yani deneylerden elde edilen) enerji düzeyleriyle tam uyuşmamıştı. Aslında hesaplarında bir hata yoktu, ama elektronun kuantum ***spin***ini hesaba katmamıştı (çünkü 1925 başlarında spin fikri henüz ortaya çıkmamıştı;

*Wolfgang Pauli* neredeyse buna varmak üzereydi). Schrödinger birkaç ay işi kenara bıraktı. Bir süre sonra de Broglie'ün fikirlerini açıklaması için verdiği bir konferans sırasında denklemlerinden görelilik etkilerini çıkarırsa, bunların etkin olmadığı deneysel sonuçlarla uyum sağlanabileceğini düşündü.[105] Daha sonra *Paul Dirac* elektronun spinin özünde göreli olduğunu gösterdi ve tamamen bağımsız bir şekilde göreli bir dalga denklemi elde etti. Spin fikri bir kez yerleştikten sonra da Schrödinger denkleminin spinli şekli atomların tayf ölçümü incelemeleriyle çok iyi uyuştu. Böylece dalga mekaniği üzerinde çalışmaya daha *Werner Heisenberg*'in sezgileri onu ***matris mekaniği***ne yönlendirmeye henüz başlamadan önce giriştiyse de Schrödinger'in bu büyük yapıtı, 1926'da matris mekaniğinin anahtar makalelerinin hemen ardından yayımlandı.

Schrödinger'in, kuantum üzerine çeşitlemesindeki denklemler, sıradan –havuzdaki çırpıntılar ya da havadaki ses dalgaları falan gibi– dalgaları betimleyen denklemlerle aynı ailenin üyeleridir. İşte bu sebepledir ki fizik dünyası bunu büyük bir hevesle karşıladı. Kuantum mekaniğine 1920'lerin ortalarındaki bu iki değişik yaklaşımın felsefesi daha farklı olamazdı. Heisenberg atomun herhangi bir fiziksel modelini[106] bile bile göz ardı etti ve yalnızca deneyle ölçülebilecek niceliklerle ilgilendi. Ama kuramının özünde elektronların parçacıklar olduğu fikri yatıyordu. Schrödinger ise atomların "gerçek" birer varlık oldukları fikrinden başladığı halde kuramının özünde bunların dalga oldukları yatıyordu. Ama her iki yaklaşım da nesnelerin kuantum dünyasında ölçülebilecek davranışlarını kesinkes betimliyordu.

Kısa süre içinde Schrödinger'in kendisi, ABD'li Carl Eckart ve *Dirac* birbirlerinden bağımsız; bu farklı denklem takımlarının aslında matematiksel olarak birbirleriyle eşdeğer olduklarını gösterdiler, aynı matematiksel dünyanın değişik görünümleri, aynı paranın iki yüzü gibi. Ama dalga denklemlerinin bu yakınlık gösteren tanıdık oluşu ve bunların fiziğin (akışkanlardan optiğe, elektromanyetizmanın *Maxwell denklemleri*ne ve daha pek çoğu) birçok yerinde kendilerini göstermesinin (ardında yatmasından) dolayı pek çok kimsede dalga mekaniğinin diğer yaklaşımlardan daha temel bir şey olduğu izlenimi verse de bunun yerinde olmadığının bilinmesi gerekir.

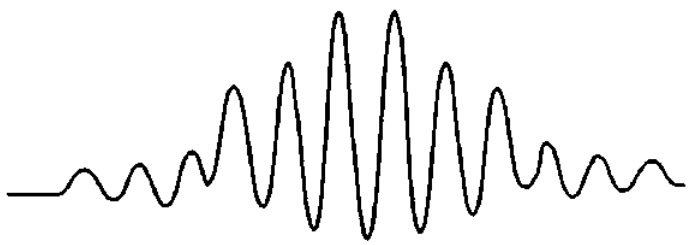
Bu özellikle ironiktir, çünkü dalga mekaniğinin diğer yapılımla eşdeğer oluşundan derin bir rahatsızlık duyan Schrödinger'in kendisiydi. Büyük bir çabayla kuantum fiziğini ansız kuantum sıçramaları gibi gizemlerden kurtarıp onu "akıl sağlığı"na kavuşturmaya uğraştı ama

kurtulmaya çalıştığı tüm gizemler, –kendi dalga mekaniğindeki bile– hâlâ ortada. Örneğin spinli[107] bir parçacık için dalga mekaniğinin bu dikkate alınmadan tam sonuç vermediğini hatırlayın; bunu gördüğünüzde sormalıydınız "bir dalga nasıl fırıldar?"

**dalga paketi//wave packet//** Uzayın küçük bir bölgesini kaplayan bir dalga treni. Günlük yaşamda karşılaştığımız, göldeki çırpıntılar gibi dalgalar büyük alanlara yayılmış olduklarından çırpıntı zincirlerinin (dalga treni) nereden başlayıp nereye gittiklerini görmek kolay değil. Ama elektron gibi bir kuantum varlığının hem parçacık hem de dalga gibi davranma fikrini bağdaştırabilmek için *Werner Heisenberg* 1927'de kuantum varlıklarını dalga paketleri olarak ele alma fikrini ileri sürüp bunu kuantum belirsizliği *fikri*yle bağlaştırdı.

Elverişli görünüm, uzanımı kısa küçük bir dalga yığını, kabaca eşdeğer parçacığın boyutlarında kısa bir dalga trenidir. Böyle paketlerin yapılımında pek bir zorluk olmayıp, işin içindeki matematik ve fizik çok iyi bilinir. Küçük bir yerde yerleşmiş bir dalga paketi yapmanın esas gereği değişik dalga boylarında birçok dalga alıp

bunların, birbirlerini paketin ötesinde götüreceği ve olduğu yerde de pekiştireceği gibi girişime uğramalarıdır. Dalga paketi küçük olduğu kadar bu iş için daha çok çeşit dalga gereklidir. İşin tersine, dalga boyları birbirlerine yakın az sayıda dalga kullanılırsa geniş ve yaygın bir dalga paketi elde edilir. Bu henüz kuantum etkileriyle ilgili olmayıp yaşadığımız dünyada hep olur ve havuzdaki çırpıntılar gibi dalga paketçiklerinin oluşmasında görülür.



*Dalga paketi. Farklı dalga boylarında birçok dalgayı bir araya getirip toplayarak istenildiği kadar küçük yerelleşmiş bir dalga paketi yapılabilir.*

Ama bir dalga paketinin yerelleştirilmesi için gereken dalga boylarının yaygınlığının kuantum fiziği için ciddi ilintisi vardır, çünkü dalga boyu momentumla ilişkilidir (bkz. *de Broglie*). Bir tek dalga boyu olan bir dalganın tek bir momentumu olur (aynı zamanda da

kapsamı sonsuz olmak durumundadır), ama farklı dalga boyları olan dalgaların bir karışımının momentumunda belirsizlik olacaktır. Dalga paketini daha kesin yerelleştirmek (yani onu daha küçültmek) istediğinizde daha çok çeşit dalga gerekir ve momentumunun belirsizliği büyür. Momentumunu daha kesinleştirmek istediğinizde ise daha az sayıda dalga gerekecek ve paketin yaygınlığı ve de konumunun belirsizliği artacaktır.

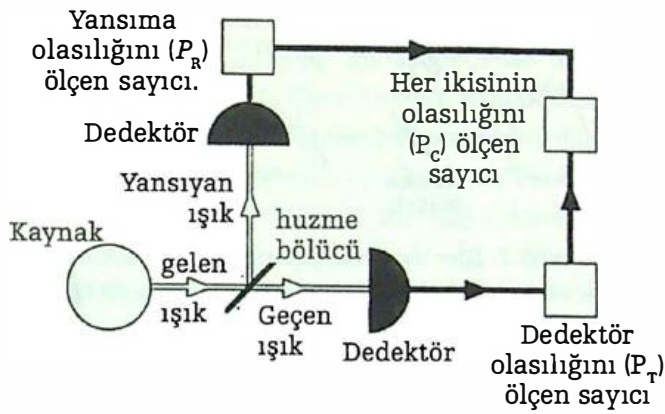
Bu aslında Heisenberg'i, artık kendi adıyla anılan belirsizlik ilkesine götüren düşünceydi. Ama elektronun bir dalga paketi olduğu düşüncesine kapılıp gitmeyin. Bir dalga paketinin nasıl yükü ya da spini olabilir ki? Kuantum dünyasının tüm betimlerinde olduğu gibi bu da sırf bir benzetim, yetersiz imgelemler için bir koltuk değneğidir.[108]

**dalga-parçacık ikiliği//wave-particle duality//** Kuantum varlıklarının koşullara göre parçacık ya da dalga olarak davranabilmeleri fikri. Bunlar dalgadır demek de değil, kesinlikle parçacık da. Bunların tam ne olduklarını bilebilmemizin bir yolu yok. Ama belli bir deneyde ne olup bittiğinin bir resmi ancak alıştığımız dünyadaki şeylerle benzetimler kurularak (bkz. ***modeller***) yapılabilir. Kuantum varlıklarının neye *benzediklerini* söyleyebiliriz, ne *olduklarını* değil.

Fizikçileri bu kavramı kuantum kuramı bağlamında geliştirmeye zorlayan iki klasik örnek ışık ve elektronlardır. 20. yüzyılın başında ışığın bir elektromanyetik dalga türü olduğu deneylerle sıkıca saptanmıştı. 30 yıl içinde ışığın (foton denilen) minicik parçacıklardan oluştuğuna ve elektronların dalga olduğuna ilişkin aynı derecede ikna edici deliller çıktı. Bu dalga-parçacık ikiliğinin kuantum dünyasındaki içkin ***belirsizlik***le ilgili olduğu da benimsenmiş oluyor. Bir parçacık genellikle uzayda belli bir yeri olarak ele alınırken, dalgaların yaygınlığı olup sözgelişi bir elektronun konumundaki belirsizlik bunun dalga doğasıyla bağlantılandırılabilir. Belirsizlik ile dalga-parçacık ikiliği matematiksel olarak ilişkilendirilebildiğinden bu, özellikle yararlı bir analojidir (bkz. ***dalga paketi***).

Dalga-parçacık ikiliği fikrini tatsız buluyorsanız sizi mutlu etmek için yapılabilecek hiçbir şey yok. Dünya işte böyle ve tek tesellimiz Planck sabitinin bu denli küçük olmasıyla bu etkinin yalnız küçük ölçeklerde, atomlar ve daha küçük varlıklar için önemli olması. Ama bu kuantum ölçeğinde çok önemli olup son yıllarda kuantum öncülerini bile hayrete düşürebilirdi (ve de belki şaşırtabilirdi). Niels Bohr ile Kopenhag düşünce okulunun dalga-parçacık ikiliği karşısında tutun-

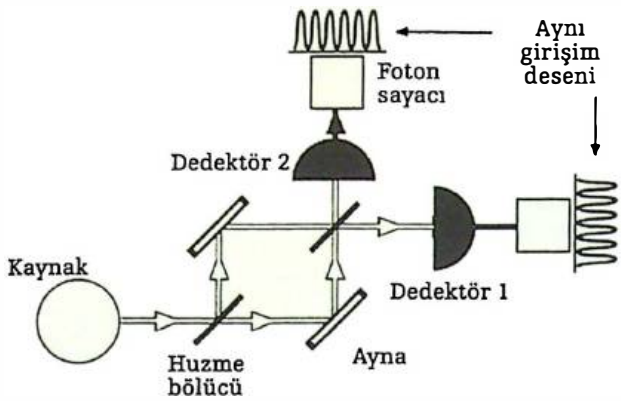
duğu huzur kırıntısı, bir kuantum varlığının hem bir parçacık hem de bir dalga olarak hiç görülememiş olmasıydı. Ama bu güvenlik çaresi de artık kaldırıldı.




*Dalga-parçacık ikiliği 1. Eğer ışık parçacıklar şeklinde gelse bu deneyde her foton yollardan birinden ya da diğerinden gitmeli.*
*Yarısı huzme bölücüden yansır, yarısı geçer ama hepsi bütün birer foton olarak. Son sayıcı hiçbir zaman iki buçuk foton geldiğini saptamaz; fotonlar her yoldan birer birer gelir. Araştırmacıların bulduğu da tam bu olup ışığın bir parçacıklar huzmesi olduğunu gösterir.*

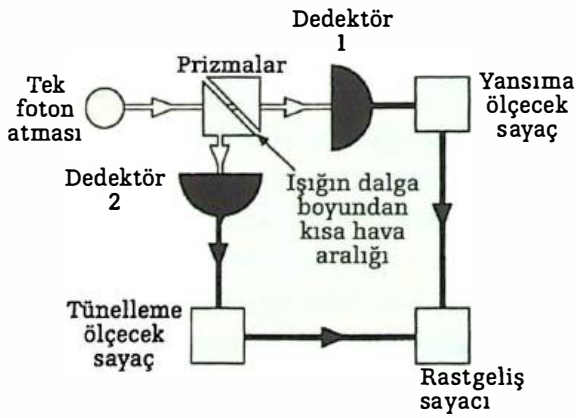
1980'lerin sonunda üç Hint fenbilimci, fotonların aynı anda tek tek hem parçacık hem de dalga olarak davrandığını gösterecek yeni bir deney önerisi yaptılar. Dipankar Hom, Partha Ghose ve Giriş Agarual, fotonların teker teker gönderileceği ve gidecekleri yolları seçebilecekleri bir deney önerdiler. "Yol kavşağı"nı, birbirlerine neredeyse değen iki üçgen prizmadan oluşan bir tür huzme ayırıcı sağlıyordu.

Prizmalar saydam malzemeden yapılmış basit üçgen bloklar olup birer köşeleri dik açılıdır. Böyle tek bir prizmanın "kare" yüzlerinden birisine dikey düşen bir ışık huzmesi "hipotenüs" yüzlerinden birisine içeride 45 derecelik açıyla düşer ve dik açıyla tam yansıma olur ve diğer "kare" yüzden çıkar. Eğer iki prizma birbirlerine hipotenüsleriyle değerek bir kare blok yapıyor ve ışık huzmesi bu yüzlerden birisine dik olarak düşüyorsa ışık blok içinden dosdoğru yansımadan geçerek diğer yandan çıkar. Ama iki hipotenüs yüz arasında minicik bir aralık varsa ışığın bir kısmı yansır ve bir kısmı aralıktan tünelleyerek dümdüz bir çizgi boyunca gidişini sürdürür (bkz. ***tünel olayı***).




*Dalga-parçacık ikiliği 2. Eğer deneyi değiştirip her iki yoldan gelen ışığın buluşup birleşmesine izin verilirse bir girişim deseni çıkar. Bu da ışığın bir dalga gibi davrandığını gösterir.*

Hilenin işe yaraması için aralık –ilgili ışığın dalga boyundan– gerçekten küçük olmalıdır. Aslında eğer aralık bir dalga boyundan küçükse ışığın bir kısmı orada olduğunun farkına bile varmadan aralığı geçer gider. Kuantum dünyasında bilindiği gibi öyküye olasılıklar ve istatistikler giriyor. Aralık küçüldükçe tünelleyen ışığın oranı artar; böylece tamı tamına ayarlanmış bir aralık ve belli bir dalga boyu için ışığın tam yarısı tünellenir tam yarısı da yansır. İşin özü şu ki yalnız dalgalar böyle tünelleyebilir; klasik parçacıklar tünelleyemez.




*Dalga-parçacık ikiliği 3. Bu temadan en son sapma değişik bir tür huzme bölücü kullanıyor. Prizmalar arasındaki açıklıktan yalnız dalgalar tünellenebilir. Ama yine de son rastgeliş sayacının her yoldan yarımşar fotonun eşzamanlı varışını kaydettiği görülmez. Aynı fotonlar aynı zamanda parçacık ve dalga davranışlarıyla yakalanıyor.*

Aslında bu deney sırf tek fotonlar kullanılarak Hamamatsu Photonics'ten Yutaka Mizobuşi ve Yoşiyuki Ohtake tarafından yapıldı. Deneylerinin inceliğine ilişkin bir fikir edinmek için aralığın ölçüsünün on milyarda bir metre yani ilgili ışığın dalga boyunun onda biri mertebesinde denetlenmek gerektiğini anlamak yeter. Işığın yansıma ve geçişine karşılık gelen iki ışık huzmesinin prizmalardan çıkacağı konumlara dedektörler konulmuş. Bu dedektörler tek tek fotonların kesin varış zamanlarını kaydediyor. Tek tek fotonlar bölünemediğine göre hava aralığına gelen bir fotonun yansıma ya da geçme olasılığı elli ellidir. Öyleyse eğer sayıcıların tıkırdamaları hiç rastlaşmazsa (yani birbirleriyle aynı anda olmazsa) bu, ışığın deneyde fotonlar olarak gittiklerinin kanıtıdır.

Ama deneyde doğru yolda giden fotonlar bunu ancak tünellemeyle yapabilirler ki başka deyişle bu dalga davranışı demektir. Deney yapıldığında araştırmacılar gerçekten de her iki kanalda da fotonların yarısını bularak bunların aralıktan dalga davranışıyla tünellediklerini kanıtladılar. Ayrıca dedektörlerin tam bir uyumsuzlukla tıkırtılarını bulmaları ise fotonların aralıkta parçacık olarak davrandıklarını ve ikiye bölünmediklerini gösterdi. Deneyin gözlediği her bir fotonun –aralıkla karşılaştığında– aynı zamanda hem dalga hem de parçacık olarak davranmasıdır. Bu da Niels Bohr'un temel ilkesi olan tamamlayıcılıkla çelişiyor. "Newton'dan üç yüzyıl sonra" diyor Home "kabullenmeliyiz ki 'ışık nedir?' sorusunu hâlâ yanıtlayamıyoruz."

1951'de Einstein eski dostu Michelangelo Besso'ya mektubunda "Bütün bu elli yıllık bilinçli kuluçka dönemin beni 'ışık kuantumları nedir?' sorusunun yanıtının yakınına bile getirmedi. Bugünlerde her önüne gelen bildiğini söylüyor ama yanılıyor." Bu durum 20. yüzyılın sonuna (hatta 21. yüzyılın ilk çeyreğine) gelirken Einstein'ın kuluçkaya yatmasından neredeyse 100 yıl (120 yıl) sonra hâlâ geçerli.

**dalga treni//wave "//** Bkz. ***dalga paketi.***

**Dalton, John (1766-1844)** İngiliz kimyacı. Kimyasal tepkimeleri açıklamak için atom kuramını kullanmış ve değişik kimyasal elementlerin atomlarının ağırlıklarındaki farklarla ayırt edilebileceklerini ileri sürmüştür.

Dalton'un doğum tarihi tam olarak bilinmiyor, ama 1766 Eylül başlarında ve İngiltere, Cumberland'da Eagelsfield'de doğdu. Yoksul bir dokumacının oğlu olup Quaker[109] olarak yetiştirildi. Yerel başöğretmen olan Elihu Robinson da Quaker'di ve yetkin bir öğretmen olup

fenbilimine, özellikle de meteorolojiye yakın ilgisi vardı. Dalton on iki yaşında yerel okulda asistan olarak öğretime başladı; bir yandan da toprakta çalışıyordu. Üç yıl sonra Kendal'da kuzenlerinin yönettiği Quaker okulunda ağabeyine asistanlığa başladı. 1785'te kuzeni emekli olduğunda Dalton müdür oldu ve Manchester Akademisinde öğretim görevlisi olduğu 1793'e kadar orada kaldı (bu arada Dalton'un Oxford ya da Cambridge'e gitmesi olanaksızdı, çünkü o sıralarda oralara girmek için Anglikan Kilisesine mensup olmak gerekiyordu). Dalton da ağabeyi de renk körüydüler; 1794'te yazdığı bu durumu betimleyen bir makaleden dolayı bu olguya "Daltonizm" de denir. 1799'da araştırmaya daha çok zaman ayırabilmek için akademiden ayrıldı. Geçimini 1833'e kadar özel dersler vererek sağladı. O yıl devletin bağladığı yılda 150 £ emekli maaşı 1836'da 300 £ oldu.

Dalton'un önde gelen üyelerinden olduğu Manchester Yazın ve Felsefe Birliği ona ana caddedeki bir binada araştırmaları ve dersleri için odalar tutmuştu. Kimyasal araştırmalarının yanı sıra günlük hava durumu kaydı tutuyordu. Bunlar meteoroloji tarihiyle ilgilenenler için çok değerli oldu. Atom kuramına ilgi duymasının sebebi iklimle ilgilenmesi olabilir. Çünkü atmosferi oluşturan farklı gazların ayrı katmanlar halinde olmak yerine niye karışık olarak durduklarını merak ediyordu. Dalton, bir gaz karışımındaki gazların her birisinin aynı hacimde tek başına olsaydı etkileyeceği basınca sahip olduğunu gösterdi (Dalton yasası). İlk atom ağırlıkları tablosunu 1803'te, atom kuramını açıkladığı *New System of Chemical Philosophy* (Yeni Kimyasal Sistem Felsefesi) adlı kitabının ilk cildini 1808'de yayımladı. Dalton, farklı element atomlarının farklı ağırlıkları olduğunu, atomların yaratılıp yok edilmediklerini ve kimyasal tepkimelerin atomların yerleşmelerindeki değişmeleri temsil ettiğini ileri sürdü. Bu 19. yüzyılda yeni fizik ve kimyadaki yeni işlerin büyük bir kısmına yol açtı.

Dalton ömrü boyunca hem Britanya'da hem de dışında geniş çapta takdir gördü. 27 Temmuz 1844'te öldüğünde Manchester Hükümet Konağı önüne konulan cenazesine saygı göstermeye 40.000 kişi geldi.

**Dalton yasası//Dalton law//** Bkz. ***Dalton, John.***

**Davisson, Clinton Joseph** (1881-1958) ABD'li fizikçi. 1937 Fizik Nobel Ödülünü, elektronun dalga doğasının saptanması için ***George Paget Thomson*** ile paylaştı.

Davisson 22 Ekim 1881'de Bloomington, Illinois'da doğdu. 1908'de lisans derecesini alacağı Chicago Üniversitesine yarı zamanlı ve burslu olarak girdi ve hocaları arasında bulunan *Robert Millikan*'ın öneri

ve tavsiyesiyle lisans öğrenimi sırasında bir yandan da –sonradan doktora öğrenimi göreceği– Princeton Üniversitesinde öğretim görevliliğiyle geçimini sağlıyordu. Lisans derecesini 1908'de, doktorasını 1911'de aldı. Davisson daha sonra altı yıl Pittsburgh'daki Carnegie Teknoloji Enstitüsünde çalıştı. Bu arada 1913 yazında ***Cavendish Laboratuarı***'na konuk oldu. Savaş sırasında New York'ta Western Electric Company'de çalıştı ve savaş sonrası da Bell Telefon Laboratuarları olan bu kurumda kaldı. Buradan 1946'da emekli olan Davisson Charlottesville'deki Virginia Üniversitesinde sekiz yıl konuk profesör olarak çalıştı.

1920'lerde Davisson elektronların metal yüzeylerinden yansımaları üzerinde çalışıyordu. 1926'da Britanya Fenbilimini İlerletme Birliğinin[110] bir toplantısına katıldığında ***Louis de Broglie***'ün, elektronların dalga gibi davranabileceğine ilişkin önerisini işitti. Bu ona asistanı Lester Germer ile birlikte elde ettikleri kimi sonuçların bu şekilde yorumlanabileceği fikrini verdi. Yaptıkları ek deneylerle durumu kanıtladılar.[111]

Davisson 1 Şubat 1958'de Charlottesville'de öldü.

**Davy, Humphrey (1778-1829)** Sodyum ve potasyum ***element***lerini keşfeden İngiliz kimyacı. Adı, kömür madenlerinde güvenle kullanılan bir fener tasarımıyla ölümsüzleşmişti.[112]

Davy 17 Aralık 1778'de İngiltere, Cornwall'da Penzence'de doğdu. Orta karar zengin bir aileden geliyordu. İyi bir klasik eğitime başladı; ama babası 1794'te ölünce okulu bırakarak kentteki cerrah-eczacı yanına çırak oldu. 1797'de Antoine Lavoisier'in *Traite Élémentaire de Chimie*'sini okuyarak kimyaya ilgi duydu ve 1798'de Bristol'da Tıbbi Pnömatik Enstitüsünde çalışmaya başladı; nitroz oksidin ("gülme gazı") tıbbi kullanımlarını inceledi.

1800'de Davy elektrokimya üzerinde çalışmaya başladı ve bir yıl sonra Londra'da yeni kurulan Kraliyet Kurumuna[113] geçti ve çalışma yaşamının sonuna kadar orada kaldı. Çok tutulan bir konferansçıydı ve Enstitüyü fenbilimini popülerleştirerek finansal başarılara götürdü[114] (kendisini de ünlendirdi). Davy'nin kimyanın gelişimine de önemli katkıları oldu ama Dalton'un atom kuramını geç kabullendi. Geriye bakınca kendi çağındaki ünü ve onurlandırılmalarının (1812'de şövalyelik de verilmişti) işaret ettiği kadar büyük bir bilim insanı sayılmayabilir. Davy'nin bilime en önemli katkısı herhalde 1813'te Michael Faraday'ı yanına asistan almaya karar vermesidir. Davy 1827'de hastalandı ve sağlığını kazanmak umuduyla Avrupa'ya gitti; ancak 29 Mayıs 1829'da Cenevre'de kalp krizinden öldü.

De Broglie Bkz. *Broglie, Louis Victor Pierre Raymond, Prince de.*

De Broglie dalga boyu//De Broglie wavelength// Elektronlar gibi parçacık olarak düşünegeldiklerimiz dahil tüm kuantum varlıklarına ilişkin dalga boyu. Bu dalga boyu kuantum varlığının ***momentumuna*** şöyle bir denklemle bağlıdır: dalga boyu × momentum = *h*. Burada *h* Planck sabitidir. Bu dalga-parçacık ikiliği kuantum belirsizliğiyle sıkı sıkıya bağlıdır. Bkz. ***belirsizlik.***

Debye, Peter Joseph Willem (1884-1966) Hollanda doğumlu kimyacı (doğumunda adı Petrus Josephus Willhelmus Debije). 1946'da ABD vatandaşı oldu. Molekül yapıları üzerine çalışmalarıyla 1936 Nobel Kimya Ödülünü aldı.

Debye 24 Mart 1884'te Maastricht'te doğdu. Aachen (Almanya sınırının hemen ötesinde) Yüksek Teknik Okulunda okuyarak 1905'te elektrik mühendisi oldu. Sonra Münih Üniversitesinde (Aachen'de de hocalarından birisi olan) ***Arnold Sommerfeld***'le çalıştı ve 1910'da doktorasını aldı. İzleyen on beş yıl boyunca birçok yüksek düzey görevde bulunduktan sonra 1927'de Leipzig'de karar kıldı. Bu arada özgül ısılar,[115] X ışınlarının kırınımı ve moleküllerin kalıcı dipol momenti (mıknatıs çubuğunun elektrik karşılığı) olduğu fikri üzerine çalıştı. 1934'te Berlin'e giderek Kaiser Wilhelm Enstitüsünün (sonradan Max Planck Enstitüsü) başına geçti ama Hollandalı olduğu için Nazi yetkilileriyle anlaşmazlıklara düştü. 1940'ta Almanya Hollanda'yı işgal ettiğinde NewYork-Ithaca'daki Cornell Üniversitesini ziyaret etme basiretini gösterdi ve 1952'de emekli olana dek kimya profesörü olarak orada kaldı. Debye 2 Kasım 1966'da Ithaca'da ölünceye kadar fenbilimi çalışmalarını sürdürdü.

değerlilik//valency/valence// Belli bir ***element***in ***atom***larının diğer atomlarla bağlaşma yetisinin bir ölçüsü. Bu, söz konusu elementin bir tek atomunun birleşebileceği hidrojen atomlarının sayısıyla ölçülür. Örneğin oksijenin değerliliği 2'dir, çünkü hidrojenle birleşerek $H_2O$ yapar; karbonun ise 4'tür çünkü hidrojenle birleşip $CH_4$ yapar. Bu, oksijen ile karbonun birleşip $CO_2$ yapışıyla tutarlıdır; ancak her şey bu kadar basit olmayabilir ve kimi koşullarda değerliliği tam anlamıyla kullanmayan bileşikler de (CO gibi) olabilir.

Değerlilik aslında bir atomun başka atomlarla ***kimyasal bağ*** oluşturmak için en dış ***tabaka***sında bulunan elverişli elektron sayısıyla ilişkilidir.

değerlilik kuarkları//valence quarks// Bir ***baryon*** (üç kuark) ya da ***mezon***un (iki kuark, biri karşı-kuark) içeriği olan "gerçek" kuarklar. Bu,

baryon ve mezonlar saçılma deneylerinde yoklanırlarken davranışlarını açıklayabilmek için içlerinde bulunmaları gereken ***sanal parçacıkları*** dışlar. Bu ***parton*** modeli, her bir (örneğin) nükleonun yalnız üç değerlilik kuarkıyla değil, bir sanal kuark/karşı-kuark ve ***gluon*** denizi şeklinde partonlarla doldurulmuş bir kutu gibi olduğunu söyleyerek saçılma deneylerinin gözlenen sonuçlarını açıklıyor.

**değişmez//invariant//** Bkz. ***değişmezlik***.

**değişmezlik//invariance//** Bir dönüşüm grubunun etkisi altında değişmeme özelliği (Bkz. ***grup kuramı***). Bir şeyi değişmeden bıraktığından her simetri işleminin, kendisine ilişkin bir korunum yasası bulunur. Simetri gruplarının bu özelliği Nöther teoremi olarak bilinir. Korunum yasaları Evrende olup bitene götürecek en önemli kılavuzlardır. Çünkü bunlar ne türlü etkileşmelerin *olamadığını* belirtir. Fizikte güvenilir bir el yordamı sıkı sıkıya yasaklanmayanın zorunlu olmasıdır.[116] Klasik mekanik çerçevesinde dünyanın nasıl işlediğini belirleyen değişmezleri belirleyenler, enerji ve kütle korunumu (aslında bunlar Einstein'ın $E = mc^2$ denklemiyle bağlı olduklarından sırf enerji korunumu yeter), doğrusal momentum korunumu, açısal momentum korunumu ve elektrik yükü korunumudur. Kuantum dünyasında lepton sayısı, baryon sayısı gibi (hemen hep korunan! bkz. ***büyük birleşik kuramlar***) başka değişmezlerin yanı sıra kimi etkileşmelerde korunan diğerlerinde korunmayan başka özellikler de (örneğin ***izotopik spin*** yeğin etkileşmelerde korunurken zayıf etkileşmelerde korunmayabiliyor) bulunuyor.

**değiş tokuş kuvveti//exchange force//** Parçacık değiş tokuşuyla oluşan kuvvet. Örneğin yeğin kuvvet kuarklar arasında ***gluon*** değiş tokuşuyla işler. Bkz. ***doğa kuvvetleri***

**dejenere durumlar//degenerate states//** Bir sistemin iki ya da daha çok kuantum durumu içeren enerji düzeyi. Aynı enerji düzeyinde bulunan iki ya da daha çok kuantum durumu.

**dejenerelik basıncı// degeneracy pressure//** Bkz. ***dejenere gaz***

**dekompozisyon/ayrışma//decomposition//**

**De Maupertuius** Bkz. ***Maupertuius, Pierre Louis Moreau de.***

**Demokritos, Abderalı (yaklaşık BÇE 460-370)** En çok, Leukippos'tan edindiği atom kuramını geliştirmesiyle bilinen Yunan filozof. Batı Trakya'daki Abdera'da doğan Demokritos'a göre dünya ve dünyadaki canlı, cansız her şey yalnız vakum ve atomlardan, yani sonsuz sayıda

minik, sert, bozulmaz, çeşitli biçim ve renkte birbirleriyle çengel ve gözlerle bağlanan parçacıklardan oluşmuştur.

**depolama halkası//storage ring//** Kimi ***hızlandırıcı***larda parçacıkları çarpışmalarda kullanmak için uygun zaman gelene kadar tutmakta yararlanılan sistemler. Parçacıklar yüksek enerjilere hızlandırılarak manyetik alanlarla yönlendirildikleri halkalarda dolanıp dururlar. Klasik depolayıcı halka sisteminde iki halka bulunur. Bunlardan birisinde bir ***elektron huzmesi***, diğerinde ise ***pozitron*** huzmesi zıt yönlerde dolanırlar.

**derinliğine esneksiz saçılma//deep inelastic scattering//** Çok yüksek enerjilerde olan ve hedef parçacığı çarpışmada parçalayan ***esneksiz çarpışma***. Bkz. ***partonlar***.

**Descartes, René du Perron (1596-1650)** Fransız matematikçi ve filozof. Matematiksel (cebirsel) bağıntıları geometriyle (ve de tersini) gösteren ve adıyla anılan Kartezyen (Cartésien/Cartesian) sistemi –örneğin $y = x^2$ denklemini kendi icadı olan koordinat sisteminde eğrilerle (burada parabol) ve de eğrileri böylesi denklemlerle göstermek gibi– geliştirdi.

31 Mart 1596'da Touraine, La Haye'de doğan Descartes La Flèche'de'ki Cizvit Kolejine gittikten sonra Poitiers Üniversitesinde okuyarak 1616'da hukuku bitirdi ama zamanının çoğunu fen ve matematik okuyarak geçirdi. Avrupa'yı devlet hesabına gezmek için askeri mühendislik yaptı ama alışılmış bir asker olmaktan çok zamanının mümkün olduğu kadar çoğunda sırt üstü yatıp düşünceye dalıyordu. 1622'de Fransa'ya dönerek miras kalan mülkünü yapacağı yeni geziler için sattı. Sonunda 1628'de Hollanda'ya yerleşti 1649'da Stockholm'a Kraliçe Christina'ya felsefe öğretmesi için İsveç sarayından çağırıldı. Başkasının hesabına dünyayı gezmek için çok iyi bir fırsat gibi görünüyordu. Ne yazık ki Stockholm'a vardığında Kraliçe derslerin her gün sabahın 5'inde olmasını istiyordu. Rahatına düşkün olan Descartes için bu şok etkisi yaptı, ama geri çekilmek için çok geçti. Bu düzen İskandinavya kışının derinliklerinde ona çok fazla geldi; soğuk aldı ve 11 Şubat 1650'de öldü.



*René Descartes (1596-1650)*

**DESY** Hamburg'un banliyösünde Deutsches Elektronen Synchotron (Alman elektron sinkrotronu) denilen parçacık hızlandırıcısının kısa adı. DESY, ***SLAC*** ile birlikte önde gelen elektron-pozitron hızlandırıcı-çarpıştırıcılarından olup 1970'lerde kuarkların varlığının ortaya konulmasında yardımcı oldular.

**determinant** Bkz. Jakobiyen.

**devinen ayna ışıması//moving mirror radiation//** Uzayda belli bir tarzda devinen bir aynanın ***Casimir etkisi***ne analog bir süreçle ***kuantum vakumu***nun enerjisinden gerçek fotonlar üretmesi. Yalnız değişken ivmeli devinimlerde söz konusu olan bu süreç durağan bir ayna ve (özel görelilik gereği) sabit vektörel hız için olduğu kadar düzgün ivmeli bir hareket için de görülmüyor. Bunu ilk hesaplayan Paul Davies (Stephen Fulling ile birlikte) bunun etkinliğini "acınacak derecede zayıf" olarak betimlerken, tek bir aynadan ele gelir sayıda fotonun yaratılması için ivmenin olağanüstü büyüklükte kuvvetlerce verilmesi gerektiğini söylüyor. Başka araştırmacılara göreyse iki devinen ayna Casimir etkisindekine benzer bir konumda kullanılırsa etki yükseltilebilir. Bu, aynalar arasındaki açıklıkta olacak rezonansla kendisini gösterebiliyor.

Bu iki yolla ediniliyor: ya bütün kovuğu olduğu gibi ileri geri götürüp getirerek ya da aynaları birbirlerine karşı zıt fazda yaklaştırıp uzaklaştırarak. Aynalı sistem kırılmayacak kadar kuvvetli olarak verilen devinimle saniyede on fotona kadar üretilebileceği kestirilmekte. Deney başarıyla gerçekleştirildiğinde vakumun kuantum kuramının lehine doğrudan bir delil elde edilmiş olacaktır.

**momentum//momentum//**[117] Bir nesnenin kütlesi ($m$) ile hızının ($v$) çarpımı olup tarihsel sebeplerle $p$ harfiyle gösterilir, yani $p = mv$ (hızın –aslında hız vektörünün– temel özelliğinden dolayı momentum da bir vektörel niceliktir, yani p). Bir cismin, kuvvet etkilemedikçe momentumu değişmez. Bu klasik mekaniğin temel yasalarından birisidir (Newton'ın birinci yasası). Newton momentumun zamanla değişiminin, etkileyen kuvvete eşit olduğunu da bulmuştu (ikinci yasa). Newton'ın üçüncü yasası ise temelinde momentum korunumundan başka bir şey değildir. Bkz. ***açısal momentum***, ***Newton yasaları***.

**dışarlama ilkesi//exclusion principle//** ***Wolfgang Pauli***'nin 1925'te geliştirdiği ilke. Buna göre hiçbir ***fermiyon***un ikisi aynı kuantum durumunda bulunamazlar (aynı ***kuantum sayısı*** takımları edinemezler). Bir atomdaki elektronların, hepsinin en düşük enerji durumunda bu-

lunmak yerine değişik enerji düzeylerinde yerleşmesini işte bu kuantum dışarlaması gerektiriyor. Kuantum dışarlaması olmasaydı kimya olamazdı.

**dielektrik sabiti//dielectric constant//** Bkz. ***izinlilik***

**alt kuark (b kuark)//bottom quark//** Değişik ***kuark*** tiplerini ayırt eden altı *çeşni*den birisi. Önceleri "güzellik" olarak adlandırılmıştı.

**dipol** Bu terimin çok çeşitli kullanımları vardır (örneğin bir tür anten). Parçacık fiziğinde genellikle elektrik ya da manyetik etkinin belli bir dağılımını belirtir. Belli uzaklıkta iki zıt kutup (ya da yük) ifade eder. Bir mıknatıs çubuğu en bilinen dipol olup sanki belli uzaklıktaki bir kuzey ve bir güney kutuptan yapılmış gibi davranır. Bir molekülün elektrik yük dağılımı bir bölgesinde elektron fazlası doğurabilir. Bu sanki molekülün bir yerinde artı bir ucunda da eksi yük yoğuşumu varmış gibi olabilir. Bunlar arasındaki etkin uzaklıkla bir yük yoğuşumunun çarpımı molekülün dipol ***momenti***dir. Parçacıklar nötr olsa da dağılımdan ya da yapıdan dolayı dipol momentleri olabilir.

**dipol momenti** Bkz. ***dipol.***

**Dirac, Paul Adrien Maurice (1902-1984)** İngiliz fizikçi ve kuantum kuramının öncülerinden olup 1933'te ***Schrödinger*** ile birlikte Nobel Fizik ödülünü aldı.

Dirac 8 Ağustos 1902'de Bristol'da doğdu. İsviçre'den gelmiş olan babası kentteki Merchant Venturer'in Teknik Kolejinde Fransızca öğretmeniydi (annesi İngiliz). Dirac da aynı okulda okuduktan sonra Bristol Üniversitesinde elektrik mühendisliği öğrenimi gördü. 1921'de bitirince devam ederek matematik diplomasını 1923'te aldı. Ardından Cambridge Üniversitesinde fizik ve gökbilimi profesörü Ralph Fowler'in yönetiminde doktoraya başladı. Kuantum fiziğini ilk kez burada duydu.

1925'te ***Werner Heisenberg*** Cambridge'te bir konuşma yaptığında dinleyiciler arasında Dirac da vardı. O konuşmada Heisenberg yeni kuantum fiziğine ilişkin fikirlerine değinmedi ama bunlardan Fowler'a özel olarak söz etti ve ona ağustos ortasında, kuantum mekaniğine matris yaklaşımı üzerine ilk makalesinin bir ön kopyasını gönderdi. Fowler henüz yayımlanmamış olan makaleyi Dirac'a gösterdi. Dirac bundan giderek kendi matematik temelini de kullanıp kuantum kuramının (operatör kuramı ya da kuantum cebiri denilen) kendi biçimini geliştirdi ve bu Aralık 1925'te *Proceedings of the Royal Society*'de yayımlandı.



*Paul Dirac (1902-1984)*

1926'da doktorasını aldıktan sonra Dirac Kopenhag'da ***Niels Bohr***'un enstitüsüne konuk oldu ve orada hem Heisenberg'in matris mekaniğinin hem de Schrödinger'in dalga mekaniğinin kendi operatör kuramının özel halleri olduklarını, dolayısıyla kesinkes eşdeğer olduklarını gösterdi. Aynı yıl ***Eugene Wigner***'in kız kardeşi Margit Wigner ile evlendi. İngiltere'ye dönmeden önce de Göttingen'e uğradı.

Dirac 1927'de kuantum fiziğine ***ikinci kuantumlama*** fikrini getirerek kuantum alanlar kuramının gelişme yolunu açtı. Aynı yıl Cambridge Üniversitesinde St. John Koleji üyesi ve öğretim görevlisi oldu. İzleyen birkaç yıl içinde ABD'de öğretim yaptı ve Japonya'yı ve Sibirya'yı ziyaret etti. Onun fiziğe en büyük katkısı olarak görülen şey 1928'de geldi. Hem kuantum fiziğini hem de özel göreliliğin gereklerini birleştirerek elektronun tam bir betimini veren bir denklemi elde etti. Bu denklemin en çarpıcı niteliklerinden birisi iki çözüm takımı veriyor olmasıydı. Birisi pozitif enerjili, diğeri ise negatif enerjili elektronlara karşılık geliyordu. Bu "negatif enerjili" elektronlar artık ***pozitron*** olarak biliniyor. Dirac karşı-***madde***nin varlığını önsöymüştür. Ama ***Carl Anderson*** 1932'de pozitronları keşfedene dek Dirac bile bu denklemlerin tam ne anlama geldiklerinden emin değildi. O yıl Cambridge'teki Lucas Kürsüsü profesörlüğüne[118] getirildi, ertesi yıl da Nobel Fizik ödülünü paylaşması da rastlantı değildi elbette.

Dirac, spinleri buçuklu çok sayıda parçacığın davranışının uyduğu istatistiksel yöntemi elde etti. Bunlar bağımsız olarak ***Enrico Fermi*** tarafından da bulunduğu için buna Fermi-Dirac istatistiği, buna uyan elektron gibi parçacıklara da ***fermiyon*** denilir.

1930'da Dirac, *The Principles of Quantum Mechanics* (Kuantum Mekaniğinin İlkeleri) adlı kitabını yayımladı. Bu, konunun ilk sistemli incelenişi olup yıllarca fizikçi kuşakları için en temel kitap oldu (örneğin genç ***Richard Feynman*** için esin kaynağı olmuştu) ve yıllar içinde elden geçirildi; hâlâ kullanılmaktadır. Dirac bundan sonra fiziğe önemli bir katkıda bulunmadı (ancak 1950'de yayımladığı bir ma-

kalede temel parçacıkların sicimsi bir yapısı olduğunu öneriyordu[119]) ve de kuantum alanlar kuramının bütünleyici bir parçası olan yeniden boyutlandırma sürecinden (bkz. ***kuantum elektrodinamiği***) memnun değildi. Yeni Zelanda'daki bir konferansta şöyle demişti:

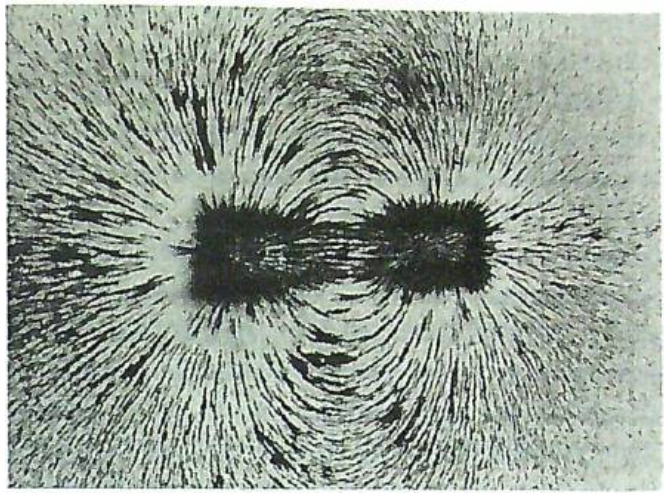
> Şunu demeliyim ki bu durum beni hiç tatmin etmiyor. Çünkü bu "iyi kuram" denilen şey denklemlerdeki sonsuzlukların yadsınmasını içerdiği gibi bu yadsınmaları keyfi olarak yapmakta. Bu hiç de makul bir matematik değil. Makul matematik bir şeyin yadsınmasını eğer çok küçükse içerir, sonsuz büyüklükte ve istenmediği için değil!

Dirac çok gezginciydi. Birçok ABD Üniversitesinde konuk öğretim üyesi olarak bulundu ve Princeton İleri Araştırmalar Enstitüsünde konuk oldu. Cambridge'ten emekli olduktan sonra Tallahassee'deki Florida Eyalet Üniversitesinde araştırma profesörü oldu ve 20 Ekim 1984'te orada öldü. Dirac genellikle İngiliz fizik büyükleri arasında Newton ile aynı düzeyde tutulan tek kuramcıdır.

**diyamanyetiklik** bkz. ***geçirgenlik***.

**doğa kuvvetleri//forces of nature//** Temel parçacıklar arasında etkili olduğu bilinen yalnız dört kuvvet bulunuyor. Bunların ikisi olan kütleçekim ve elektromanyetizma uzun erimli olduklarından alıştığımız dünyadan tanıdıktır. Diğer ikisi ise yeğin ve zayıf çekirdek etkileşmeler (kimi zaman sırf yeğin ve zayıf kuvvetler olarak bilinirler) olup, erimleri kabaca atom çekirdeği boyutu mertebesinde (bu bir rastlantı değildir çünkü çekirdeklerin boyutları bu kuvvetlerin erimleri dolayısıyla o kadardır) olup fizikçiler maddenin yapısını bu boyutlarda incelemeye başladıktan sonra keşfedildiler. Doğa kuvvetleri temel kuvvetler ya da temel etkileşmeler olarak da bilinirler.

Kütleçekim, aslında dört kuvvetin en zayıfı olsa da bilimsel olarak ilk inceleneni olup doyurucu bir fen kuramıyla –Newton'ın kütleçekim kuramı– ilk açıklananıdır. Bunun sebebi kütleçekimin birikimcil olmasıdır; bir yığına katılan her madde kırıntısı yığının bütün çekim etkisine katkıda bulunur. Kütleçekimin erimi de çok uzundur; etkisi yığından uzaklaştıkça uzaklığın karesiyle ters orantılı olarak azalır ki bu ilke bakımından sonsuza dek uzanacağı anlamına gelir. Dolayısıyla Güneş gibi $1{,}9891 \times 10^{30}$ kg kütlesindeki bir nesne çevresine çok yeğin bir çekim etkisi yapar. Bu çevresindeki gezegenleri eliptik yörüngelerde tutmaya yeterek Newton'a kütleçekimin ters kare yasasıyla işlediğinin[120] delillerini verdi.



*Doğa kuvvetleri. Bir mıknatısın üzerine konan beyaz kâğıda demir tozları serpiştirdiğimizde doğa kuvvetlerinden birini (manyetizma) iş başındayken görebiliriz. Demir tozları iki kutup arasındaki kuvvet çizgilerine göre hizalanırlar. Bkz.* ***Faraday, Michael.***

Elektromanyetizma kütleçekimden çok daha yeğindir; ama hem elektrik hem de manyetizmanın birikimi kütleçekim gibi değildir. Bunlar ikişer çeşittir –artı ve eksi yük ile güney ve kuzey kutuplar– ve birbirlerini götürme eğiliminde olup genel etkiyi düşürürler. Elektrik ve manyetizma önceleri iki ayrı kuvvet olarak bilinip kütleçekim benzeri ters kare yasasına uyarak iki ayrı bağıntı takımıyla betimleniyorlardı. Ama 19. yüzyılın ikinci yarısında ***James Clerk Maxwell*** hem elektriği hem da manyetizmayı (ters kare yasasıyla tamamlanmış olarak) bir arada betimleyen birleşik bir denklem takımı keşfetti. Bu, birleştirmedeki ilk başarılı girişim olup Maxwell denklemlerinin tek bir kuvvet olan elektromanyetizmanın değişik yüzleri olduğunu gösteriyor. Tıpkı kütleçekimin ters kare yasasının fizikçilere elektrik ve manyetizmanın ters kare betimlerini geliştirmeleri için esin yaratması gibi elektrik ve manyetizmanın birleştirilmesi de fizikçilere doğa kuvvetlerini daha da birleştirme girişmelerine esin sağladı; erekleri tüm kuvvetlerin tek bir üstün kuvvetin değişik yüzleri olarak betimleyecek bir denklem takımı bulmaktı.

Her ne kadar Newton'ın bilmesi hiç mümkün değilse de, ağaçtan bir elma düştüğünü gözlerken bir yandan da kütleçekim ve elektromanyetizmanın bağıl yeğinliklerinin bir gösterimine de tanık olmaktaydı. Elektromanyetik kuvvetler kendilerini küçük ölçeklerde (moleküller, atomlar ve atomaltı ölçülerinde) ortaya koyarlar; burada elektrik yü-

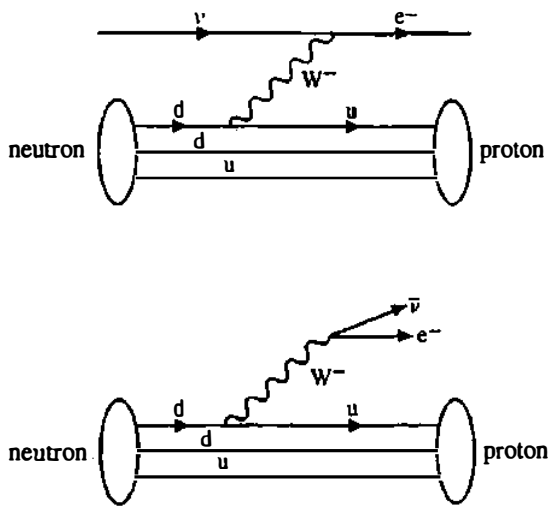
künün belli bir türü küçük bir hacimde diğerine baskın olabilir. Atomlarda elektronlar ile çekirdekleri bir arada tutan, atomları bir arada tutarak molekülleri yapan elektromanyetik kuvvettir. Dolayısıyla elmanın sapı da komşu atom ve moleküllerin arasında işleyen elektromanyetik kuvvetlerle bütünleşmişti. Sapı kopup elma ağaçtan düşmesi *D*ünya'nın bütünüyle (içerdiği 5,976 × $10^{24}$ kg) kütlenin sapın içindeki birkaç molekül arasındaki elektromanyetik bağı kopartmayı ancak başarmasıyla olmuştur.

Peki, eğer elektromanyetizma çok yeğinse, atomun çekirdeğindeki artı yük derişimi çekirdeği niçin darmadağın etmiyor? Çünkü bir de çok daha yeğin bir kuvvet var, yeğin çekirdek kuvveti; bu, atom çekirdeği ölçeğindeki elektrik itmesini bastırarak nükleonları (yeğin kuvveti hem nötronlar hem de protonlar hissederler) bir arada tutar. Bu kuvvet bir ters kare yasasına uymaz. Nötron ve protonları çekirdek içinde bir arada tutar görünen kuvvet aslında nükleonların içinde daha derinde işleyen bir kuvvetin yapıtıdır. Bu gerçek yeğin etkileşme olup aslında ***kuark***lar arasında doğrudan ***gluon*** değiştokuşuyla işler. Bunun erimi sınırlıdır çünkü gluonlar (elektromanyetik kuvveti taşıyan fotonlar ile kütleçekimi taşıyan gravitonların aksine) kütlelidir.[121] Gluonlar gibi kuvvet taşıyıcılarının erimleri kütleleriyle ters orantılı olduğundan kütle arttıkça erimleri kısalır. Kuvvet tek tek nükleonlardan sızarak komşu parçacıkları etkiler ama çekirdeğin dışına erişemez (bu kabaca benzer şekilde proton ya da nötrondaki bütün elektrik yükü aslında kurucu kuarklarının toplam yüküdür; ama bu durumda da bir net yük kalıyorsa bunun etkisi ancak uzaklıkla ters kare bağlı olarak azalır). Yeğin kuvvet elektromanyetik kuvvetten 100 kat kadar yeğin olup bundan beklenebileceği gibi en ağır kararlı çekirdeklerde çekirdek başına 100'den biraz az proton bulunuyor (Plütonyumda 94). Daha da eklenirse elektriksel itmenin hepsi (ki yükler hep aynı türse *eklenirler*) yalnız komşu nükleonları etkileyen yeğin kuvveti bastıracaktır.

Yeğin kuvvetin özellikle belirgin bir özelliği var. Eriminin sınırına kadar daha uzaktaki kuarklar için aslında *daha* yeğindir. Kuarkların hadronların içinde tutsak olmasının ve hiçbir zaman yalın olarak görülmemelerinin sebebi budur. Bkz. ***tutsaklık.***

Zayıf kuvvet ise kütleçekim ve elektromanyetizmayla olan deneyimlere dayanan gündelik kuvvet kavramına çok daha az benzer. Bu sebeple de doğa kuvvetleri yerine kimi bakımlardan temel etkileşmeler demek yeğlenebiliyor. Diğer kuvvetler gibi bunun işlemesi de ulak parçacıkların değiştokuşuyla (bu örnekte ***aracı vektör bozonlar***) olur

ve gluonlar gibi bu ulak parçacıkların da kütleleri bulunduğundan zayıf kuvvetin erimi de sınırlıdır. Ama parçacıkları itip çekme yerine *bu* ulakların değiştokuşu onları takas eden parçacıkların cibilliyetini değiştirir. Zayıf etkileşme leptonları ve de hadronları, ***beta bozunması*** denilen süreçle etkiler Beta bozunmasında bir nötron bir elektron ve bir karşı-nötrino salarak kendisini bir protona dönüştürür. Zayıf etkileşme cinsinden bu gelen bir nötrino (salınacak karşı-nötrinonunki) ile nötronun içindeki aşağı kuarkın etkileşmesi olarak betimlenir. Aşağı (*d*) kuark, nötrino ile bir $W^-$ parçacığı (aracı vektör bozonlardan birisi) değiştokuş ederek kendisini bir yukarı (*u*) kuarka ve nötrinoyu da elektrona dönüştürür. İşe karışan bozonlar büyük kütlelerinden dolayı çok kısa erimli olduğundan bu zayıf etkileşmeler neredeyse bir noktada olur.




*Doğa kuvvetleri. Bir nötronun kendisini bir protona dönüştürdüğü beta bozunması süreci, nötronun içindeki kuarklar etkileyen zayıf etkileşme cinsinden anlaşılabilir. Bir aşağı (d) kuark bir W parçacığı salarak yukarı (u) kuarka dönüşür. W parçacığı da çabucak bir elektrona ve bir karşı-nötrinoya (altta) bozunarak nötrinoyu bir elektrona dönüştürür (üstte).*

Kuramsal fiziğin 20. yüzyılın ikinci yarısındaki en büyük başarılarından birisi *Muhammed Abdüsselam* ve ***Steven Weinberg*** tarafından 1967'de yapılan keşifti. Bunda zayıf etkileşme ile elektromanyetik etkileşmeyi tek bir matematiksel formülasyonla, tek bir elektrozayıf kuvvet olarak betimliyorlardı (kuram 1970'te Sheldon Glashow tarafından genişletilip genelleştirildi). Kuram zayıf etkileşmeleri, fotonla

benzeşik ama kütleli üç aracı vektör bozonla (adları $W^+$, $W^-$, $Z^0$) açıklarken bozonların kütlelerini de önsöyüyor (kütleler erken 1980'lerde CERN'deki deneylerde tamı tamına gözlenerek kuramın kesinliğini onadı). Elektromanyetizma ile zayıf etkileşmenin birleştirilmesi, elektrik ve manyetizmanın tek paket halinde elektromanyetizma yapılması kadar mükemmel değil ama parçacık fiziğinin standart modelini kurmak, yani fizikçilerin yeğin kuvveti de paketin içine alarak birleştirmeyi artırmak için ana örnek oldu. Demek ki belki de artık dört değil üç doğa kuvveti –kütleçekim, elektrozayıf kuvvet ve yeğin kuvvet– olduğu düşünülmeli.

Bu dört kuvvetin bağıl yeğinlikleri sayısal olarak yeğin kuvvetinkine 1 diyerek belirlenebilir. Bağıl yeğinliklerin kesinkes sayısal değerleri bunların nasıl ölçüleceğinin seçilmesine bağlıdır, ama işin içindeki temel sabitler cinsinden yuvarlak sayılar kullanırsak elektromanyetik kuvvet 1/137 (ya da $10^{-2}$ kadar), zayıf etkileşmenin yeğinliği ise $10^{-38}$ kadardır.

Bkz. ***beşinci kuvvet, büyük birleşik kuramlar.***

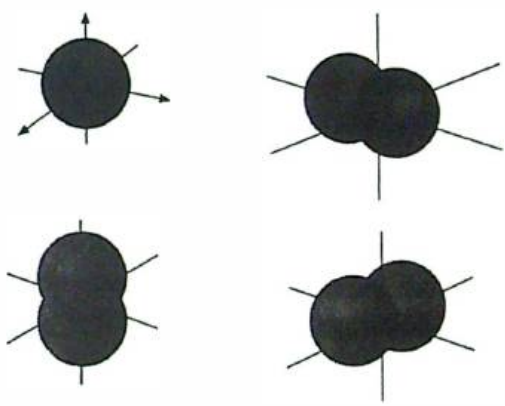
Ek okuma: Frank Close, *The Cosmic Onion*, G. D. Coughland and J. E. Dodd, *The Idea of Particle Physics.*

**doğal birimler//natural units//** Fiziğin temel sabitleri olan ışık hızı, Planck sabiti ve Boltzmann sabitinin, değerleri 1 alınarak tanımlandığı birimler sistemi. Böylece fizikçilerin daha basit görünüşlü, yani $c$ ve $h$ gibi simgelerin kalabalığından temizlenmiş denklemlerle çalışma olanağı sağlar. Örneğin doğal birimler cinsinden Einstein'ın $E = mc^2$ denklemi $E = m$ şeklini alır. Çoğu kez fizikçiler parçacık kütlelerini, $c^2$'yi atıp bir enerji birimi olan elektronvolt ile verirler. Gerektiğinde ya da istediğinizde hesaplamanın sonunda $c^2$ gibi çarpanları geri koyarak sayısal değeri alışılmış birimler cinsinden (bu örnekte gram) bulabilirsiniz. Işık hızının 1 olarak tanımlanması kafa karıştırabilir ama aslında bu apaçık. Bu zamanı saniye, uzaklıkları ise "ışık-saniye" ile ölçmeye eşdeğer, öyle ki ışık, saniyede 1 ışık-saniyelik hızla gidiyor demektir. Diğer sabitler de benzer şekillerde tanımlanabilir.

**doğrusal hızlandırıcı//linear accelerator//** Hızlandırma işini çemberler ya da spirallerde değil doğru çizgiler boyunca yapan parçacık hızlandırıcıları. Bunların öncüleri arasında ***John Cockroft*** ve ***Ernest Walton***'un yaptıkları ilk örnek ile Stanford doğrusal hızlandırıcısı (***SLAC***, 3 km uzunluğunda elektron "tüfeği") bulunur.

**yörünge//orbit//** Bir nesnenin bir diğer nesnenin kütleçekim (ya da başka bir kuvvet) alanında –örneğin *D*ünya'nın Güneş çevresinde ya da yapay bir uydunun *D*ünya çevresinde– devinimi. Yörüngenin kapalı bir yol olması gerekmez; Güneş çevresinden dolanan kuyrukluyıldızlar gibi parabol[122] ya da hiperbol da olabilir. Gezegen yörüngelerine benzeşik olarak bu terim Bohr modelinde elektronların elektrik kuvvetinin etkisi altında çekirdeklerin çevresinde devinen elektronların varsayımsal yörüngeler için de kullanılıyor; bu görüntü kısa süre sonra ***yörüngesel*** fikriyle değişti.

**yörüngesel//orbital//** Belli bir kuantum durumundaki (yani belli bir enerjisi olan) bir elektronun bulunmasının beklendiği atomun çekirdeği çevresindeki bölge. Bu Bohr modelindeki elektronun belli bir parçacık olarak çekirdeğin çevresinde devindiği yörünge fikrinin yerine geçmiştir. ***Kuantum belirsizliği*** ve ***dalga-parçacık ikiliği*** sebebiyle, bir atomun çekirdeğiyle ilişik bir elektronun herhangi bir noktada bulunması olarak değil ama belli bir bölge olan yörüngeselde yerleşmiş olarak düşünülür. Atom ve moleküllerin kimyasal özellikleri söz konusu olduğunda yörüngesel, elektronun yükünün sanki elektron ezilip bütünüyle sürülmüş gibi yayıldığı (düzgün olması gerekmez) bir bölge olarak düşünülebilir.



***Yörünge.*** *Bir s yörüngesi (üst sol) atomun çekirdeğini küresel simetrili olarak çevreler. p yörüngeleri ise çekirdeğin iki yanında çifte küreler gibi olup birbirlerine dik üç yönde yerleşirler ve aynı enerjidedirler.*

Yörüngesellerin biçimleri ve yönelimleri kuantum mekaniğiyle hesaplandığı gibi doğaları atom ve moleküllerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini açıklamaya yarar. Bir atomun en alçak enerji durumu çekirdeği çevreleyen bir küresel yörüngesele (*s* yörüngeseli diye bilinir)

karşılık gelir. Böyle bir yörüngeselde spinleri birbirine zıt iki elektron bulunabilir. Bir sonraki enerji düzeyinde gene bir *s* yörüngeselinin yanı sıra aynı enerjide ikinci tür bir yörünge bulunur. Bu ikinci tür yörüngeselinin biçimi çekirdeğin iki yanına yerleşik bir çift küreye benzer, bitişik iki tenis topu gibi. Her yörüngesele gene ikişer elektron "sığar" ama her iki elektron kürelerin her ikisinde de bulunabilir. Ancak bu durumda yörünge için birbirlerine dik üç yönelim olabilir dolayısıyla aynı enerji düzeyini paylaşırlar. Bunlara *p* yörüngesi denilir ve toplam altı elektron yerleştirir. İki de *s* elektronuyla atomun bu düzeyde sekiz elektronu bulunur.

Elektron sayısı artırıldıkça işler hızla daha karmaşıklaşır ama bu basit örnekler yörünge kavramının atomlardaki elektronların tayf gözlemiyle belirlenen davranışlarına nasıl bağlandığını gösterdiği (bkz. **atom fiziği**) gibi periyodik cetvelin yapısını açıklar. Elektronlar kimyasal bağlar oluşturmak için atomlar arasında paylaşıldığından bunlar, yörüngesellerin o atomlar arasında paylaşılması olarak düşünülebilir. Bu paylaşılan yörüngeseller bir *s* yörüngesi bir *p* yörüngesiyle üst üste binme durumunda bir melez yörünge oluştuğunda daha da karmaşık olabilir. Bir metan molekülünde dört hidrojen atomunu merkezdeki karbon atomuna bağlayan böyle *sp* melezleridir (her bir hidrojen atomunun *s* yörüngeseli karbon atomunun en dış elektron katmanlarında müsait olan *s* ve *p* yörüngesellerinin bir karışımıyla üst üste binme durumundadır). Bu *sp* melezleri merkezdeki karbon çekirdeğine göre sanal bir dörtyüzlünün köşelerine simetrik olarak yönelmiş dört özdeş bağ oluşturur.

**Doppler, Christian Johann** (1803-1853) Avusturyalı fizikçi. 1842'de, Prag'daki Devlet Teknik Akademisinde profesörken ***Doppler olayı*** olarak bilinen olguyu önsöydü. Önsöyüm, 1845'te C.H.C. Buys Ballot (1817-1890) tarafından Hollanda'da buharlı lokomotifin çektiği açık bir vagondaki trompetçilerle doğrulandı. Bunun ışık için geçerli olacağını da önsöymüştü.

29 Kasım 1803'te Salzburg'da doğan Doppler, Viyana Politeknik'te okudu. 1835'te Prag'daki bir okulda öğretmen oluncaya dek özel öğretmenlik yaptı. Doppler 1841'de Devlet Teknik Akademisinde matematik profesörlüğüne atandı, 1847'de de Alamnye-Chemnitz'deki Madencilik Akademisinde profesör oldu. 1849'da döndüğü Avusturya'da geometri profesörü ve 1850'de Viyana Üniversitesinde deneysel fizik profesörü oldu. Akciğer hastalığı yüzünden 17 Mart 1853'te Venedik'te öldü.

**Doppler olayı//Doppler effect//** *Işık* ya da ses frekansının, salan nesnenin, görenin/işitenin ya da her ikisinin birbirlerine göre devinimlerinden dolayı, değişik algılanması.

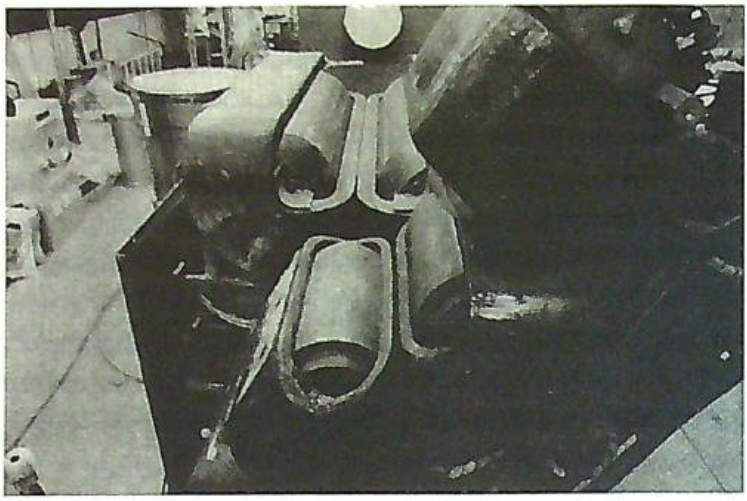
***Christian Doppler*** tarafından 1842'de önsöyülmüş olan bu olgu günlük yaşamda ses dalgalarındaki etkisinden dolayı tanıdıktır. Cankurtaran gibi bir araç hızla gelirken sirenin sesi yaklaşırken daha tiz, uzaklaşırken de daha pes işitilir. Bunun sebebi yaklaşırken bir sonraki dalganın bir öncekine göre daha yakında salınmasından dolayı dalgaların daha sıkışık olması (frekansı artar), uzaklaşırken de benzer sebeple seyrelmesidir (frekansı azalır). (Ses için, matematiksel biçimleri dalgayı taşıyıcı ortamın varlığından dolayı biraz değişik olsa da dinleyenin kaynağa doğru ya da ondan öteye hareketi benzer sonuçlar verir.)

Doppler olayı gökbiliminde çok önemlidir çünkü bu, ışıkta ve diğer ***elektromanyetik ışınımlar***da da böyle olur (tek fark taşıyıcı ortamın etkisizliğinden dolayı neyin hareketli olduğunun sonuca etkisi yoktur. Ancak matematiksel biçim sesinkinden farklıdır). Yaklaşan bir yıldızdan (ya da bir başka nesneden) gelen ışık dalgaları sıkışarak frekansını artırıp tayfta "maviye kayma" oluştururken, uzaklaşan bir nesneden gelenlerde seyrelerek frekansı düşürür ve "kırmızıya kayma" gösterir.

Gökadaların, Evrenin genleşmesinden ileri gelen ünlü kozmolojik kırmızıya kayması ise Doppler olayıyla tam ilgili değildir çünkü bu doğrudan uzayın genleşmesinden doğar, gökadaların uzayda devinimden değil!

**Doppler, Christian Johann** (1803-1853) Avusturyalı fizikçi. Doppler olayı adıyla bilinen olguyu 1842'de Prag'daki Devlet Akademisinde profesörken önsöydü. Bu 1845'te Hollanda'da Christopher Buys-Ballot tarafından, bir trene bindirilen trompet takımının çaldığı belli bir notanın istasyondan geçerken orada duran deneyimli müzisyenlerin frekans sapmalarını saptamasıyla sınandı ve doğrulandı. Olayın ışıkta gözlenebileceğini de ileri sürmüştü.

29 Kasım 1803'te Salzburg'da doğan Doppler Viyana Politeknikte okudu ve 1835'te Prag'da lise öğretmenliğine başlayıncaya kadar özel dersler verdi. 1841'de Doppler Prag Teknik Akademisinde matematik profesörlüğüne atandı. 1847'de de Almanya'da Chemnitz'de Madencilik Akademisinde matematik profesörü oldu. 1849'da Viyana Teknik Üniversitesine geometri profesörlüğüne atandıktan sonra 1850'de Viyana Üniversitesinde deneysel fizik profesörü oldu. Bir akciğer rahatsızlığı sonucu 17 Mart 1853'te Venedik'te öldü.



*DORIS. DORIS'in bakım için açılan parçası. Elektron ve pozitron demetlerini odaklamak için kullanılan güçlü mıknatısların bazıları gösterilmekte. Ön plandaki üç mıknatıs, parçacık huzmesi borusunu (fotoğrafın arka tarafındaki beyaz kapakla örtülü) sistem çalışırken çevreleyen altı mıknatısın yarısı. Bu üç mıknatısın arkasında benzer işlevi olan dört mıknatısın yarısı görülüyor. DORIS'te her bir mıknatıs türünden birçok mıknatıs bulunuyor.*

**DORIS** 1970'lerin ortalarında ***DESY*** laboratuarında kurulan Double Ring Storage (Çift Halkalı Saklama) biriminin kısaltılmış adı. DORIS üst üste iki halka olarak yapılmış olup iki elektron ya da bir elektron bir pozitron huzmesi ayrı ayrı halkalarda aynı zamanda hızlandırılarak çarpıştırılabilir. 7 GeV enerjiyle çalıştırılıp *tau* parçacığının varlığının ortaya koyulmasına katkı yaptı.

**döteron** Döteryum atomunun çekirdeği.

**döteryum** Çekirdeğinde bir proton ve bir nötron bulunan hidrojen izotopu; ağır hidrojen olarak da bilinir. Simgesi D.

**dublet//doublet//** Bir tayfta bulunan çok yakın iki çizgi; örneğin sodyumun parlak sarı D çizgisini oluşturan iki çizgi. Dubletler, genellikle atomda aynı enerji düzeyini paylaşan ve yalnız spin yönleri zıt (yukarı ya da aşağı) olan iki elektron olabilmesiyle açıklanır.

**Dubna** Rusya'da, Moskova'nın 100 km kadar kuzeyinde önemli bir parçacık fiziği araştırma laboratuarının (10 GeV enerjili proton sinkrotronun bulunduğu Birleşik Çekirdek Araştırmaları Enstitüsü[123] JINR) yerleşimi.

**durgun enerji//rest energy//** Bir cismin, Einstein'ın ünlü $E = mc^2$ bağıntısına uyarak ***kütlesi***ne karşılık gelen enerji.

**durgun kütle//rest mass//** Bir cismin ya da parçacığın kendisine göre devinmeyen bir gözlemci tarafından ölçülen kütlesi.[124]

**durum//state//** Belli bir kuantum varlığının yapılımını ortaya koyan bir sayılar listesi (örneğin bir ***atom***daki elektronun ***spin*** yönelimi, ***yörüngesi*** ve diğer özellikleri gibi). Bu, ***durum vektörü*** olarak da bilinir. Durum, Schrödinger dalga fonksiyonu –ki sistemi bu da temsil eder– cinsinden de düşünülebilir. Bir sistemin ***taban durumu*** onun en düşük enerjili kuantum durumu olup enerjisi daha yüksek olanlara ***uyarılmış durum*** denilir. Bkz. ***durumların üst üste binmesi.***

**durum vektörü//state vector//** Bkz. ***durum.***

**durumlar üst üste binmesi//superposition of states//** Bir kuantum varlığının fiziksel belgilerini belirlemesi olanaksız bir kuantum durumları karışımı. Örneğin spin denilen bir kuantum özelliği olan bir parçacığın spininin klasik fizik bakımından ya yukarı ya da aşağı olduğu düşünülebilir. Bu bakımdan yalnızca bu iki olanak bulunur. Ama kuantum dünyasında parçacıklar karışık bir durumda da, yüzde 50 bileşeni yukarı spin, yüzde 50 bileşeni aşağı spin olan bir üst üste binme durumunda (ya da iki durumun bir başka karışımda) bulunabilir. Bunun belli bir duruma geçerek yerleşmesi ise ancak parçacığın spini ölçüldüğünde gerçekleşir; spin ya yukarı ya da aşağı çıkar. Ama davranışını kollamayı bıraktığımızda da parçacık gene kendisini üst üste binmiş durumda bulur (belki de öncekinden farklı bir durumlar karışımına geçer).

Bu tüm kuantum özellikler için geçerlidir; dolayısıyla üst üste binme durumu çok karmaşık olabilir. Henüz ele aldığımız tür örneklerde ise varlığın durumların birinde ya da diğerinde bulunma olasılığı 1'dir, çünkü ya yukarı ya da aşağı ölçülecek bir spini olmalıdır. Üst üste binmiş durumunda yukarı ve aşağı spinlerin olasılık oranları 1'den küçük ama toplamları 1 olmalıdır. Bu, bir açının sinüs ve kosinüs fonksiyonlarının davranışıyla benzeşiyor; seçilen her açının her birisinin sinüs ve kosinüsleri 1'den küçüktür ama karelerinin toplamı 1 ediyor. Demek ki iki kuantum durumunun ne derecede karıştığı bir karışım açısıyla betimlenebilir; karışım yarı yarıya ise karışım açısı 45 derecedir. Bkz. ***Kopenhag yorumu***, ***Schrödinger'in kedisi.***

**dünya çizgisi//world line//** Bkz. ***yol integralleri.***

**düşünce deneyi//thought experiment (gedanken experiment)//** Aslında gerçekleştirilmesi söz konusu olmayan ve bütünüyle "zihinde"

kalan bir deney. Fikir şöyle, fizik yasalarını anlayışımızı kullanarak sanal deneyler kurup sonuçlarını önsöyebiliriz. Böylece o yasaların ilk bakışta besbelli olmayan nitelikleri pekiştirilir. Kuantum fiziğindeki klasik örnek ***Schrödinger'in kedisi***dir.

Bu deney hiç geçekleştirilebilecek mi, bunu görmek zor; en azından gerçek bir kediyle. Bazen de bir düşünce deneyi sonraki kuşaklarda fenbilimciler tarafından uygulanacak bir kılığa sokulabiliyor. Einstein, kuantum fiziğinin tutarsızlığı olarak gördüklerini göstermek için düşünce deneyi yaratmaktan çok hoşlanırdı (bkz. ***EPR deneyi, "kutudaki saat" deneyi***). Bunlardan birisi olan EPR deneyi, kuantum dünyasının cinsliğine inandırıcı deneysel kanıt olan ***Aspect deneyi***ne evrildi.

**Dyson, Freeman John** (1923-) İngiltere doğumlu fizikçi. En çok 1940'ların sonlarında ***Richard Feynman***, ***Julian Schwinger*** ve *Şin-İtiro Tomonaga*'nın kuramlarının birbirlerine eşdeğer olduğunu göstererek kuantum elektrodinamiği kuramını aydınlatmasıyla tanınır.

Dyson 15 Aralık 1923'te Crowthorne'da (İngiltere) doğdu. Babası sonraları Krallık Müzik Kolejinin müdürü oldu. Winchester Kolejinde okuduktan sonra 1941'de Cambridge'e gitti. Burada lisans öğrencisi olarak matematiğe özgün katkıları oldu. 1943'te Cambridge'ten ayrılan Dyson RAF (Krallık Hava Kuvvetleri) Bombardıman Komutanlığında savaş hizmetlerinde çalıştı. Burada havacıların, bombardımanların yapılma biçiminden dolayı gereksiz yere hayatlarını yitirdiklerinin farkına vardı ama üstlerini savaş yaklaşımlarının yanlış olduğuna ikna edemedi. Savaştan sonra bir süre Londra'da İmparatorluk Kolejinde matematik öğretim asistanlığı yaparken tezi üzerinde çalışıyordu. Bu ona 1946'da Cambridge'te Trinity Kolejinde başladığı öğretim görevliliğini kazandırdı. Matematikten kuramsal fiziğe geçişi burada oldu.

Dyson 1947'de araştırma yapmak için ABD'ye gitti (önce Feynman'la tanıştığı Cornell'e sonra da Princeton'a) ama doktorasını tamamlamayı hiç dert etmedi. Buna karşın kısa süre İngiltere'ye dönüp bir süre de Princeton'da kaldıktan sonra 1951'de ABD vatandaşı ve Cornell'de profesör, 1953'te de çalışma yaşamının sonuna dek kalacağı Princeton İleri Çalışmalar Enstitüsünde araştırmacı oldu ve 28 Şubat 2020'de Princeton'da öldü.

**Eddington, Arthur Stanley** (1882-1944) Yıldızların yapılarının incelenmelerinde öncü ve ilk astrofizikçi olan İngiliz fizikçi. Genel görelilik kuramının da önde gelen popülerleştiricilerinden olup görelilik kuramı ile kuantum mekaniğini –başaramadan– birleştirmeye uğraştı.

Bir zamanlar Westmorland denilen Kendal'da 28 Aralık 1882'de doğan Eddington Quaker'di[125] (babası bir zamanlar Dalton'un öğretmenlik yaptığı okulun müdürüydü). 1902'de Manchester'daki Owen Kolejini bitirdi ve Cambridge'e giderek 1905'te yüksek onur derecesiyle bitirdi. Aynı yıl Krallık Greenwich Gözlemevine girdi ve 1913'te Cambridge'e döndü. Önce Plumian adına gökbilimi ve Deneysel Felsefe kürsüsü profesörlüğüne (Charles Darwin'in oğlu George Darwin'in ardılı olarak) 1914'ten sonra da üniversitenin gözlemevlerinin yöneticiliğine getirildi. Eddington 1919'da Einstein'ın genel görelilik kuramının sağlamlığını, yıldız ışığının Güneş yakınındaki bükülmesini tutulma sırasında ölçerek kanıtladı. 1923'te *Göreliliğin Matematiksel Kuramı* adlı kitabı yayımlandı; ardından da 1926'da *Yıldızların İç Yapılımı* adlı kitabı geldi. Eddington yıldızların (ve de güneşin) enerjilerinin, Einstein'ın $E = mc^2$ bağıntısı doğrultusunda maddenin enerjiye dönüşmesinden ileri geldiğini ilk düşünenlerden birisiydi. Sonraki çalışmalarının merkezinde ise başaramadığı birleştirilmiş kuram vardı. 1930'da şövalye unvanı verildi, 22 Kasım 1922'de Cambridge'te öldü.

**Ehrenfest, Paul (1880-1933)** Avusturyalı fizikçi. *Max Planck*'ın ortaya koyduğu, enerjinin kuantumlu olmasının anlam ve önemini ilk fark edenlerden birisiydi. Kuantum kuramının gelişmesinde ana katkıları yapanların arasında olmadıysa da[126] esin veren bir öğretmen olarak aralarında Enrico Fermi'nin de bulunduğu birçok genç araştırmacıyı özendirmişti.

**Einstein, Albert (1879-1955)** Almanya doğumlu fizikçi. En çok iki görelilik kuramıyla bilinir ama kuantum kuramının gelişmesine de önemli ana katkılar yapmıştı (bunlar için 1922 Nobel Fizik Ödülünü aldı).

Einstein 14 Mart 1879'da Ulm'da doğdu. Babası elektroteknik aygıtlar üretiminde çalışmakta ama işlerinin iyi gitmemesi ailenin hep yer değiştirmesine yol açıyordu. Einstein okula Münih'te başladı ama gimnazyumun son sınıfındayken ailesi İtalya'ya göçtü; o da arkalarından okulu bırakıp Milano'ya giderek bir yıl Kuzey İtalya'da gezindi. Ertesi yıl diploması olmadığı için sınavına girdiği Eidgenössische Technische Hochschule'nin (ETH olarak bilinen Federal Teknik Yüksekokul, Zürih'teki birinci sınıf bir teknik üniversite) sınavına girdi ve matematik ile fizik dışındaki konularda başarısız olduğundan lise diploması almak için bir yıl Aarau kentindeki liseyi bitirerek 1896'da ETH'ya girdi. Einstein ETH'da dersler için gerekli çalışmanın asgarisini gösteriyor (hocalarından birisi olan Hermann Minkowski onu

"tembel köpek" diye betimliyordu), zamanının çoğunda çeşitli konularda kendi başına okuma yapıp bir yandan da keyfine bakıyordu kız arkadaşını hamile bırakmak dahil (sonradan ilk karısı olan Mileva). Doğan bebek evlatlık verildi (çocukluğunda öldüğü sanılıyor). Derslere pek devam etmeyen Einstein sınavlarını arkadaşı Marcel Grossmann'ın tuttuğu notlar sayesinde verdi. Ama tembel olarak tanınması ve otoriteye karşı saygısız tavırları 1900'de mezun olduktan sonra akademik bir iş bulmasına engel oldu. Sonunda 1901'de Bern'deki İsviçre Patent Ofisinde gene Marcel'in babasının yardımıyla teknik memur olarak işe başladı. Aynı yıl İsviçre vatandaşı oldu.

Patent memuru olarak çalışırken Einstein boş zamanlarında (ve de ofis masasında patent incelemelerinin yanı sıra) doktora tezi yazdı ve özel görelilik ile kimi diğer konularda çalışmalar yaptı. 1905'te tezini sundu ve yalnızca özel görelilik kuramını değil diğer iki anahtar makalesini –birisi ***Brown hareketi*** (atom ve moleküllerin gerçek olduğunu kanıtladı), diğeri ***fotoelektrik olay*** (ışığın bir parçacıklar akışı olduğunu ileri sürdü) üzerine– (daha henüz tezi kabul edilmeden *önce*, "Herr Doktor Einstein" değil "Herr Einstein"ken) yayımladı. 1921'de kararlaştırılan ancak 1922'de verilebilen Nobel Ödülü bu sonuncu[127] çalışması için verildi.



*Albert Einstein (1879-1955)*

Bu hayret verici taşkın fikirlere karşın Einstein'ın ilk akademik görevini alması –Zürih Üniversitesi– 1909'u buldu. Ardından Prag'a (Prag Alman Üniversitesi) oradan yeniden Zürih'e ve en son 1914'te, Berlin'de genel görelilik kuramını 1915'te tamamlayacağı Kaiser Wilhelm Enstitüsüne (bugünkü Max Planck Enstitüsü) geçti.

Birinci Dünya Savaşından sonra Einstein çok seyahat yaptı ve bu arada kuantum kuramının gelişmesine önemli katkıları oldu. Bunlar arasında ***Bose-Einstein istatistiği*** ve atomlarda ışınımın uyartılmış salımı –ki sonradan lazerlerin geliştirilmesinin esasını oluşturacaktı– ve ***Louis de Broglie***'ün madde

dalgalarının çabucak benimsenmesine yol açacak onay işaretini verdi. Ama kuantum mekaniğinin ***Kopenhag yorumu***yla bağdaşamadı; "Tanrı zar atmaz" diyordu. İşlerin altında evreni işleten ve kuantum sistemlerini olasılıkların güttüğü görünümünü veren belirlenimci bir "saat mekanizması" olmalıydı.

Yahudi olan Einstein, Adolf Hitler Almanya'da iktidar sahibi olduktan sonra 1933'te ABD-Princeton'daki İleri Çalışmalar Enstitüsünde görev aldı ve 1933'ten 18 Nisan 1955'teki ölümüne dek orada kaldı. 1940'ta ABD vatandaşı olmuştu. Son yılları başarısız bir çabayla, kütleçekim ile kuantum mekaniğini (ve de özellikle elektromanyetizmayı) kaynaştıran bir birleşik alan kuramını bulmaya harcandı. İleriki yıllarda keşfedilen 99 numaralı elemente (einsteinyum) onun adı verildi.

Ek okuma: Michael White ve John Gribbin, *Einstein: A life in Science* (*Einstein: Fenbiliminde Geçen Bir Yaşam*).

**Einstein-Podolsky-Rosen Deneyi** Bkz. ***EPR Deneyi.***

**eksik kütle//missing mass//** Bkz. ***karanlık madde.***

**elektrik** ***Elektromanyetik kuvvet***'in bir bileşeni.

**elektrik alanı//electric field//** ***Elektrik yükü*** ile ilişkili ***alan.***

**elektrik dipol momenti//electric dipole moment//** ***Manyetik moment***'in hipotetik karşılığı. Elektrik dipol momenti, bir elektrondaki (ya da başka bir şeydeki) yükün yoğunlaşma merkezi, kütlenin yoğunlaşma merkezinden ötedeyse –yani bu nesne bir elektrik alanda giderken bir burulma etkisi olacaksa– ortaya çıkar. Standart model elektronun elektrik dipol momentini sıfır olarak önsöyüyor. İngiltere-Sussex Üniversitesinde deneycilerin standart modelin geçerliliğini sınamak amacıyla artan bir duyarlılıkla ölçmeye çalıştıkları bu değerin $10^{-27}$ *e*-m değerinden (*e*, elektronun yükü) küçük olduğu görülmekte. Bu duyarlılık, Güneş sisteminin boyutunun insan saçının yüzde biri mertebesinde duyarlılıkla ölçülebilmesiyle kıyaslanabilir.

**elektrik sabiti//electric constant//** ***Kütleçekim sabiti***nin elektrikteki karşılığı. Aralarındaki uzaklık $r$ olan $Q$ ve $q$ gibi iki ("noktasal") yük arasındaki kuvvet vakumda

$$F = Qq/4\pi\varepsilon_0 r^2$$

bağıntısıyla (Coulomb yasası) verilir. Elektrik sabiti buradaki $\varepsilon_0$ olup buna boş uzayın ***geçirgenliği*** de denilir. ***SI birimleri***yle değeri, $8{,}854 \times 10^{-12}$ F/m olup eski "gauss" sisteminde ise $1/4\pi\varepsilon_0$ yerine 1 alınır.

Tıpkı ***manyetik sabit***in ***geçirgenlik*** ile ilişkisi olmasına benzer olarak böyle bir sayı, elektrik alanı ölçümünün ortamda bir nesne (***dielektrik***) bulunmasından etkilenmesinde de (***geçirgenlik***) kendisini gösterir. Vakumda doğal olarak 1 olması beklenen bu değerlerin başka sebeplerle seçilen ("standart birim sisteminin," ***SI***) bir sonucu olarak 1 olmaması, vakum değerine oranlanarak elde edilen bağıl değerler kullanılarak giderilebilir. Bkz. ***geçirgenlik.***

elektrik yükü//electric charge// Kimi temel parçacıklarda (***elektron, proton*** ve ***kuark***lar gibi) bulunan bir özellik. Bu, birbirleriyle elektromanyetik kuvvet aracılığıyla etkileşmelerinin şiddetini belirler. (Bkz. yük.) Elektrik yükünün temel birimi elektronun (eksi) yüküdür: 1,602 $\times 10^{-19}$ C.

elektrot Bir elektronik düzenekte elektronları soğuran (anot) ve salan (katot) bir iletken.

elektromanyetik ışınım/ışıma//electromagnetic radiation// Elektrik ve manyetik alanların etkileşerek uzayda (ya da uygun saydamlıktaki bir ortamda) ışık hızıyla giderek doğurdukları ışınım.

19. yüzyılda ***Michael Faraday*** devinen elektriğin manyetizma,[128] devinen manyetizmanın da elektrik doğurduğunu bulmuştu (bunlar elektrik üretecinin ve elektrik motorunun temelidir). ***James Clerk Maxwell*** de bu fikirleri bir alan kuramına devşirerek elektromanyetik dalgaların nasıl devindiğinin açıklamasını geliştirdi. En basit analoji bir ucu bağlı bir ucu da elimizde bir ip düşünmektir. İpi sarsarak üzerinde dalgaların ip boyunca çırpıntılarıyla ilerlemesini sağlayabiliriz. İpi yukarı aşağı sarsarak düşey, sağa sola sarsarak da yatay salınımlı dalgalar oluşturulabilir. Ayrıca her iki sarsıntı da bir arada yapılabilsin.[129] Şimdi düşey salınımlıların elektrik, yatay salınımlıların da manyetik dalgalara karşılık geldiğini düşünelim. Ancak bu ipin yapısının özel olduğunu ve her noktasında düşey sarsıntıların yatayları, yatayların da düşeyleri tetiklediğini varsayalım. Yani her noktada elektrik alanının sürekli değişerek geçmesi manyetik alanı ve manyetik alanın sürekli değişmesi de elektrik alanı doğuruyor. Bu iki değişimli alan da uygun adım, birbirlerini doğurup, kaynaktan (örneğin ipi sarsmanıza eşdeğer olan bir ampulden ya da antenden) sağlanan enerjiyle sürülür.

Maxwell böyle elektromanyetik dalgaların belli bir hızda gitmeleri gerektiğini ve bunun ışık hızına eşit olduğunu gösterdi. Böylece de ışığın bir elektromanyetik dalga olduğunu öne sürdü. Ayrıca daha

uzun dalga boylu –radyo dalgaları dediğimiz– elektromanyetik dalgalar olacağını da önsöydü.

Ama Maxwell denklemleri ışığın nasıl gittiğinin tam bir açıklamasını yapsa da ışığın ve diğer elektromanyetik dalgaların foton denilen minicik parçacıklarla da açıklanabileceği anlaşıldı (bkz. ***Max Planck***). Bu, dalga-parçacık ikiliği kuantum fiziğinin özünde yer alır.

**elektromanyetik kuvvet//electromagnetic force//**

**elektromanyetizma** Bkz. ***doğa kuvvetleri.***

**elektron** ***Temel parçacıklar***dan birisi, kütlesi 9,1093897 × $10^{-31}$ kg (= 0,5110034 MeV), yükü –1,60218925 × $10^{-19}$ C, manyetik momenti 9,2847638 × $10^{-26}$ $JT^{-1}$ ve spini ½ olan ve ***Fermi-Dirac istatistiği***ne uyan bir ***lepton***. Bkz. ***atom fiziği.***

**elektron kırınımı//electron diffraction//** Bir elektron huzmesinin –örneğin bir kristaldeki atomlar tarafından– kırınımı. Elektronların kırınıma uğraması gerçeği, pek çok deneyde parçacık özelliği gösterseler de bunların dalga gibi davrandığını gösteriyor. Bu ***dalga-parçacık ikiliği*** kuantum fiziğinin özünde yatıyor. Bkz. ***Broglie.***

**elektron mikroskobu** Işık yerine bir elektron huzmesi kullanarak küçük bir nesnenin büyültülmüş bir görüntüsünü veren bir aygıt. Çalışma ilkesi bir optik mikroskobunkiyle aynıdır ama elektron demetleri mercekler yerine manyetik alanlarla odaklanır. Elektronun dalga boyu ışığınkinden çok daha küçük olabildiğinden elektron mikroskoplarıyla optik mikroskoplarla görülenlere kıyasla daha ince ayrıntıları yakalanabiliyor. Görüntüleri TV ekranına benzer bir yüzeyde görülür. 100 keV'lik bir enerjiye hızlandırılan elektronların dalga boyları 0,004 nm olup bununla 0,2 nm'lik ayrıntıları bile görüntüleyebilir. Elektron mikroskopları, sırf elektronlar gerçekten dalga gibi davrandıkları için işe yarıyor.



*Elektron mikroskobu. Bir Kedi piresinin taramalı elektron mikroskobu görüntüsü.*

**elektron nötrinosu** Bkz. ***nötrino.***

**elektron tabakası//electron shell//** Bohr modelinde bir atomdaki elektronların her birisi için izin verilen enerji düzeylerinden birisi. Bunları atomu üst üste sarmalayan soğan zarları gibi düşünebiliriz. Bu görüntü özellikle, her şeyin en dış tabakadaki elektronların sayısına bağlı olduğu temel kimya anlayışı için hâlâ yararlı. Ama bu kavramın yerine artık geniş çapta, elektronun küresel olmayabilen bir hacimde yaygın olarak düşünüldüğü ***yörüngesel*** kavramı geçmiş bulunuyor.

**elektron tabancası//electron gun//** İçindeki bir dizi elektrotun hızlı devinen dar bir elektron huzmesi oluşturduğu bir elektrikli aygıt. Böyle üretilen elektronlar, örneğin *çift yarık deneyi* gibi deneylerde kullanılır. Klasik TV tüplerinde resmi oluşturmak için bunlardan yararlanılırdı.

**elektronvolt** 1912'de kullanılmaya başlanan bir enerji ölçüsü. Bir elektronun 1 voltluk potansiyel farkı altında hızlandırıldığında kazandığı kinetik enerjiye eşittir. 1 eV = 1,602 × $10^{-19}$ joule (J).[130] Bu çok küçük bir birim olduğundan daha çok keV (bin elektron volt), MeV (milyon elektron volt) ya da GeV (giga/milyar elektron volt) olarak kullanılır. ***Einstein*** kütle ile enerjinin birbirlerine dönüşebilir olduğunu gösterdiğinden dolayı elektronvoltun ışık hızının karesine bölünmesi kütle verir. ***Temel parçacık***ların kütleleri genellikle elektronvolt cinsinden verilir ama çoğu kez $c^2$ göz ardı edilir (yani ışık hızı 1 olarak tanımlanır). Böylece protonun kütlesi çoğu kez 938,2796 MeV (0,9382796 GeV) yazılır ama tam şekli 938,2796 MeV/$c^2$ (0,9382796 GeV/$c^2$) olmalıdır.

**elektroskop** Elektrik yükünün ve elektrik yüklü parçacıkların yükünü gösteren ilk basit aygıt. En yaygın tasarımında yalıtılmış bir metal çubuğa bağlı iki ince altın (en iyi iletken olduğu için) şerit bitişik olarak nem almayan bir kap içinde sallandırılır. Çubuğa elektrik yükü verildiğinde yapraklar birbirlerini iterek açılırlar ve yükleri bir dış etkiyle nötrleştirilene dek bu konumda kalırlar. Elektroskoptaki havadan geçen bir yüklü parçacık akışı, içerideki havayı iyonlaştırır; bu durumda ya moleküllerden koparılan elektronlar ya da iyonlaşmış moleküller altın şeritlerdeki yüklerce çekilerek bunları nötrleştirince şeritler kapanır. Bu aygıt, iyonlaştırıcı ışınlar da denilen yüklü parçacık demetlerinin (kozmik ışınlar) varlığını gösteren ilk dedektörlerden birisidir.

**elektrozayıf etkileşme//electroweak interaction//** Elektromanyetizma ile zayıf etkileşmelerin aynı matematiksel betim içinde birleştirilmesi. Biçimsel olarak bu SU(2) × U(1) ***simetri grubu*** ile ***Abelyen***

***olmayan ayar kuramı*** olup, U(1) parçası elektromanyetizmaya, SU(2) parçası da zayıf etkileşmeye karşılık gelmekte. Bkz. ***doğa kuvvetleri***.

**elektrozayıf kuram//electroweak theory//** Elektromanyetizma ile zayıf etkileşmelerin aynı matematiksel yapı içinde betimi. Bkz. ***doğa kuvvetleri***.

**elementler** Elementler, kimyasal olarak daha basit bileşenlerine ayrılamayan maddelerdir. Yani bunlar aynı sayıda elektronları, dolayısıyla aynı kimyasal özellikleri olan tek bir tür atom içerirler. Aynı elementin tüm atomlarının çekirdeklerindeki proton sayıları da (çekirdeği çevreleyen elektron sayılarına eşit) aynı olup dolayısıyla atom numaraları aynıdır. Ama bir elementin farklı izotoplarının çekirdeklerindeki nötron sayıları farklı olduklarından kütleleri de farklıdır (yani atom ağırlıkları). Elementlerin çoğunun en az iki izotopu bulunur; bunlardan fluorun yalnız bir adetken kalayın izotop sayısı ise 10'dur.

Atom sayıları 1-92 arasında 92 adet element Yeryüzünde doğal olarak bulunmakta. Bunlardan 81'i kararlı, diğerleri ise radyoaktif olup kendiliklerinden –bir kısmı iyice yavaş olarak– başka elementlere dönüşürler. Evrenin doğuşu olduğunu sandığımız Büyük Patlama sonucu oluşan hidrojen ve helyum ile lityum gibi hafif elementlerden eser kadarı dışında tüm elementler daha sonra oluşan yıldızların içinde yapılmış olup süpernova denilen yıldız patlamalarıyla Güneş Sistemimiz gibi yapılımlar için hammaddeyi uzaya yayarlar. *D*ünya'daki her şey, gövdenizdeki atomlar bile yıldızların içinde "pişmişlerdir." Atom numaraları 92'nin üzerinde olan 20'den çok element (bu sayı gittikçe artıyor) parçacık hızlandırıcılarında yapay olarak yaratılmakta. Bunların tümü iyice kararsız olup çabucak daha hafif elementlere bozunurlar.

Bu fikir, yani dünyanın karmaşıklığının değişik şekillerde düzenlenmiş görece az sayıda "element"ten yapıldığı Eski Yunan'a ve Thales, Demokritos ve Empedokles gibi filozoflara gider. Bunlar tüm nesnelerin ateş, toprak, hava ve sudan oluştuğunu öneriyorlardı. Ancak 17. yüzyılın ikinci yarısında Robert Boyle modern element anlayışına ve farklı elementlerin bileşikleri oluşturmak üzere nasıl birleştikleri (örneğin su iki hidrojen ve bir oksijen atomunun bileşimidir) yönünde ilk adımları attı. 1789'da Antoine Lavoisier, Boyle'un tanımına dayanan ilk elementler listesini yayımladı, ama listede bugün bileşik olduğu bilinen (silika gibi) maddeler ve Eski Yunan fikirleri doğrultusunda kalorik de (eskiden varsayılan ısı maddesi) element olarak bulunuyordu. Daha sonra temel aşamayı yapan, farklı elementleri ağırlıklarına göre ayırt edileceğini fark eden ***John Dalton*** oldu.

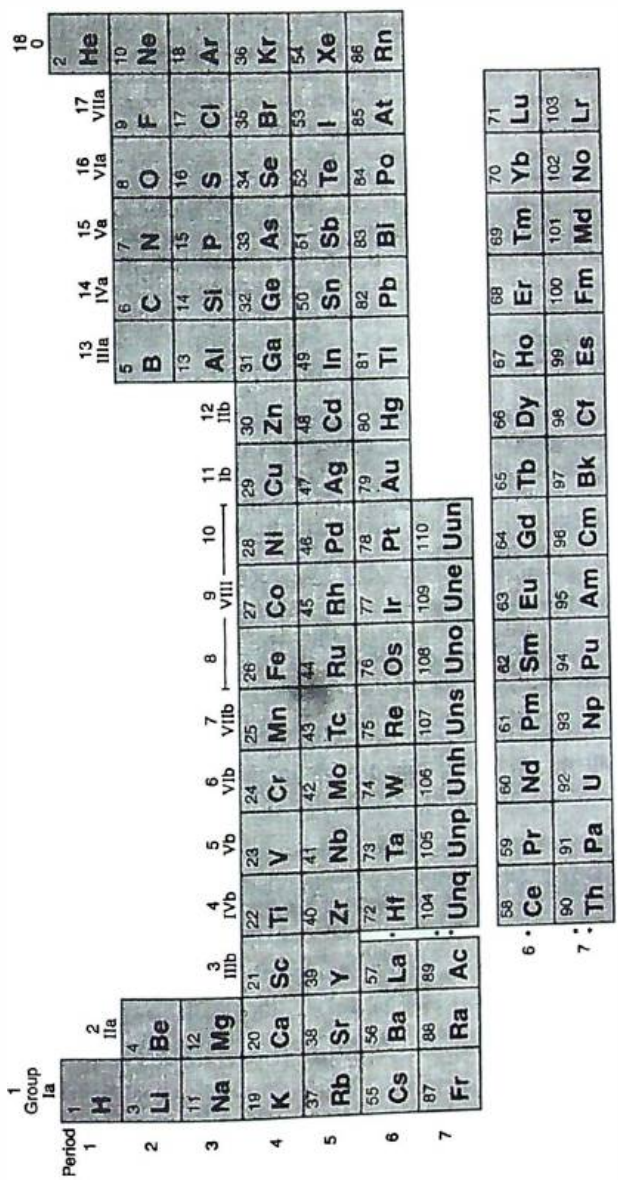
19. yüzyılın ortasında ***Dmitri Mendeleev***, kimyasal elementler artan ağırlıklarına göre sıralandıklarında özelliklerinin tekrarlandığını gösteren bir düzen olduğunu fark etti. Bu, artık Periyodik Yasa olarak bilinmekte olup bunu Alman çağdaşı Lothar Meyer de (1830-1895) bağımsız olarak keşfetmişti. Bu, Britanya'da John Newlands'ın bir çalışmasında da bir ölçüde öngörülüyor. 1869'da Mendeleyev ilk periyodik cetveli yayımladı. Bunda elementler kimyasal özelliklerine göre gruplanmıştır. Bu cetvelin anahtar nitelikleri kimi elementlerin yerlerinde azıcık değiştirme yapılarak atom ağırlıkları sırasına tam uyulmaması (artık bunun izotoplardan olduğunu biliyoruz, dolayısıyla modern cetvellerde sıralama atom ağırlığına değil atom numarasına göre yapılmakta) ve birkaç boşluk olmasıdır. Boşluklar uygun atom ağırlıkları ve belirlenebilen kimyasal ve fiziksel özelliklerine karşılık geliyordu. Bu da eksik elementlerin araştırılmasına götürdü. Bunların zaman içinde bulunması periyodik cetvelin atom ve elementlerin doğalarına ilişkin derin bir bilgi içerdiğinin onanması oldu. Burada gösterilen cetvel en yeni örneklerinden birisi olup atom numarası 110'a kadar olanları gösteriyor (bunlardan 94'ü doğada bulunurken diğerleri hızlandırıcılarda elde edilmiş, ancak bunların ikisine sonradan doğada eser miktarda rastlanmıştır). Elementlerin her birine ilişkin en iyi ve kolay bilgi kaynağı John Emsley'in "*Nature's Building Blocks – Doğanın Yapıtaşları*" (2011) adlı kitabıdır.

Periyodik cetveldeki elementlerin tam bir açıklaması ***Niels Bohr***'un, atomun ilk kuantum anlatımını geliştirmesini bekleyecekti (bkz. ***Bohr modeli***). Bu gösterimde atom numaraları yükseldikçe atomların çevrelerindeki tabakalara elektronlar eklenir. Kimyasal özellikler hemen hemen tamamen en dıştaki dolu tabakalardaki elektronlarca belirlenirken içteki tabakaların boş ya da tutulu olmasının bunda etkisi yoktur. Eğer en dış tabaka iyice doluysa böyle elementlerin atomları kimyasal olarak etkisiz olup herhangi bir şeye tepki göstermekte isteksizdir.

En basit element olan hidrojenin tek tutulu tabakasında yalnız bir elektron bulunur ve tepkiselliği yüksektir. Bir sonraki element olan helyumun iki elektronu dolu (ya da "kapalı") bir tabaka yaptığından kimyasal olarak etkisizdir. Lityumun üç elektronu bulunur, ikisi en içteki dolu tabakada birisi de kendi dış tabakasında. Dolayısıyla hidrojene çok benzer ve tepkiselliği yüksektir. Bu ikinci tabakada sekiz elektronluk yer olduğundan atom numarası 3'ten (lityum) 10'a (neon) kadar olan elementlerin hepsinin özellikleri farklıdır. İkinci tabakadaki sekizinci elektron tabakayı tamamlar ve dolayısıyla neon etkisiz

olup davranışı helyuma benzer. Bu örüntü, etkin sodyumdan (atom numarası 11) inert argona (atom numarası 18) kadar tekrarlanarak sürer.

Tırmanmayı daha büyük atom numaralarına doğru sürdürürsek karmaşalar başlıyor; çünkü element 20'den (kalsiyum) sonra izleyen on elektron, kuantum bakımından daha etkili olarak daha derinlere itilerek en dış kapalı tabakadan iyice uzaklaşıp çekirdeğe yakınlaşır. Bu da en dış tabaka dolmaya başlamadan önce kimyasal özellikleri




*Periyodik tablo.*

benzeşen bir element ailesini, geçiş elementlerini –skandiyumdan (atom numarası 21) çinkoya (atom numarası 30)– ortaya koyar. Ama bu örüntü daha büyük atom numaralarına gidildikçe de yinelenerek içteki elektron tabakalarının gecikerek dolmasıyla başka geçiş elementi grupları oluşur.

Periyodik cetveldeki düşey sütunlara gruplar, yatay sıralara da periyotlar denilir. Bir grubun tüm atomlarında en dış tutulu tabakada aynı sayıda elektron bulunur. Ama aşağıya doğru inildikçe gruptaki atomların azıcık büyür, çünkü en dış dolu tabakanın altlarında daha çok dolu tabaka olur. Periyot boyunca ise atomlar esasta aynı büyüklüktedirler ama en dış tutulu tabakalarındaki elektron sayıları (en dış tabakalarındaki elektron sayıları eşit olan geçiş elementleri dışında) farklıdır. Bir grupta aşağıya inildikçe elementlerin metalsi niteliklerinde artma görülür. Bu atomların büyüklükleri artarak çekirdeğin en dış elektronları üzerindeki tutuşunu zayıflatır. Bir periyotta soldan sağa giderken de atomların metalik nitelikleri (en dış tutulu tabakalarında az sayıda elektron) zayıflar. Demek ki metalik olmayan elementler periyodik cetvelin sol üstünde birikmiş oluyor. Metalik elementler ise kalan her yerde olup aslında bunlar çoğunluktadır.

O zamandan beri elektronların atomlarda nasıl davrandıklarına ilişkin ayrıntılar biraz değişik terimlerle açıklanmaktadır (bkz. ***kuantum kimyası***). Bu, atomların birleşerek molekülleri oluşturma tarzlarının tam anlamıyla anlaşılması için önemlidir, ama özetlediğimiz tabaka modeli elementlerin niçin birbirlerinden farklı olduğunu ve kimyasal özelliklerinin periyodik cetvel boyunca niye tekrarlandığını görmek için yeterlidir.

**elementlerin dönüşümleri//transmutation of elements//** Simyacıların bir elementi bir diğerine dönüştürme düşü, artık çekirdek fizikçileri için sıradan bir iş. Örneğin plütonyum uranyumun nötronlarla dövülmesiyle yapılabilir. Doğal radyoaktiflik de dönüştürüm yapar. Bunu ilk gösteren 20. yüzyılın başlarında ***Ernest Rutherford*** ile ***Frederick Soddy*** oldu. 1903'te yayımlanan bir çift makalede Rutherford ile Soddy radyoaktifliğin, bir elementin atomlarının (daha doğrusu çekirdeklerinin) bir diğerininkine, bir yüklü parçacık salarak –ya bir alfa parçacığı (helyum çekirdeği) ya da bir elektron (beta ışını)– değişmesi olduğunu ortaya koydular.

**elementlerin kökenleri// elements, origin of//** Bkz. ***nükleosentez/çekirdekbireşimi.***

**Empedokles, (yaklaşık MÖ 494-434)** Sicilya-Akregaslı Empedokles MÖ 450'lerde maddenin temelindeki elementler olarak hava, su, toprak ve ateşi ve bunların arasında sevgi ve nefret gibi etkileşimler olduğunu ilk öneren filozoftu.

**EHSE (en hafif süpersimetrili eş)//lightest supersymmetric partner (LSP)//** ***Süpersimetri*** **(SUSY)** kuramının önsöydüğü "yeni" parçacıkların en hafifi. Diğer süpersimetrik parçacıklar kararsız olsalar bile ailenin en hafif üyesi kararlı olmak durumundadır (çünkü ailenin ona bozunacağı başka bir üyesi olmayacaktır; bkz. ***bozunma***); dolayısıyla ilke bakımından saptanabilmelidir. EHSP için en iyi aday ***fotino*** olacaktır.

**en küçük eylem//least action//** Bkz. ***eylem.***

**en küçük eylem ilkesi//principle of least action//** Bkz. ***eylem.***

**en kısa süre ilkesi//principle of least time//** **Bkz.** Fermat ilkesi; bkz. ***varyasyon ilkesi.***

**enerji//energy//** Bir nesnenin "iş yapma" yetisinin bir ölçüsü. Devinen bir nesnede kinetik enerji bulunur. Bunun iş yapmasının bir yolu olarak düz yolda kontağı kapatarak vitesi boşa alıp giderken yokuşa rastlayan bir araç hayal edelim. Kinetik enerji aracı yukarı çıkarırken yaptığı işten dolayı azalır ve araç yavaşlar. Aslında artık kinetik enerji, kütleçekimsel potansiyel enerjiye dönüşmüş olup bu tekrar aracın gerisin geriye yuvarlanarak yokuş aşağıya gittikçe hızlanırken iş yapar. Eğer aracı alışıldığı gibi frene basarak durdurursak kinetik enerji fren pabuçlarında ısıya dönüşür. Bunun da iş yaptığını, diyelim bir çay bardağı suyu kaynatabileceğini hayal edebilirsiniz. Isı, aslında bir maddenin içindeki atom ve moleküllerin tek tek sahip oldukları devinim enerjilerin toplamıdır. Ama bu ayrıca elektromanyetik ışıma olarak da kendisini gösterir. Atom ve moleküllerin elektrik potansiyel enerjileri de bulunur. Kimyasal süreçler bu elektriksel potansiyel enerjideki farklarla güdülürler. Kendi başlarına bırakıldıklarında sistemler hep en düşük (genellikle potansiyel) enerjili duruma giderler (arabalar aşağıya gider, yukarıya değil).

Kütlenin kendisi de bir enerji biçimidir.[131] Örneğin bir nükleer bombanın patlamasında ya da bir nükleer güç reaktöründe ısı üreterek türbinlerin döndürülüp elektrik üretilmesinde "iş yapmasında," yıldızların içindeki kaynaşma tepkimelerinde söz konusudur. Kütle işin içine girdiğinde enerji ne yaratılabilir ne de yok edilebilir, yalnızca bir biçimden diğerine dönüşür. En sonda ise bütün enerji kendisini ışıma enerjisi halinde bulur.[132] (Bkz. ***eylem, zaman oku, entropi.***)

**enerji düzeyleri//energy levels//** Bir kuantum sisteminin farklı niceliklerdeki saklı enerjiye karşılık gelen izinli durumları. Örneğin bir atomda, bir elektronun atomun yapısı içindeki yerine –oturduğu ***yörüngesel***– karşılık gelen iyi belirlenmiş bir enerjisi vardır (aslında tam anlamıyla, yörüngesellerindeki tüm elektronların düzenine karşılık gelen belli değer atomun enerjisidir). Bunu bir elektronun merdivenlerin belli bir basamağına oturması olarak düşünebiliriz. Eğer tamı tamına doğru nicelikte enerji verilirse (doğru dalga boyundaki bir fotonun sağlayacağı enerji kuantumu) elektron bu enerjiyi soğurarak merdivenin daha üst bir basamağına karşılık gelen bir diğer belirli enerji düzeyine sıçrar. Daha sonra da uygun bir enerji kuantumu (foton) salarak başlangıç durumuna geri atlar.

Başka kuantum sistemlerinin de –moleküller ve çekirdekler dahil– kesin değerli enerji düzeyleri bulunur. Bir sistemin bir enerji düzeyinden diğerine doğrudan, bir aracı durum gerekmeden geçişi kuantum dünyasının anahtar niteliğidir. Bir atom, merdivenlerden aşağıya ya da yukarıya giden gerçek bir top gibi olmayıp, şimdi bir durumdayken anında bir diğerinde olacaktır. Bkz. ***Bohr modeli.***

**Epiküros (MÖ 342-271 dolayları)** Yunan filozof; ***Leukippos***'u örnek alarak Evrenin sayısız tahrip olmaz ve birbirlerinden sırf büyüklük, biçim ve konum bakımından farklı olup sonsuz boşlukta devinen atomlardan yapılı olduğunu öğretiyordu. Bu fikir, atomculuğun yeniden canlandığı 17. yüzyıla kadar pek tutmadı. (Bkz. Titus Lucretius Carus, *De rerum Natura* (Wikipedia).

**EPR deneyi (EPR çelişkisi)//EPR experiment (EPR paradox)//** İlk önce 1935'te ***Albert Einstein*** ile çalışdaşları Boris Podolsky ve Nathan Rosen'in kuantum mekaniğinin (sandıkları) mantıksal olanaksızlığını ileri sürdüğü bir düşünce deneyi. Fikrin özü 1950'lerde ***David Bohm*** tarafından benimsendikten sonra 1960'larda ***John Bell*** tarafından pekiştirilerek deney olarak uygulanabilir şekle sokuldu (bkz. ***Aspect deneyi***) ve 1980'lerde gerçekleştirilerek doğanın gerçekten de sağduyuya aykırı davrandığını gösterdi.

Düşünce deneyinin –"EPR" çelişkisi de denilir, ama pek çelişki olmadığı anlaşıldı– özgün sürümünde EPR takımı, birbirleriyle etkileştikten sonra ayrılan bir çift parçacık düşünüyorlar. Bunlar deneyci yine birine bakıncaya dek hiçbir şeyle etkileşmeden birbirlerinden uzaklaşıyorlar. İlk etkileşmelerinde bunların toplam momentumu ölçülmüşse arada başka etkileşme olmadığından bunun değişmesi beklenemez. Deneyci

çok sonra parçacıklardan birinin momentumunu ölçtüğünde çok uzakta olan diğerinin de momentumunu bu ölçülen değeri toplamdan çıkararak hesaplayabilir. Kuantum fiziğinin, bir parçacığın momentumunu ölçmekle ***belirsizlik ilkesi*** uyarınca konumuna ilişkin hiçbir bilgi kalmayacağını söylediğini biliyoruz. Şimdi, EPR takımı diyor ki ilk parçacığın momentumunu ölçerken momentumu hesaplanan ikincinin de konumu ölçülürse belirsizlik ilkesinden kaçınılmış oluyor. Bunun tek almaşığı ilk parçacığın momentumunu ölçerken ne denli uzak olurlarsa olsunlar ikincinin de konumuna ilişkin bilgiyi *anında* yok etmek (ya da bu bilginin varlığını baştan engellemek).

Einstein buna "tekinsiz uzaktan etki" diyordu, çünkü herhangi bir iletişimin ışıktan hızlı gitmesi hem mantıksal olarak tutarsız hem de imkânsızdı; dolayısıyla kuantum kuramı kusurlu olmalıydı. Ama deneyler bu tür yerel olmamanın gerçekten kuantum dünyasının bir niteliği olduğunu göstermekte. Yani böylesi bir kuantum çiftinin bir parçacığı üzerinde yapılan deneyler diğeri ne denli uzakta olursa olsun anında bunu da etkiler. Einstein için bir nebze teselli var; yaşayıp da görseydi, her ne kadar ilinti (buna artık "dolaşıklık" denmekte), anında oluyorsa da, gerçek bir bilginin böyle kuantum ilişkileri kullanılarak ışıktan hızlı gönderilmesinin hiç yolu yok.

**Esaki, Leo (Reona Esaki, 1925- )** 1973 Nobel Fizik Ödülünü, yarıiletkenlerdeki tünellemenin keşfi için ***Ivar Giaver*** ve ***Brian Josephson*** ile birlikte kazanan Japon Fizikçi. Bu çalışmayı Japonya'da Sony'de çalışırken yapan Esaki 1960'ta ABD'ye giderek IBM Thomas J. Watson Araştırma Merkezinde (Yorktown Heights, NewYork) çalışmaya başladı, ancak Japonya uyruğundan çıkmadı.

**esnek çarpışma** İlgili parçacıkların toplam kinetik enerjisinin değişmediği çarpışma (çarpışmadan sonra ayrılan parçacıkların toplam kinetik enerjisi, çarpışacak parçacıklarınkine eşit). Günlük olgularda (örneğin bilardo toplarının çarpışmalarında) kinetik enerjinin bir kısmı *ısı*ya ve de sese dönüşür ve kesin söylemek gerekirse çarpışma ***esneksiz***dir. Tam anlamıyla esnek çarpışma yalnız kuantum olgularında, yani ancak yapıları uyarınca belli enerji değerleri olan sistemlerden alınacak ya da onlara verilecek enerji uygun aralık değerlere eşit değilse çarpışma kinetik enerjisinde hiçbir değişme olmaz. Kimi mikro saçılma deneylerinde ise (örneğin bir protonun bir çekirdekle etkileşmesinde her ikisi de artı yüklü olup itiştiklerinden) çarpışma esnektir. Kimilerinde ise esneksizlik iyice yüksek olup bunun sebebi

kinetik enerjinin bir kısmının oluşan "yeni" parçacıkların kütlesine dönüşmesidir.[133]

**esnek saçılma//elastic scattering//** Bkz. ***esnek çarpışma.***

**esneksiz çarpışma//inelastic collision//** İlgili parçacıkların kinetik enerjisinde değişme olan çarpışmalar (çarpışmaya giden parçacıkların toplam kinetik enerjisi ayrılanlarınkine eşit değil). Alıştığımız dünyada (örneğin bilardo toplarının çarpışmasında) esneklik ancak yaklaşık olarak mümkündür; kinetik enerjinin bir kısmı ısıya, yani kabaca malzemenin içindeki moleküllerin rastgele kinetik enerjilerine dönüşür. Kuantum saçılma olgularında (örneğin bir proton bir atom çekirdeğine yaklaşırken her ikisi de artı yüklü olduğundan çarpışma büyük ölçüde esnek olabilir; birçoğunda ise kinetik enerji "yeni" parçacıklara dönüşerek saçılmayı büyük ölçüde esneksiz yapar.[134]

**esneksiz saçılma//inelastic scattering//** Bkz. ***esneksiz çarpışma.***

**eşdeğerlik ilkesi//principle of equivalence//** Bkz. ***görelilik kuramı.***

**eşlenik değişkenler//conjugate variables//** Birbirlerine ***karşılıklılık*** ve ***belirsizlik***le ilişkilenmiş kuantum özelliği çiftleri. Bunların en önemlileri konum/momentum ve enerji/zamandır. Eşlenik çiftler olarak da bilinirler.

**eşlenme yasası//associative law//** İki ya da fazla matematiksel işlemin, hesaplamanın hangi alt bileşeninin önce yapılmasından bağımsız olması kuralı. Toplama (ve de çarpma) eşlenmeye uyar. 12 + 6 + 3 toplamını yaparken önce 12 + 6'yı yapıp sonra 3'ü eklerseniz, sonuç, önce 6 + 3'ü yapıp sonra 12'yi eklemekle aynı çıkar. Ama bölme (ve de çıkartma) eşlenmeli değildir, (12/6)/3, 2/3 ederken 12/(6/3), 6 verir. Bkz. ***Abel grubu.***

**etkileşme//interaction//** Bkz. ***doğa kuvvetleri.***

**etkileşme sabiti//coupling constant//** Bkz. ***Bağlaşma sabiti.***

**tesir kesiti/cross-section//** Belli bir parçacık etkileşmesinin gerçekleşebilme olasılığının bir ölçüsü. Tesir kesitini "hedef" parçacığı kuşatan bir disk olarak düşünebilirsiniz. Tesir kesiti, yani disk büyükse etkileşme (yani gelen parçacığın bu diske çarpma) şansı büyür. Tesir kesitleri yüzölçümü birimleriyle ölçülür, metrekare ya da ***barn***. İki ***hadron*** arasındaki tipik bir etkileşmede tesir kesiti birkaç milibarndır (1 mb = $10^{-27}$ $cm^2$).

**etkin kütle//effective mass//** Bkz. ***giyinik kütle.***

**Euler, Leonhard (1707-1783)** · Olağanüstü verimli İsviçreli matematikçi. 15 Nisan 1707'de Basel'de doğdu. Pek çok katkısı arasında en küçük eylem ilkesini ve varyasyon hesabını geliştirmesi bulunuyor. Bu ***Joseph Lagrange***'ın yapacaklarına yol göstermiş onun yaptıkları da ***Richard Feynman***'ı kuantum mekaniğinin yol integrali yaklaşımına götürmüştü. Euler, Basel Üniversitesini felsefe yüksek lisans derecesiyle 16 yaşında bitirdi. Arada babasının okul arkadaşı olan Johann Bernoulli'nin etkisiyle matematik okudu. Yaptığı ciddi katkılar yanında Paris Akademisinin en iyi gemi direği tasarımı ödülünü aldı. 1727'de St. Petersburg'a gitti ve I. Katerina'nın yeni kurdurduğu Bilimler Akademisinin tıp birimine matematik ve mekanik hocası olduktan sonra 1831'de fizik profesörlüğüne yükseltilmenin ardından Daniel Bernoulli'nin ayrılması üzerine matematik bölümü başkanlığına getirildi. 1741'de Büyük Friedrich'in çağrısı üzerine Berlin'e gitti. 1766'da ise Büyük Katerina çağırınca tekrar St. Petersburg'a döndü. Yarısını gözlerini yitirdikten sonra gerçekleştirdiği birçok edimiyle Paris Akademisinin iki ödülünü daha aldı. Artık standart olan $\pi$, $e$, $i$ gibi matematiksel gösterimleri de yerleştirmiş olan Euler, 18 Eylül 1783'te St. Petersburg'da öldü.

**Everett, Hugh (1930-1982)** ABD'li fizikçi; kuantum mekaniğinin çoklu dünyalar yorumunu Princeton'da 1950'lerde lisansüstü öğrencisiyken geliştirdi ve 1957'de yayımladı (doktora danışmanı olan ***John Wheeler*** aynı işlevi ***Richard Feynman*** için de yapmıştı).

11 Kasım 1930'da Washington DC'de doğan Everett 1953'te Catholic University of America'yı bitirdi ve yüksek lisans (1955) ile doktorasını (1957) Princeton'dan aldı. Tezinin başlığı "On the Foundations of Quantum Mechanics" (Kuantum Mekaniğinin Temelleri) olup çoklu dünyalar yorumunu sunuyordu. Ancak Everett akademik araştırmalarını sürdürmedi ve çalışma yaşamını Pentagon'da sürdürerek bilgisayar bilimleri ve oyun kuramının stratejik planlamaya uygulanmasına katkıda bulundu (burada sözü edilen satranç ya da bulmaca oyunları değil, savaş oyunları). 1973'te bir bilgi-bilim ve veri yönetimi örgütü olan DBS Şirketini kurdu ve 19 Temmuz 1982'de kalp sektesinden McLean, Virginia'da ölünceye dek başkanlığını yürüttü.

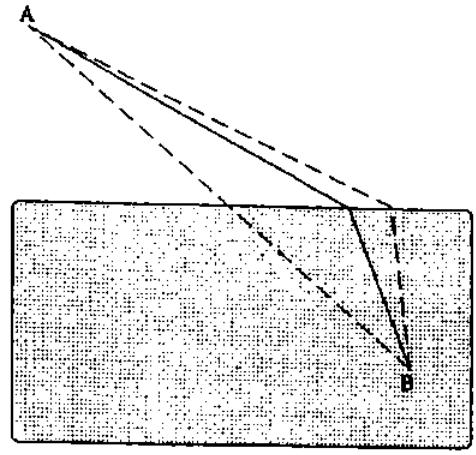
**eylem//action//** Bir parçacığın kütlesine, hızına ve aştığı yola bağlı olan bir matematiksel nicelik. Eylem enerjinin bir dalgayla taşınma şekliyle de ilişkili. Ama en basit anlaşılma şekli bir kişinin bir diğerine yüksek bir yay çizdirerek fırlattığı topun yörüngesini düşünmektir.

Fenbiliminin en temel yasalarından birisi enerji korunumu yasasıdır. Enerji yaratılıp yok edilemez, yalnızca bir biçimden diğerine dönüştürülebilir. Top, fırlatanın elinden büyük bir kinetik enerjiyle çıkar ama yükseldikçe hızı ve kinetik enerjisi azalır. Fakat yerden yüksekliği (daha doğrusu *D*ünyanın merkezinden uzaklığı) arttığı için kütleçekimsel (potansiyel) enerji kazanır. Sürtünmeyi (bu, topun hareket enerjisinin bir kısmını havadan geçerken sürtünmeyle ısıya dönüştürür) bir yana bırakırsak kazandığı kütleçekimsel potansiyel enerjisi, yörüngesindeki her nokta için yitirdiği kinetik enerjiyle aynıdır. Yörüngesinin tepesinde top bir an için durur. Kinetik enerjisi azalmış, yerine potansiyel enerjisi buna eşit en büyük değerine erişmiştir. Sonra da düşerken kinetik enerjisi, azalan kütleçekimsel potansiyel enerjisinin kesesinden artar.

Yörünge üzerindeki her noktada topun kinetik ve potansiyel enerjilerini hesaplamak mümkündür. İkisinin toplamı hep aynı kalır. Ama potansiyel enerjiyi kinetik enerjiden çıkarırsak yörüngenin her noktasında bu fark için değişik bir değer bulunur. Bu değerleri yörünge boyunca toplarsanız, yani topun bütün uçuşu sırasındaki kinetik ve potansiyel enerji farklarının integralini alırsak bu uçuşun eylemini bulmuş oluruz. Eylem, yörünge boyunca tek tek noktaların değil yörüngenin bütününün bir özelliğidir.

Topun izleyebileceği (geometrik olarak) mümkün her yörünge için eylemin farklı bir değeri olur. Benzer olarak eylemin, diyelim manyetik alanda giden bir elektron için söz konusu olabilecek tüm yörüngelere karşılık gelen birer değeri olacaktır. Burada betimlediğimiz şekliyle topun eylemi, Newton hareket yasaları kullanılıp devinimi belirlenerek hesaplanıyor. Ama bu süreç tersine çevrilip hareket yasalarını elde etmek için eylemin özelliklerinden yararlanılabilir. Bu, hem klasik mekanik hem de kuantum mekaniği için işe yarayarak eylemi bütün fizik için en önemli kavramlardan birisi kılıyor.

Bunun sebebi yörüngeleri izleyen nesnelerin hep eylemin en az olduğu yollardan gitmeleridir; tıpkı suyun yokuş aşağıya akarken en düşük enerjili yolu izlemesi gibi.[135] Aynı noktaya varmak için top pek çok farklı eğri boyunca gidebilir. Topun, atılma noktasının ötesinde bir kimseye atıldığı düşünülürse bu yol alçak ve basık yörüngeden, varacağı yerden çok yükseklere daralarak çıkan uçuş hatları olabilir. Bunların her biri parabol olup, topun kütleçekimin etkisiyle gidebileceği bir yörünge ailesinden bir üyesi olacaktır. Ama bu uçuşun atılma noktasından, hedefte tutulana dek ne kadar süre alacağı biliniyorsa, bu biri dışındaki tüm yörüngeleri geçersiz kılarak top için tek bir yol bırakır.




*Işığın hedefine varmak için gidiş şeklinin, olabilecek en çabuk yol olması en küçük eylem ilkesinin işlediği bir örnektir. A'dan (havada) B'ye (cam içinde) gidiş süresini en küçük yapan yol kesiksiz çizgiyle belirtilmekte, başka her yol (kesikli çizgiler) daha uzun süre alacaktır.*

Bu gidiş için geçecek süre verildiğinde topun hep izleyeceği yörünge, ***farkın*** yani kinetik enerji *eksi* potansiyel enerji değerlerinin yörünge boyunca alacağı değerler toplamının en *küçük* olacağı yoldur. Bu en küçük eylem ilkesi olup nesnenin bütün yoluna ait bir özelliktir.

Kara tahtada topun uçuşunu gösteren eğriye bakarak, örneğin azıcık daha az hızla fırlatıp daha basık, doğru çizgiye daha yakın bir yörüngede ya da hızlı fırlatarak daha uzun, yüksekten kıvrılıp gelen bir yörüngede aynı süreyi tutturacağınızı düşünebilirsiniz. Ama doğa böyle işlemiyor. İki nokta arasında belli bir uçuş süresi içinde aşılacak tek bir yol var. Doğa, en küçük eylemi verecek yolu seçiyor ve de bu yalnız bir topun uçuşuna değil her ölçekte her türlü yörüngeye uygulanıyor.

İlkenin işleyişine ilişkin bir örnek daha vermeye değer. Bu kez bu, "en kısa süre" ilkesi kılığında olacak, çünkü bu genelde fenbilimi için ama özellikle de kuantum fiziği için çok önemli. Temadaki bu çeşitleme ışığı ilgilendiriyor. Işık havada, camdakinden biraz daha hızlı gider. Havada da camda da (kırınım yokken) doğru yolla yayılır. Çünkü bu, iki nokta arasındaki en kısa yolu belirler. Ama yolculuk havada başlayıp camda biterse ne olur? Işık gene tek bir doğru boyunca gidecekse, kısa bir süre hızla havadan gidecek camın içinde ise görece daha uzun bir süre daha yavaş gidecek. Ama işler öyle ki ışığın en çabuk gideceği bir tek yol olup, ışık önce camın yüzeyine kadar belli bir yoldan gidecek, sonra da sapıp başka bir doğru çizgi boyunca gidip hedefine varacaktır. Işık sanki nereye gideceğini "bilerek" en küçük eylem ilkesini uyguluyor ve gidişi için en elverişli yolu "seçiyor."

Bu bir şekilde bir kuantum varlığının bir *çift yarık deneyi*nde her iki aralığı da "bilip" –sağduyumuz bunun yalnızca bir delikten geçebileceğini söylese de– en küçük eylem ilkesinin kuantum dünyası kadar günlük yaşama da uygulanması gerektiği hatırlamasını andırıyor. ***Richard Feynman*** bunu kullanıp en küçük eylem ilkesine dayanan ve bir atımda hem klasik mekaniği hem de kuantum mekaniğini betimleyen bir mekanik türü geliştirdi.

Bkz. *geçmişler üzerinden toplam.*

**eylemsizlik//inertia//** Bir cismin ivmeye direnci. Bkz. *Mach İlkesi.*

**eylemsizlik çerçevesi//inertial frame//** Bkz. *görelilik kuramı.*

**eylemsizlik kütlesi//inertial mass//** Bir cismin madde miktarının bir ölçüsü olup ivmeye direnciyle belirlenir. Bir $F$ kuvvetinin bir cisme verdiği $a$ ivmesi $a = F/m$ bağıntısıyla verilir. Bir cismin eylemsizlik kütlesi, çekim kütlesine tamı tamına eşittir.[136] Bu, Evrenin işleyişinde bulunan derin bir gerçeklik olup hiç kimse bunu tam olarak açıklayamamaktadır.

**eylemsizlik momenti//moment of inertia//** Bir cismin döndürücü kuvvetlere (bunlara *kuvvet momenti*[137] ya da *burgu* denilir) karşı direncinin bir ölçüsüdür, tıpkı kütlenin doğru çizgiler boyunca itilmeye direnci olması gibi. Cismin her bir minicik parçasının eylemsizlik momentine katkısı bunun kütlesiyle dönme ekseninden olan uzaklığının karesiyle çarpımı kadardır. Cismin toplam eylemsizlik momenti bu küçük parçaların bir tür toplamı olan integraliyle bulunur. Böylece çizgisel mekanikten bildiğimiz bağıntılardaki kütlenin dönmedeki karşılığıdır. Örneğin, kütlesi $m$ ve hızı $\upsilon$ olan bir cismin çizgisel kinetik enerjisinin $\frac{1}{2} m\upsilon^2$ bağıntısı yerine eylemsizlik momenti $I$ ve açısal hızı $\omega$ radyan[138] bölü saniye olan bir cismin kinetik enerjisi $\frac{1}{2} I\omega^2$ ile verilir.

**farad** **Michael Faraday**'ın onuruna sığa birimine verilen ad. 1 voltluk potansiyel farkıyla 1coulomb yük edinen bir sığacın (kapasitör, kondansatör) sığası 1 F.

**Faraday, Michael (1791-1867)** Fiziğe alan ve kuvvet çizgisi kavramlarını getiren İngiliz kimyacı ve fizikçi.

Faraday 22 Eylül 1791'de, o sıralarda bir köy olan, ama şimdilerde Londra'nın varoşlarına katılmış bulunan Newington-Surrey'de doğdu. Babası demirci olan Faraday yalnız okuma, yazma ve biraz aritmetik öğrendi ve çocukluğunda Londra'da Baker Caddesindeki bir ciltçi ve kitapçının yanında getir götür işleri yaparken 13 yaşındayken ciltçilik

öğrenmek için bir ciltçinin yanına çırak girdi. Burada yeniden ciltlenmek için eline geçen bir *Encyclopaedia Britannica*'da okuduğu elektrik maddesinden büyülendi.



*Michael Faraday (1791-1867)*

Faraday, uyanan fen ilgisine karşılık işçi sınıfı çevresine takılmıştı. 1810'da Kent Felsefe Topluluğundaki (*City Philosophical Society*) fen derslerini izlemeye başladı. Deneysel çalışmalara katılıp özenle tuttuğu notları kitap halinde ciltliyordu. Bu kitapları gören müşterilerden birisi onun Kraliyet Kurumunda Sir Humphrey Davy'nin konferans ve gösterilerini izlemesini sağladı (o dönemlerde bu gibi etkinlikleri izlemek ücretliydi). Bunlar, 1812'de çırak eğitiminin sonuna gelen Faraday'ın ilgisini iyice ateşledi ve Davy'den dinlediklerini yazıp, kitap halinde ciltleyerek ona götürüp yanında çalışmak istediğini belirtti. Davy önce kabul etmediyse de bir süre sonra geçirdiği bir deney kazası görme sorunu doğurunca geçici olarak onu yanına aldı. Gözleri iyileşince de Faraday gene başa dönmek durumunda kaldı.

Ancak, şansı devam etmekteydi. Davy'nin asıl yardımcısı bir kavgaya karışması yüzünden kurumdan kovulunca bu iş Faraday'a verildi. Faraday kurumdaki görevine 1 Mart 1813'te 21 yaşındayken başladı.

Davy iyi bir işveren değildi. Faraday'ı uşak gibi kullanıyordu; Faraday özgün fenbilimi katkıları yapmaya başladığında ise kıskanmaya ve görmezden gelmeye başladı. Ama bütün bunlar yaptıklarına yoğunlaşan Faraday'ın ardında kaldı. 1816'da çalışmaları yayımlanan Faraday, 1824'te Kraliyet Derneğine seçildi (başkanı olan Davy'nin karşı gelmesine karşın), 1825'te Kraliyet Kurumunda laboratuar yöneticisi oldu, ertesi yıl da çok başarılı geçti; Kraliyet Kurumunda günümüzde de süren Noel Fen konferanslarını başlattı. Davy, Faraday'ın artan başarıları ve ününe karşı soğukluğunu sürdürüyordu. Davy'nin 1829'daki ölümünden sonra Kraliyet Kurumu ile Faraday'ın adları neredeyse eşanlamlı oldu.

Faraday iki kez Kraliyet Kurumunun başkanlığını geri çevirdiği gibi şövalyeliği de kabullenmedi. Bunlara karşı "Entelektüel edimlere karşılık olarak ödüllendirilmede hep, sanki aşağılayıcı bir durum olduğunu hissederim, hatta bunlarla toplulukların, kurumların, hatta kralların ve imparatorların bu işe karışmaları bile bu durumu ortadan kaldırmaz." Ama yine de 1861'de emekli olduğunda Prens Albert'in gözde bir semtte sağladığı evi kabullendi; 25 Ağustos 1867'de 77. doğum gününden bir ay önce o evde öldü.

Faraday'ın kimya üzerine çalışmalarında atom kuramının ilk biçimini benimseyerek birçok önemli ama pek çığır açmayan katkısı oldu. Çarpıcı olan ve fizikte hâlâ çınlayan en büyük edimleri elektrik ve manyetizma üzerine olanlardı. Bunlar onu kuvvet çizgileri ve alan kavramlarına götürdü. Bu yolda ilerlerken elektromanyetik indüklemeyi, yani manyetik alandaki değişmenin elektrik alanı doğurmasını keşfetti, elektrik motor ve üreteçlerini icat etti. Sıra dışı olarak bunları 1830'larda, yani kırklı ellili yaşlarındayken yaptı (çoğu fenbilimci en iyi işlerini yirmili otuzlu yaşlarında tamamlar; Faraday'ın işe geç başlaması bile görece ileri yaşlardaki özgünlüğüne bahane olamaz.

Alan fikri James Clerk Maxwell tarafından kendi elektromanyetizma kuramı içinde ele alınıp geliştirildi. Ama bunda bile Faraday 1846'daki, ışığın "parçacıkları birleştirdiği bilinen kuvvet çizgilerindeki bir tür yüksek titreşim" olduğunu önermişti. Kendi sözleriyle bu fikir esiri (ışık dalgalarının oluşup yayıldığı varsayılan sanal bir akışkan[139]) –ama titreşimleri değil– reddetmek için bir girişimdi. Bir bakıma bu fikir zamanının 60 yıl önündeydi, çünkü esirin en sonunda gözden çıkarılması 1905'te Einstein'ın özel görelilik kuramıyla geldi. Faraday çok yaygın olarak gelmiş geçmiş en büyük deneysel fizikçi olarak kabul edilir. Einstein'ın sözleriyle fiziksel bilimlerde iki büyük çift vardı: Galileo ile Newton ve Faraday ile Maxwell. 20. yüzyılda ise bu listeye belki de Einstein ile Feynman'ı eklemeliyiz.

**Faraday dönmesi//Faraday rotation//** Bkz. ***Faraday olayı.***

**Faraday olayı// Faraday effect//** Elektromanyetik ışınımın (ışığın da) kutuplanmasının yeğin bir manyetik alana maruz bırakılmış ortamlardan (su ve kuartz gibi) geçerken dönmesi. Bu olay manyetik alan etkisindeki ***plazma***dan geçen radyo dalgalarında da görülür. Dönme miktarı manyetik alanın şiddetine ve dalgaların ortamda aldıkları yola bağlıdır.

**faz/evre//phase//** Gökbiliminde bu terim Ay'ın (ya da başka gök cisimlerinin) değişen görünümü –ilk dördünden dolunaya ve son dördüne– için kullanılır.

Kimyada ise cisimlerin fiziksel durumunu, yani sıvı, katı ya da gaz oluşunun adıdır.

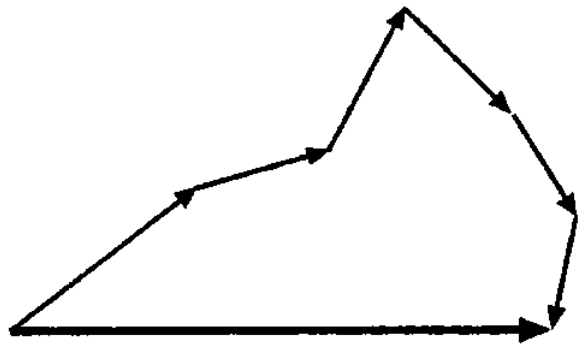
Klasik fizikte salınımlı bir devinimde (dalgalarda da) erişilen bir aşama olup genellikle 0° ile 360° (yani 0-2π radyan) arasında ve devinimin dengeden ne kadar ötede olduğunu ölçen bir açıyla belirlenir. Zıt yönlü olan en uzak noktaların aralarındaki açı 180° (π radyan) kadardır. Salınımlı iki devinimin tepeleri ve çukurları diyebileceğimiz bu durumların birlikte tekrarlanmasına "aynı fazda" oluş; birisinin tepesi ile diğerinin çukurunun birlikte olmasına "zıt fazda" oluş denilir. Bunların dalga hareketlerindeki sonuçları *çift yarık deneyi*nde görülen aydınlık ve karanlık desenlere yol açar.

**faz (kuantum)//phase (quantum)//** Elektronlar ve fotonlar gibi kuantum varlıklarının izleyecekleri en olası yörüngelerini belirleyen özellik. Bunu göz önüne getirmenin en iyi yolu ***Richard Feynman***'ın ***KEDİ: Işık ve Maddenin Tuhaf Kuramı*** adlı kitabındaki küçük oklardır.

Kuantum varlığının bir tekerlekle ilişkili olduğunu düşünelim. Tekerleğin üstünde merkezinden çevresine uzanan bir ok çizili olsun. Varlığın A'dan B'ye giderken izleyeceği en olası yolu bulmak istenirse olabilecek her yol ele alınıp doğru şekilde toplanmalıdır (bkz. ***yol integralleri, geçmişler üzerinden toplam***). A'dan B'ye giden yollardan birini alalım ve tekerleği A noktasından ok tam yukarı bakacak şekilde bu yolda yuvarlamaya başlayalım. Yolculuğun sonunda, tekerlek birçok kez yuvarlandıktan sonra ok düşeye göre yeni bir doğrultuya yönelecektir, yani bir açı yapacaktır. İşte bu, seçilen yolun *fazı*dır. Bunu isterseniz o yolda giden bir dalganın kendi döngüsündeki aşaması olarak düşünebilirsiniz.

Aynı şey A'dan B'ye gidebilen her yol için, hatta Mars'a kadar gidip dolanıp dönecek birisi için yapılabilir. Her birisinin sonunda ok o yolla ilişkili bir açıyla yönelecektir.

Okun son konumu ve boyu o yolun genliğini gösterir; yolun olasılığı da bu genliğin karesiyle verilir. Bu okların boyları hep aynı (çünkü A'dan B'ye gitmesi söz konusu olan hep aynı parçacık) etkinin bütünü de sadece değişik yolları temsil eden küçük oklar toplanarak bulunur.



*Faz. Okları yol integralleri için toplamak. Her okun yönü fazı temsil eder; boyu da genliğini. Okların toplanması birinin başını diğerinin kuyruğuna getirerek yapılır. Sonuç ise ilk küçük okun kuruğu sonuncunun ucu birleştirilerek bulunur. Bu toplam ok bütün genliği dolayısıyla da bütün olasılığı verir. Çünkü fazları çok değişik olan oklar birbirlerini götürür; fazları yakın olanlar ise aynı yöne yakın olup birbirlerine eklenir.*

Toplam olasılık da genliklerin toplamının karesidir, genliklerin karelerinin toplamı değil. Okları (***vektörler***) toplamanın yolu, bunları, bağıl yönelimlerini (faz farklarını) koruyarak ama istediğiniz sırayla art arda başlarını kuyruklara bitiştirerek bulunur. Bu faz farkları yani farklı yollara karşılık gelen minik okların yönelimleri önemlidir. Toplamada okların sıralanması çok anlamlıdır, çünkü bu kuantum yollarının hiçbirisinin diğerine göre daha özel bir yeri olmadığını gösterir. Toplam ok ise birincinin kuyruğundan sonuncunun ucuna çizilen vektördür. Genel olasılığı belirleyen işte bu sonuç oktur.

Görünen şu ki A'dan B'ye klasik yollara yakın olan yörüngelerin faz farkları çok az, bunlardan ötedekilerin faz farkları artarken daha beklenmedik (Mars'tan dolanıp gelenler gibi) yörüngelerin, komşu olanlarının bile faz farkları olabildiğince büyüktür. Dolayısıyla bu gibiler toplamdan düşerken kalanlar bize günlük olaylarda yalnızca klasik yolların izlendiğini görürüz.

Neler olduğunun bir fotoğrafı olarak bu geometrik betim yeterliyken cebirsel olarak bu minik oklar (vektörler) ***karmaşık sayılar***la gösterilirler; hesaplarda da genellikle böyle yapılır.

**faz/evre farkı//phase difference//** Bkz. *faz.*

**faz geçişi//phase transition//** Bir fiziksel sistemin aynı sıcaklıkta, bir halden (faz) diğerine kimyasal bileşimi değişmeden geçişi. Günlük yaşamda faz geçişlerine alışığız: sıvı suyun 0°C'de buza ve 100°C'de

buhara dönüşmesi ya da tersleri. Bu bir sistemin iç yapısındaki düzenlemelerin değişmesiyle de olur: örneğin Curie noktasında, yani bir malzemenin manyetik özelliklerinde değişme olan bir özgül sıcaklık.

Evrenin çok erken dönemlerinde ***kuark***'ların serbest olduğu bir halden kuarkların ***hadron***ların içinde bağlı kaldığı hale geçiş de böyledir, yani hadronlar bir tür donmuş kuarklardır. Daha da erken zamanlarda da bildiğimiz dört ***doğa kuvveti***nin ***büyük birleşik kuramları***nın betimlediği tek kuvvetten çıkarak dört parça olması gibi olgularla ilintili faz değişmeleri oldu.

Faz geçişleri enerjinin soğurumu ya da salımıyla ilintilidir. Buhar yoğuşarak sıvı su oluşturunca gizli ısı verir. Analog bir şekilde Evrenin çok erken evrelerindeki faz dönüşümleri onun başlangıçtaki genleşmesi için gerekli gücü besleyecek enerjiyi vererek Büyük Patlamanın, ilk bir iki dakikasında Büyük Patlamada çekirdek bireşimi olacak kadar ısınmasını sağladı.

**Fermat ilkesi//Fermat principle//** Bkz. ***Fermat, Pierre de.***

**Fermat, Pierre de (1601-1675)** Matematiğe bir merak olarak düşkünlük gösteren ve birçok önemli katkı yapan bir Fransız avukat. Yaptıklarını yayımlamadı ama bunlar birçok fenbilimciye yazdığı mektuplarla duyurulup korunmuş oldu. Bu kitap bağlamında en önemli anlayışı Fermat İlkesidir; yani ışığın bir noktadan diğerine giderken en kısa süreli yolu seçmesi. Bu artık en küçük ***eylem*** ilkesinin bir örneği olarak anlaşılmakta. İlginçtir ki Fermat İlkesi ancak (kırılmaya bir açıklama olarak) ışık daha yoğun ortamda daha yavaş giderse işe yarar ki bu durum sonuçta ışığın bir dalga olup böyle yayıldığının bir kanıtı olarak benimsendi.[140]

Fermat 20 Ağustos 1601'de Fransa'da Beaumont de Lomangne'da doğdu, bir Bask ailesinden geliyordu. Gençliğinde yerel olarak eğitildi ve yirmili yaşlarında Bordeaux'ya geçerek Toulouse Üniversitesinde ve galiba Bordeaux Üniversitesinde de (erken yaşlarına ilişik az şey biliniyor) okudu. Hukuk diplomasını 30 yaşında aldı ve küçük bir taşra kenti olan yakınlardaki Castres'da yaşarken Toulouse'da avukatlık yaptı (bir yandan da devlet memurluğu yapıyordu). 1630'larda bir ara adına (soyluluk belirten) "de" ekledi ama bunun bir özenti olmadığına ilişkin bir tanıt yok. 1652'de neredeyse öldürecek bir veba krizini atlattı; bundan sonra da zamanının çoğunu avukatlık yerine matematikle uğraşmaya ayırdı. Oldukça ileri sayılan bir yaşta 12 Ocak 1675'te Castres'da öldü.

**fermi** Enrico Fermi'nin onuruna adlandırılmış uzunluk birimi. Artık demode olan bu birim $10^{-12}$ m olup femtometre denilir. Kısaltması olan fm, fermi karşılığı gibi de kullanılabilir.

**Fermi sabiti//Fermi constant//** Zayıf etkileşmenin şiddetini ölçen bir sayı (bkz. ***doğa kuvvetleri***). Simgesi olan $g$ = 294 $GeV^{-2}$, aynı harfle gösterilen kütleçekim ivmesiyle karıştırılmamalıdır.

**Fermi, Enrico (1901-1954)** İtalyan fizikçi, 29 Eylül 1901'de Roma'da doğdu. Kuantum kuramının gelişmesine katkıları oldu ve 1938'de Nobel Fizik Ödülünü aldı; ama en çok ilk nükleer reaktörü (o sıralarda atom pili olarak biliniyordu) yapan grubun başı olarak hatırlanır.



*Enrico Fermi (1901-1954)*

Fermi hali vakti yerinde bir aileden geliyordu. Babası devlette demiryolları yöneticiliğinden bir üst düzey göreve yükselmişti. Enrico Pisa'da okudu ve doktorasını 1922'de[141] aldıktan ve Göttingen'de Max Born ve Leiden'de Paul Ehrenfest'le çalıştıktan sonra 1924'te Floransa Üniversitesinde matematiksel fizik öğretim görevlisi oldu. Burada Wolfgang ***Pauli***'nin ***dışarlama ilkesi***ne uyan bir gazın özelliklerini ele aldı. Aynı hesabı bağımsız olarak ***Paul Dirac*** da yaptı; ilgili denklemler artık ***fermi-dirac istatistiği*** olarak biliniyor, buna uyan parçacıklara da ***fermiyonlar*** deniliyor. Fermi 1927'de Roma Üniversitesine geçerek İtalya'daki ilk kuram fiziği profesörü oldu (aslında Fermi'nin kendi kuşağındaki fizikçiler arasında hem üstün bir kuramcı hem de usta bir deneyci olarak olağanüstü bir yeri vardı). İtalya'da yayımlanan ilk modern fizik (yani kuantum fiziği) kitabını (1928'de çıkan *Introduzione alla Fisica Atomica*) yazdı. 1933'te Pauli'nin ***beta bozunması***nın ayrıntılarını açıklamak için önerdiği "yeni" parçacığı ele aldı. Geliştirdiği yapı beta bozunma sürecinin yeni bir tür kuvvet, yani zayıf kuvvetle (bkz. ***doğa kuvvetleri***) ilişkilendiğini öne sürdü ve bu arada "yeni" parçacığın adını koymuş oldu: ***nötrino***. İlgili makalesi *Nature* adlı prestijli dergi tarafından fazla spekülasyon olduğu gerekçesiyle geri çevrilince bir İtalyan dergisinde yayımlandı.

Fermi, ***Irenè*** ve ***Frédéric Joliot-Curie***'nin 1934'te yapay radyoaktifliği keşfinin peşinden radyoaktiflikle de ilgilendi. ***Emilio Segrè*** ile birlikte nötronların su ya da parafinden geçerken nasıl yavaşladığını inceleyerek çekirdek tepkimelerinin olma hızlarının düşürülmesinin nasıl kontrol edileceğini ortaya koydu. Bu şekilde elde edilen *yavaş* nötronlarla eline geçen her şeyi ışınlayarak önceden bilinmeyen çok sayıda radyoaktif izotop oluşturdu (ama bu arada bu deneylerden kimilerinde uranyum-238'in bölündüğünü fark etmedi). Nobel Ödülü almasına yol açan (ve belki de yaşamını kurtaran) çalışma buydu.

Karısı Yahudi olan Fermi İtalya'daki 1930'lardaki siyasi durumdan hoşnut değildi; 1938'de Nobel Ödülü verilmesini fırsat bilerek, ödül töreni için Stockholm'a gitmek niyetiyle (karısı ve iki çocuğuyla) bilerek ülkeyi terk etti. Oradan doğruca ABD'ye gitti ve önce Columbia Üniversitesinde sonra da çalışan ilk atom pilini üniversite stadyumunun tribünlerinin altındaki spor salonunda gerçekleştirdiği Chicago Üniversitesinde çalıştı. "Pil" ***Manhattan Projesi***'nin (ilk atom bombalarının tasarım ve yapımı) parçası olarak 2 Aralık 1942'de işlemeye başladı; bu, Dünya'daki ilk kontrollü ve kendine yeten nükleer reaktördü; deneycilerin isteğine göre açılıp kapanabiliyordu (bu iş, nötronları yavaşlatmak için ***moderatör*** olarak parafin yerine grafit bloklar kullanılarak yapıldı). 1943'te Fermi Los Alamos'a giderek Manhattan Projesinde doğrudan çalışmaya başladı. İkinci Dünya Savaşının bitimine kadar orada kaldı ve sonra Chicago'ya dönerek ABD vatandaşı oldu; radyoaktiflik üzerine başka araştırmalar yaptı. Aynı zamanda Atom Enerjisi Kurulunun genel danışmanları arasında bulundu ve ilk sinkrosiklotronun Chicago Üniversitesinde kurulmasının tasarımında parmağı oldu. Yine de nükleer araştırmalardaki askeri sansüre karşı savaş için ve Robert Oppenheimer savaş sonrası dönemdeki komünist cadı avı mağduru olduğunda onu savunacak zamanı buluyordu. Sıcak karakterli ve esinlendirici bir öğretmen olan Fermi 28 Kasım 1954'te Chicago'da (olasıdır ki radyoaktif maddelerle çalışmalarından ileri gelen) kanserden öldü. Bir yıl önce atom numarası 100 olan element elde edilerek onun onuruna fermiyum adı verilmişti. Chicago yakınlarındaki Batavia'da kurulan BD Ulusal Hızlandırıcı Laboratuarı, ***Fermilab***'ın adı da onun onuruna konuldu.

**Fermi-Dirac istatistiği** Kuantum *spin*ini buçuklu çok sayıda parçacığın toplu davranışlarını belirleyen istatistik kuralları. Böyle parçacıklara ***fermiyon***lar denilir. Fermiyonların ilk örneği olan elektronun spini ½'dir. İki özdeş fermiyon aynı kuantum durumunda bulunamaz.

**Fermilab** Chicago yakınlarındaki Batavia'da bulunan ABD Ulusal Hızlandırıcı Laboratuarı. 1972'de açıldı ve adı Enrico Fermi'nin onuruna konuldu. Fermilab'daki ana aygıt Tevatron'dur. Bu, birbiri üzerinde iki halka biçimli hızlandırıcı olup, protonları 20 teraelektronvolt (1 TeV = 1000 *GeV*) kinetik enerjiye hızlandırır. 1990'ların ortasında ***tepe kuarkı*** (*t* kuark) ilişkin deliller bu aygıtla elde edildi.

**Fermi Ulusal Hızlandırıcı Laboratuarı//Fermi National Accelerator//** Bkz. ***Fermilab.***

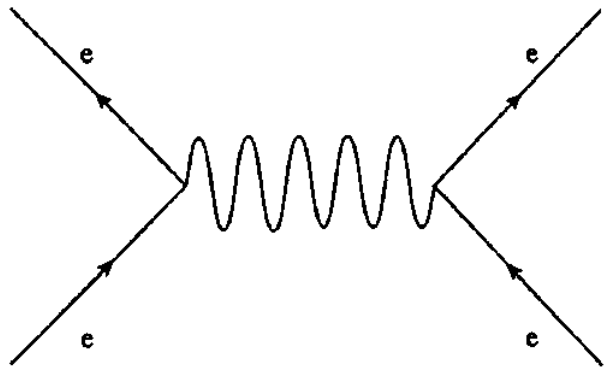
**fermiyon//fermion//** Fermi-Dirac istatistiğine uyan bir parçacık. Tüm fermiyonların spinleri buçukludur (3/2, 5/2, ... çarpı $h/2\pi$). Bunlar, genellikle maddesel dünyayı oluşturduğu düşünülen parçacıklardır. Fermiyonlar korunur, yani her tür fermiyonun toplam sayısı hep aynı kalır, yeter ki her etkileşmede karşı-parçacıklar "eksi bir parçacık" olarak sayılsın.

**ferromanyetizma** Sıradan bir mıknatıs çubuğunun mıknatıslığı/manyetizması ile ilişkili manyetizma. Bir ferromanyetik malzeme, içerdiği muazzam sayıda minik mıknatısçıklar (tek tek atomlardan oluşan gruplar) olarak düşünülebilir. Ferromanyetik madde sıcakken bu minik mıknatısçıklar gelişigüzel dönüp savrulur, birbirlerine çarparlar; böylece genelde bir manyetik alan olmaz. Bu durumda malzemeye paramanyetik (bkz. ***paramanyetizma***) denilir. Ama çubuk soğuduğunda (***Curie sıcaklığı*** ya da ***Curie noktası*** denilen bir sıcaklıkta) içteki mıknatısçıklar oldukça ani bir şekilde birbirleriyle uyuşarak sıralanırlar ve böylece minik manyetik alanları ekleşerek bildiğimiz çubuk mıknatısın bütüncül mıknatıslığını (manyetikliğini) oluştururlar.

Yüksek sıcaklıkta (Curie noktasının üstünde) sistemin alabileceği düşük enerjili duruma içteki mıknatısçıkların hepsi hizalanınca erişilir. Bunlar, bir dış manyetik alan varsa (*D*ünya'nın manyetik alanı gibi) hep onunla hizalanmaya çalışır. Bütünüyle yönelimsiz, bir mıknatıslığı olmayan durumdan, ayrık kuzey ve güney kutupları bulunan bir çubuk mıknatıs haline geçiş ***simetri kırılması***nın bir örneğidir.

**Feynman diyagramı** Parçacıkların birbirleriyle bozon alışverişi yaparak etkileşmelerinin bir gösterim yolu. Her ne kadar parçacıkların ve bozonların uzayzamanda devinişlerinin basit bir gösterilişi gibi görünüyorlarsa da diyagramların yapısı özgül kurallara uyar. Her bir tepe (iki ya da daha çok çizginin kesişme noktası) aslında bir dizi (çoğunlukla karmaşık) denklemin kestirme yazılışıdır. Feynman'ın kendi sözleriyle "diyagramların fiziksel süreçleri ve onları betimlemekte kulla-

nılan matematiksel bağıntıları temsil etmeyi amaçlıyordu." (Jagdish Mehra, *The Beat of a Different Drum*, s. 290). Diyagramlarla temsil edilen fiziksel süreçler bile ilk bakışta görüldükleri gibi basit değiller. Her diyagram aslında gösterilen etkileşmenin olabileceği mümkün yolların tümü üzerinden bir ortalamasını –***geçmişler üzerinden toplam*** ya da ***yol integrali***– temsil ediyor. Yine de diyagramları kullanarak onları matematiksel şekle sokmak, matematiği doğrudan işleme koymaktan daha kolay olmakta.




***Feynman diyagramı.*** *Bir Feynman diyagramının gösterdiği etkileşme belirtilmek istenirse işin içindeki parçacıkları adlandırmalıdır.*

Bu daha çok, sıradan bir grafikteki eğrinin matematiksel bir denklemi göstermesine benziyor. Örneğin bir parabol $y = x^2$ denklemiyle gösterilir. Eğer bir $x$ değerine karşılık gelen $y$ değeri (ya da tersi) bulmak istenirse bu ya grafikten okunur ya da hesap yapılır. İşte bir uzman da belli bir şekilde bir Feynman diyagramının girdisine karşılık gelen matematiksel ifadeyi ve çıktısına karşılık gelen eşdeğer matematiksel ifadeyi, tüm karmaşık ara basamakları hesaplamak zorunda kalmadan (diyagramlar da grafikler gibi iki yönlü yani girdi biliniyorsa çıktıyı, çıktı biliniyorsa girdiyi vererek) "okuyabilir."

Dolayısıyla, diyagramlar hem uzman olmayanlar için, parçacıklar dünyasının nasıl işlediğinin resmi olan basit bir şematik model (bu kitapta kullanıldığı gibi) hem de uzmanlar için inceltilmiş bir matematiksel aygıt (etkileşmelerin olma hızı ya da parçacıkların belli biçimlerde etkileşme olasılıkları gibi) olarak kullanılabiliyor.

**Feynman, Richard Philips (1918-1988)** Kendi kuşağının en büyük fizikçisi olarak düşünülebilen ve ***Isaac Newton*** ve ***Albert Einstein***'la aynı çapta olan Feynman, kuantum mekaniğini yeniden biçimlendirerek sağlam mantık temellerine oturtup klasik mekaniği doğal olarak (genel görelilik kuramının Newton'ın kütleçekim kuramını içerebilmesi gibi) içerebilecek bir yapı geliştirdi. Ayrıca süperiletkenlik kuramına ve hem yeğin hem de zayıf kuvvetlerin incelenmesine ciddi katkılarda bulundu (bkz. ***doğa kuvvetleri***) ve kuantum kütleçekim kuramına götürebilecek ufuk açıcı sezişler sağladı. Kuantum fiziğine getirdiği yol integrali yaklaşımı (***Feynman diyagramları***) ile ***kuantum elektrodinamiğin***in (***KEDİ***) en açık ve en tam biçimini türetti; bu, genel görelilik kuramının yanı sıra fizikteki en başarılı ve en iyi oturmuş kuramdır.

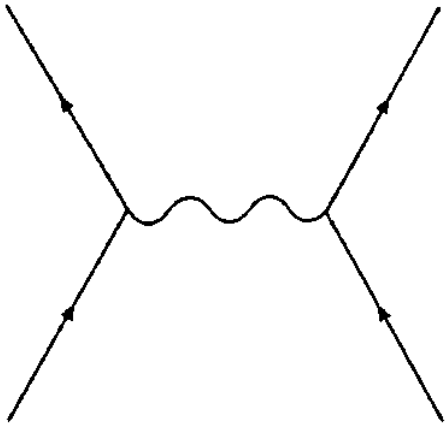
Feynman esin verici bir öğretmen ve bir fenbilimi popülerleştirme uzmanıydı. Yaptıkları hakkında pek az bilen ya da hiç bilmeyenler için bile 20. yüzyılın ikinci yarısında fiziğin insan yüzü olmuştu. Fiziğin bu ikonası olarak müthiş ünlü olduğu halde ikonanın gerçek edimleri ününden çok daha etkileyiciydi.

Feynman New York Kentinde 11 Mayıs 1918'de doğdu. Babası üniforma üretimi işinde oldukça başarılı bir işadamıydı, zengin olmasa da aile kriz yıllarını zorluk çekmeden atlattı. Feynman'ın matematikteki olağanüstü yeteneği okuldayken[142] anlaşıldı. Öğretmeni Abram Bader onu en küçük eylem ilkesiyle tanıştırdı; bu Feynman'a ileride yapacağı işler için çok etkili bir yönlendirici oldu.



*Richard Feynman (1918-1988)*

MIT'de öğrenim görürken matematikten fiziğe geçti ve 1939'da bitirdi. Feynman, ardından Princeton'a giderek başladığı doktora çalışmasını (***John Wheeler***'in danışmanlığında) tamamlamak üzereyken ABD, Japonya'nın Pearl Harbour'a baskını üzerine İkinci Dünya Savaşına girdi. ***Manhattan Projesi***'ne katılan Feynman tezini tamamlamaya da zaman bularak 1942 Haziranında doktorasını aldı ve 1943 başlarında atom bombası çalışmalarına katılmak üzere Los Alamos'a gitti. Feynman'ın yetenekleri kısa sürede Los Alamos'un Kuram Biriminin başındaki ***Hans***



*Klasik Feynman diyagramı. Birbirleriyle üçüncü bir parçacık (dalgalı çizgi) alışverişiyle etkileşen iki parçacığı (doğru çizgiler) gösteriyor. İki parçacık, örneğin bir foton değiş tokuşu yapan iki elektron olabilir.*

***Bethe*** tarafından anlaşıldı. Bethe onu projedeki en genç (büyük farkla) grup önderi yaptı. Los Alamos'taki yoğun iş temposunun yanı sıra Feynman kişisel bir dert de çekiyordu, karısı (ve çocukluktan sevgilisi) Arline veremden ölmek üzereydi. Baş etmek için eşek şakaları ve muziplikler yapıyordu (çalışdaşlarının, içinde atom bombasıyla ilgili sırları bulunan kasalarının şifrelerini kırmak gibi).

1946'da savaş işleri bitti ve Feynman kuram fiziği profesörü olarak Cornell Üniversitesine, Bethe'nin yanına gitti. Burada, ileride (1965) Nobel Ödülü getirecek ***KREDİ*** kuramını tamamladı. 1950'de Caltech'e geçti ve çalışma yaşamının sonuna kadar orada kaldı, ancak zaman zaman kısa ya da uzun sürelerle başka kurumlarda da geçici olarak bulundu. Feynman, 1950'lerde süperakışkanlığın kuramını geliştirdi, zayıf kuvvetin davranışını betimleyen bir temel yasayı keşfetti; her iki edim de Nobel Ödülü alan birçok başka keşifle en azından aynı değerdedir. Kısa süren bir sıkıntılı ikinci evlilikten sonra Yorkshire'li Gwyneth Howarth ile ömrünün sonuna kadar mutlu bir evlilik sürdürdü.

1960'ların başlarında Feynman Caltech'te 1. sınıf öğrencilerine ünlü *Feynman Lectures of Physics* (Feynman'ın fizik dersleri) olarak bilinen dersleri verdi. Bunlar dünyanın her yerinde fizik öğretimini doğrudan etkilemiş olup diğer kitapları gibi aslen konuşmalarının yazıya dökülmesidir. Böylece okuyanlara doğrudan konuşarak onun canlı kişiliğini hissetmesini sağlar. Sonra elektronların protonlardan derinliğine esneksiz saçılmalarında olanları betimleyecek *parton* kuramını geliştirdi. Bu 1970'lerde geliştirilen kuarkların, gluonların ve yeğin etkileşmenin kuramı için sıkı bir temel oluşturdu. Bütün bu işlerinin yanında bir eğlenti gibisine kütleçekim ile kuantum kuramını inceledi ve kuantum

kütleçekim kuramının esaslarını ortaya koydu. Başka hiç kimse doğanın dört kuvvetinin her birisini anlayışımıza ilişkin kayda değer bir katkı yapmadı. Bunun sebebi kısmen bile olsa kimsenin Feynman'ınkiler kadar yüksek nitelikli özgün fenbilimi çalışmasını (neredeyse 40 yıl kadar) uzun süre sürdürmüş olmamasıydı. 1970'lerde, 50 yaşını çoktan aştığında özgün fenbilimi çalışmaları yapıyordu. Derken birkaç popüler kitap yazdı; önde gelenleri *KEDİ: Işık ve Maddenin Tuhaf Kuramı* ve *Eminim Şaka Yapıyorsunuz Bay Feynman*! Bunlar kamunun daha geniş bir kesimini yaptığı fizik ve yaşamıyla tanıştırdı. Challenger soruşturmasında da görev alarak 1986'daki uzay mekiği patlamasının sebeplerini araştırdı. Bu, komisyon çalışmalarının TV yayınlarıyla onun daha da yaygın tanınmasına yol açtı.[143]

O sıralarda Feynman ciddi bir kansere yakalanmıştı. 15 Şubat 1988'de karısı ile kız kardeşi Joan'ın (o da başarılı bir fenbilimciydi) gözetiminde öldü. Onunla hiç karşılaşmamış binlerce kişi matemini tuttu.

Ek okuma: John ve Mary Gribbin, *Richard Feynman, A Life in Science.*

**fisyon** Bkz. ***bölünme***.

**Fizeau, Armand Hippolite Louis (1819-1896)** Güneşin ilk ayrıntılı fotoğraflarını çekmekte Leon Foucault'yla çalışan ve ışığın hızının yeryüzündeki ilk makul ölçüde sağlıklı ölçümünü yapan Fransız fizikçi.

Fizeau zengin bir ailedendi. 23 Ekim 1819'da (Foucault'dan 4 gün sonra) Paris'te doğdu ve de onun gibi optiğe geçmeden önce tıp okudu. Foucault ile birlikte yaptıkları gökbilim fotoğrafçılığının ardından ışığın hızını ölçmek için bir düzenek kurdu. Aralarında 8 km olan Suresnes ve Monmartre'daki tepelerin birisine bir ışık kaynağı ve önüne dönen bir dişli çark yerleştiriyor diğerine de bir ayna. Çarkın dişleri arasından geçecek bir ışık huzmesi gönderiyor. Çarkın hızı yansıyan ışık tekrar dişler arasından geçecek gibi ayarlanıyor. Çarkın hızı ve yansıma uzaklığı bilindiğine göre Fizeau 1849'da ışığın hızını en iyi modern değerden % 5 farklı olarak ölçmeyi başardı. O sıralarda bu yeryüzünde ölçülebilen en iyi değerdi ama gökbilim ölçümleri kadar değil. Ertesi yıl Fizeau, Foucault'dan bağımsız olarak ışığın suda havadakinden daha yavaş gittiğini de ölçtü.

Fizeau ışıktaki ***Doppler olayını*** da inceleyen ilk kimseydi. Paris'te 18 Eylül 1896'da öldü.

**floresans** Bir nesnenin ısıtılma dışında bir dış etkenle uyartılmasının ardından kısa süreli ışık salması. Bu etken, örneğin X ışınları ya da (eski

moda!) bir TV ekranın kaplamasına çarpan elektronlar olabilir. "Kısa süreli" oluşun tanımı keyfî olarak, uyartılmanın kesilmesinden sonra 10 nanosaniyeden ($10^{-8}$ s) daha kısa bir ışıldama olarak gerçekleşir.

**fonon** Bir kristal örgüsünde yayılan ses dalgasının "parçacık" davranışı. Bir ses dalgasına fonon fikrinin uygulanması ışığın ***foton*** olarak davranmasının analoğudur. Bu, katıların ısı iletiminin, özgül ısılarının ve de elektronların kristal yapı içinde ses dalgalarıyla etkileşmelerinin betimlenmesini sağlar.

**fosforesans** Bir nesnenin ısıtılma dışında bir dış etkenle uyarılmasının ardından uzun süreli ışık salması. Bu etken, örneğin X ışınları ya da bir (eski moda!) TV ekranın kaplamasına çarpan elektronlar olabilir. "Kısa süreli" oluşun tanımı keyfî olarak, uyarılmanın kesilmesinden sonra 10 nanosaniyeden ($10^{-8}$ s) daha uzun bir ışıldama olarak gerçekleşir.

**fotino** Süpersimetri kuramının önsöydüğü ama henüz gözlenememiş bir parçacık. Fotino, fotonun süpersimetrideki eşi olup herhalde süpersimetrik parçacıkların en hafifidir. Bir ***fermiyon*** olması gerektiğinden spini ½ (genelde *buçuklu*) olacaktır.

**fotodiyot** Bir yarıiletken kavuşumunun elektriksel özelliklerini ışık soğurarak değiştirip akım geçmesini sağlayan bir aygıt olup ***foton***ların varlığına delil oluşturmuş olan ***fotoelektrik olay***ı doğrudan kullanmakta.

**fotoelektrik olay//photoelectric effect//** Bir maddenin ışık ya da bir diğer tür elektromanyetik ışınım etkisiyle elektron salıvermesi. Bu olayın kuantum fiziğinin gelişmesinde bir anahtar rolü oldu; çünkü ışık, 1905'te ***Albert Einstein*** tarafından dalga değil bir parçacık (artık ***foton*** deniliyor) akışı şeklinde alınarak açıklanmıştı. Götüreceği sonuçlar o sıralarda daha tam olarak algılanamadıysa da (Einstein tarafından bile) bu ***dalga-parçacık ikiliği*** kavramına doğru ilk adımdı. Bu arada Einstein Nobel Ödülünü görelilik kuramları için değil, bu çalışması için aldı.

Einstein (birkaç yıl önce ***Max Planck***'ın ileri sürdüğü) ışık kuantumları fikrini ciddiye alan ve bunların kara cisim ışımasının tayfını açıklayan matematiksel bir hilenin ötesinde bir şey olarak ele alan ilk kimseydi. Ayrıca ***J. J. Thomson*** ve ***Philipp Lenard***'ın 19. yüzyıl sonu ve 20. yüzyıl başında ayrı ayrı yaptıkları fotoelektrik olay deneylerini de biliyordu.

Deneylerde tek renkli ışık demetleri kullanılıyordu. Yani metal yüzeylerine düşen ışık hep aynı dalga boyundaydı. Parlak bir ışık kulla-

nılırken yüzeyin her santimetrekaresine düşen enerji, soluk bir ışığınkine göre daha az olur. Daha çok enerji varken yüzeyden fırlatılacak elektronların ışık solukken fırlatılacaklarınkinden daha çok olacağı ve daha hızlı gitmeleri beklenirdi. Oysa yüzyılın başında deneycileri sürpriz bekliyordu, ışığın frekansı (yani hızı bölü dalga boyu) aynı kaldığı kadar salınan her elektronun enerjisi ışık parlak da olsa sönük de hep aynı olmakta; ama parlak ışık daha çok elektron salmaktaydı. Öte yandan metale düşen ışığın frekansı arttıkça (dalga boyu azaldıkça) çıkan elektronlar daha hızlı oluyorlardı, yani mavi ışığın koparttığı elektronlar kırmızı ışığınkinden daha hızlı oluyordu.

Einstein bunu, Planck'ın kara cisim ışımasın merkezinde olan $E = hf$ (*h Planck sabiti*, *f* ışığın frekansı) bağıntısını atomları içinde olacak minik salınıcılara değil, elektromanyetik ışınımın kendisine uygulayarak açıkladı. Fotoelektrik olayın, eğer ışığın kendisi belirli paketler ya da kuantumlar halindeyse olabileceğini söylüyordu.

Metalden bir elektron koparıp atmak için tek bir ışık kuantumu yetiyor; belli bir frekanstaki tüm ışık kuantumlarının enerjileri aynı olduğundan serbest kalan elektronların hepsinin enerjisi aynı olur. Bu enerji ışık kuantumunun enerjisinden, elektronu kopartmak için gerekli enerjinin (metalin cinsine göre değişen *kopartma işi*) farkıdır. Aynı renkteki (frekans) daha parlak ışıkta daha çok ışık kuantumu var, bunların her birisi aynı enerjiyi taşıdığı için salınan daha çok elektronun da her birisinin enerjisi aynı olacaktır. Frekans (yani *f*) artırılınca da (diyelim kırmızıdan maviye) her kuantumun enerjisi artacağından özgür kalan elektronlar birkaç bile olsa daha hızlı giderler.

Fotoelektrik olayı bir bakıma ışığı enerji taşıyan sürekli bir dalga olarak ele alıp metal yüzeyindeki atomların (aslında iletkenlik elektronlarının) enerjiyi bundan ancak belli parçalar olarak alabilmesiyle açıklamak mümkün. Buna 1950'lerde ***David Bohm*** işaret ederek kimilerinin dalga geçer havada Einstein'ın Nobel Ödülünü pek hak etmediğini söylemelerine yol açmıştı. Ancak 1920'lerde yapılan deneyler (bkz. ***Compton olayı***) fotonların gerçekliğini kesinlikle ortaya koymuştu bile. Dolayısıyla Einstein'ın haklı olduğuna ilişkin gerçekten de hiçbir kuşku yoktur. Fotonların gerçekliğinin ortaya konulmasının tarihsel önemine ilişkin bir kuşku kalmadı; başarılması yıllarca süren bu edimin tetiklenmesi Einstein'ın fotoelektrik olay üzerindeki çalışmalarıyla olmuştur.

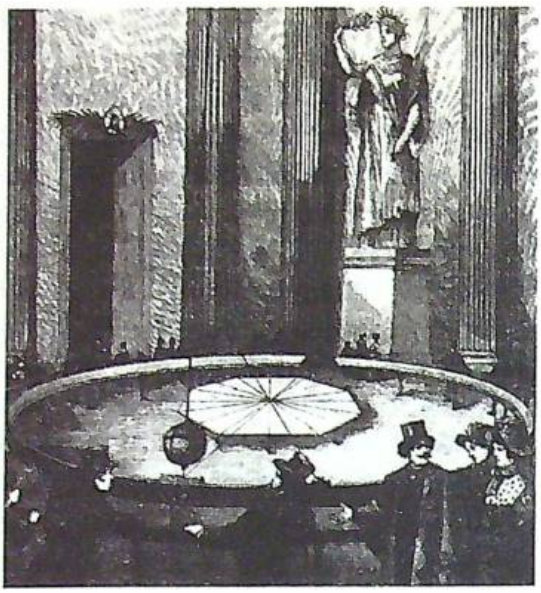
**Foucault, (Jean Bernard) Leon (1819-1868)** Fransız fizikçi; ışığın hızını yüzde 1'den az hatayla ölçen ilk laboratuar deneylerini yaptı, jirosko-

bu keşfetti, *D*ünya'nın döndüğünü gösteren ve adıyla bilinen sarkaç yöntemini geliştirdi.

Foucault 19 Eylül 1819'da Paris'te doğdu. Hastalıklı bir çocuk olduğundan tıp okumaya başlayıncaya kadar evde eğitim gördü. Kısa süre sonra fenbilimine merak sardı ve 1844'ten başlayarak geçimini fenbilimi ders kitapları ve bir gazeteye (*Journal de Débats*) fenbilimi üzerine popüler makaleler yazarak sağladı. Onun ilk profesyonel fenbilimi yazarı olduğu söylenebilir. Bu, bir yandan da evde fizik deneyleri yaptığı on bir yıl boyunca sürdü, ama 1855'te Paris Gözlemevinde profesyonel fenbilimci görevine başladı.

Foucault 1840'larda ***Armand Fizeau*** ile birlikte fotoğrafçılığın, fen uygulamalarında kullanımının geliştirilmesi üzerinde çalışmış ve 1845'te Güneş yüzeyinin ilk ayrıntılı fotoğraflarını elde etmişlerdi. İşte bu, astronomik fotoğrafa olan ilgisinden dolayı da ünlü sarkacını geliştirdi. Güneş'in temiz fotoğraflarını elde etmek için kamerayı, Güneş'i tam ortada tutacak şekilde yavaşça döndürecek bir düzeneğe gereksiniyordu, çünkü *D*ünya'nın dönüşünden dolayı o "gökyüzünde deviniyor." Foucault'nun geliştirdiği düzenek bir sarkaç tarafından güdülüyordu ve Foucault, sarkaç açısal momentum korunumunun gerektirdiği gibi hep aynı düzlemde salınırken altında *D*ünya'nın dönmekte olduğunu fark etti. 1851'de 28 kg'lık bir topu 67 metrelik bir kabloyla Panthéon'un[144] kubbesine asarak yaptığı görkemli bir gösteriden sonra Foucault bu fikri uzayda hep aynı yönelimi koruyan dönen cisimlere uygulayarak 1852'de jiroskobu icat etti. Hem sarkaç hem de jiroskop eylemsizliğin işleyişinin örnekleridir (bkz. ***Mach İlkesi***).

Eylemsizliğe olan ilgisinin yanı sıra Foucault ışığın hızının ölçülmesi üzerinde de çalıştı. Kullandığı sistemde bir ışık huzmesi dönen bir aynadan yansıyan ışığın duran bir aynaya gidip ve yansıyarak yine dönene gitmekteydi. Bu tekniği ***Dominique Arago*** önermişti. Foucault ilk deneylerini Arago'nun, görme yetisini yitirdikten sonra ona verdiği gereçlerle yapmıştı. Işık ona geri dönene dek ayna azıcık döneceğinden ışık huzmesi de biraz dönmüş olacak. Sapma miktarı ışık yoldayken aynanın ne kadar döndüğünü gösterdiğinden ve de aynanın dönme hızı bilindiğinden bunlar ışığın hızını verir. Bu tekniği kullanarak Foucault 1850'de ışığın hızının havada sudakinden daha büyük olduğunu (ışık dalga olarak yayılıyorsa ise böyle olması gerekirdi) gösterdi ve de 1862'ye kadar ışığın hızını, 298.005 km/s olarak en iyi modern değere yüzde biri kadar yakın olan ölçümünü elde etti. Bu, ***Fizeau***'nun 1840'larda başka bir teknikle yaptığı daha az yakın olan ölçümlerini iyileştirmiş oluyordu.



***Foucault sarkacı.*** *Jean Foucault'nun 1851'de Paris'te yaptığı, dünyanın döndüğünü uzun ve ağır bir sarkaçla gösteren deneyinin bir 19. yüzyıl gravürü.*

Foucault, Paris Gözlemevinde teleskoplarda kullanılan ayna ve mercekleri iyileştirerek ve makineleri sabit hızda çalıştırmak için sağlıklı düzenleyiciler icat ederek önemli katkılarda bulundu. Bunlar teleskop motorlarının teleskopları gökyüzünü sağlıklı olarak taramaları için tasarlandılarsa da endüstride de kullanım yeri buldular. Foucault 49 yaşında bir beyin rahatsızlığı yüzünden 11 Şubat 1868'de Paris'te öldü.

**Fowler, William Alfred (Willy) (1911-1995)** ABD'li fizikçi; elementlerin yıldızların içinde yapılışlarına ilişkin ***Fred Hoyle*** ile ileri sürdükleri kuram için –yıldızlarda ***nükleosentez***– 1983 Nobel Ödülünü paylaştılar.

9 Ağustos 1911'de Pittsburgh'da doğan Fowler Ohio Eyalet Üniversitesinde ve 1936'da doktorasını aldığı Caltech'te okudu. Çeşitli projelerle ilgili savaş çalışmaları dışında mesleğini Caltech'te sürdürdü. Özel becerisi, çekirdek tepkimelerinin, özellikle yıldızların içinde enerji oluşturulmasında önemi olanların oluşma hızını laboratuarda hatasız ölçecek deneyleri yapmaktı. Yıldızlardaki nükleosentez üzerine çalışmaların (bunlara Geoffrey ve Margaret Burbridge de katılmıştı) ardından hafif elementlerin çok erken Evrende –Büyük Patlamada nükleosentez– nasıl yapıldığına ilişkin kuramda Fred Hoyle ve Robert Wagoner ile birlikte çalışan Fowler 14 Mart 1995'te Pasadena'da öldü.

**Franck, James (1882-1964)** Almanya doğumlu ABD'li fizikçi. 1925'te ***Gustav Hertz***'le birlikte atomların enerjiyi kesikli birimler, yani kuan-

tumlar halinde aldıklarını gösterdikleri deneyleriyle 1925 Nobel Fizik Ödülünü aldılar.

26 Ağustos 1882'de Hamburg'da doğan Franck 1921'de hukuk ve iktisat okumak için Heidelberg Üniversitesine gitti ama orada tanıştığı ***Max Born*** (tam bir çağcılı) onu fen öğrenimine ikna etti. Jeoloji ve kimyadan fiziğe yöneldi ve 1906'da Berlin Üniversitesinden doktorasını aldı. Hertz'le çalışması her ikisinin de Berlin'de genç araştırmacı konumundayken (günümüzün "doktora sonrası araştırmacı"sı) 1914'te oldu. Cıva atomları elektronlarla bombardıman edildiklerinde atomlar, hemen hep kesinkes 4,9 eV enerji soğurarak uyarılıyorlardı. Sonra da taban durumlarına dönerken 253,7 nm'lik bir foton salıyorlardı ki bu, Planck bağıntısına göre tam o enerjiye karşılık gelir. Bu sonuçlar ***Niels Bohr***'un atomlardaki enerji düzeylerine ilişkin kuramının ilk deneysel gerçeklenmesiydi.

Franck Birinci Dünya Savaşının erken aşamalarında iki kez Demir Haçla ödüllendirildi ve 1916-1920 arası Berlin'deki Kaiser Wilhelm (sonradan Max Planck) Fiziksel Kimya Enstitüsünde çalıştı. Ardından eski dostu ***Born***'un kuramsal fizik profesörü olduğu Göttingen Üniversitesinde deneysel fizik profesörlüğüne getirildi (Born kendi görevini kabullenmek için bunu şart koşmuştu). Franck, Göttingen'in, kuantum mekaniğinin geliştirildiği yıllarda yetkinlik merkezi olmasında Born'la birlikte baş rolde bulunmuştu. Franck, Naziler iktidara geldiklerinde (savaştaki göze batan işleri dolayısıyla) akademik konumunda bırakılan birkaç Yahudiden birisiydi, ancak diğer Yahudileri işten çıkartması istendiğinde reddederek Kopenhag'a, oradan da ABD'ye gitti ve 1935'te John Hopkins Üniversitesinde fizik profesörü oldu. 1938'de de Chicago Üniversitesinde fiziksel kimya profesörü olarak fotosentezin kimyası üzerinde çalışmaya başladı.

İkinci Dünya Savaşı sırasında Manhattan Projesi çerçevesinde metalürji çalışmaları yaparken 1943 yılında ABD vatandaşı oldu. Atom bombasının Japonya'nın bir kentine değil, meskûn olmayan bir bölgesine atılmasını öneren bir grup bilim insanının önderliğini yaptı, ancak başarılı olamadılar. 1949'da emekli oldu ve dostlarını görmeye gittiği Göttingen'de 21 Mayıs 1964'te öldü.

**Frank, İlya Mikhailoviç** (1908-1990) Rus (SSCB'li) fizikçi. ***Pavel Çerenkov*** ve ***İgor Tamm*** ile birlikte Çerenkov olayı üzerine araştırmalarıyla 1958 Nobel Fizik Ödülünü paylaştı. 23 Ekim (eski tarihle 10 Ekim) 1908'de St. Petersburg'da doğdu, 22 Haziran 1990'da Leningrad'da (doğduğu kent!) öldü.

**Fraunhofer çizgileri//Fraunhofer lines//** Bkz. ***Fraunhofer, Joseph von.***

**Fraunhofer kırınımı//Fraunhofer diffraction//** Bir dizi paralel düzlem dalga cephesinin kırınıma yol açacak bir cisimden geçerken oluşan kırınım. Bu tür dalgalar ilke bakımından sonsuzdaki bir kaynaktan geliyor gibidirler, ama uygulamadan bir mercek düzeneğiyle oluşturulurlar.[145] Işık kırınıma uğradıktan sonra tekrar bir mercekten geçirilince bu kez odak düzleminde görüntü vererek kırınım deseninin görülmesi sağlanır. Yalnızca düzlem dalgaların kırınımında gözlenebilen bu olguyu *Josef Fraunhofer* 1820'lerde keşfetmişti.

**Fraunhofer, Josef von (1787-1826)** Alman fizikçi ve tayf çözümcüsü. Güneş tayfındaki –artık adıyla anılan– karanlık çizgileri yeniden[146] keşfedip işe yaratan kişidir.

Almanya'da Bavyera'nın Straubing kentinde doğdu. 11 yaşında babasının ölümü üzerine bir cam üreticisinin yanına çırak girdi. Atölyenin çökmesiyle yıkıntı altından bir rastlantıyla Bavyera Elektör Prensi Maximillian tarafından kurtarılan Fraunhofer uzun süre Prens tarafından eğitim hususunda desteklendi. Bir yandan da Benediktbeuern manastırının cam işletmesinde yetişti. Burada tanıştığı İsviçreli tanınmış cam ve ayna ustası Pierre Louis Guinand ona meslek sırlarını öğretti.[147] 1806'da Münih'deki bir aygıt firmasının atölyesine alındı. Becerileri sayesinde firma için değeri biçilmez bir kazanç oldu ve 1809'da ortak yapıldıktan sonra 1811'de firmanın direktörü oldu. Mercek geliştirme üzerinde çalışan Fraunhofer yaptığı prizmaları incelerken 1814 ve 1817 arasında Güneş tayfındaki karanlık çizgileri (Fraunhofer çizgileri) fark ederek bunların camın niteliğini belirlemekte yararlı olabileceklerini düşünüp prizmalı tayf gözleyicisi yaptı. Optik ve daha sonra da gökbilimi araştırmalarına başladı. 1820'lerin başlarında ışığın kırınımıyla ilgilenmeye başlayıp geçiren ve yansıtıcı kırınım ağları (şebekeleri) geliştirdi ve kendi adıyla bilinen bir kırınım şeklini keşfetti.

1823'te Bavyera Bilimler Akademisindeki Fizik Müzesinin (bir tür eğitim laboratuarı) başına getirilen Fraunhofer 7 Haziran 1826'da Münih'te veremden öldü.

**frekans** Bir dalgadaki ya da titreşimli herhangi bir olguda 1 saniye içinde oluşan salınımların sayısı. Genellikle $f$ ya da $\nu$ simgesiyle gösterilir. 1 Hz = 1 tur-salınım/s.

**Fresnel kırınımı//Fresnel diffraction//** Işık, kaynağının ya da desen görüntüsünün düştüğü perdenin ya da her ikisinin de kırınıma yol

açan nesneden sonlu uzaklıkta olduğunda görülen kırınım. Bu, ışık kaynağı, kırınım yapan nesne ve perdenin deney masası üzerinde sıralandığı klasik bir deney düzeneğidir. Işığa bu koşullar altında paralel düzlem dalgalar olarak bakılamayıp (bkz. ***Fraunhofer kırınımı***) dalga cephelerinin eğriliği de göz önünde tutulmalıdır. Bu tür kırınım ilk 19. yüzyılın başlarında ***Augustine Fresnel*** tarafından ele alınmıştır.

**Fresnel merceği//Fresnel lens//** Çok sayıda eşmerkezli dairesel bileşenlerden oluşmuş bir mercek. Her birisi bir yakınsak merceğin çeperinin kesiti gibi bir halka olarak iç içe bir düzleme yerleştirilmiş gibi olup sistemin dik kesiti testere dişlerine benzer. Bu düzenek aynı işlevi görecek standart bir mercekten çok daha incedir ama daha hafif ve sağlam olsa da aynı optik kalitede değildir. Fresnel bunları deniz fenerleri için tasarlamıştı, ama günümüzde el fenerlerinde ve kamera vizörlerinde, hatta cep merceklerinde kullanılmaktadır.

**Fresnel, Augustine Jean (1788-1827)** Işığın dalga yapısının ortaya konulmasında başat katkıları bulunan Fransız fizikçi.

10 Mayıs 1788'de Fransa'da Normandiya'daki Broglie kentinde doğan Fresnel, ailesi sıkıntılardan uzak kalmak için Caen yakınlarına yerleştiğinden Fransız İhtilalinin kargaşasından uzak kaldı. Orada ailesi tarafından eğitildi (babası mimardı). On iki yaşında Caen Merkez Okuluna girdi. 1804'te Paris'te Ecole Politechnique'e girerek mühendislik eğitimine başladı; 1806'da Köprüler ve Yollar Okuluna geçerek üç yıllık eğitimden sonra inşaat mühendisi olarak 1809'da devlet karayolları idaresinde Fransa'nın birçok yol projesinde çalıştı. Bu arada optiğe merak sardı ama ***Christiaan Huygens*** ve ***Thomas Young***'ın ışığın dalga kuramına ilişkin çalışmalarından haberi yoktu. Napoléon'un Elbe'ye sürülmesinin ardından krallık yanlılarını destekledi, ancak 1815'te Napoléon kısa süre için geri geldiğinde Normandiya'daki evinde ev hapsinde (farklı söylentilere göre ya protesto için işi bıraktı ya da kovuldu) tutulurken zamanını optiğe ilişkin fikirlerini ışığın işe yarar bir dalga kuramı üzerinde geliştirmekle geçirdi. Napoléon yine yenilip ortadan tamamen çekildiğinde mühendislik işine geri dönünce optik yine keyif işi oldu. Boş zamanlarında da olsa optikle ilgisine epeyce zaman ayırıyordu; 1820'de ***Fresnel merceği*** denilen bir mercek geliştirdi. Kalın bir küresel merceğin işlevini düzlemsel bir yapıya indirgeyen bu mercek özellikle deniz fenerlerinde çok yararlı bir kullanım yeri buldu.

Fresnel ışığın dalga kuramını tamamen kendi başına geliştirdi. Ana fikri, ışığı boyuna değil enine dalgalar olarak ele almasıydı (bkz.

*elektromanyetik ışınım/ışıma*). O sıralarda ışığın parçacık mı dalga mı olduğu üzerine sıkı tartışmalar yürüyordu. Fresnel fenbilimcilerin arasında olmadığından bu tartışmalarda yoktu. 1817'de Fransız Bilimler Akademisi, kırınımın en iyi deneysel incelenmesi ve de nasıl olduğunu açıklayacak bir kuram için birer ödül koydu. Yalnız iki başvuru oldu. Birisi Akademinin kayıtlarında adına rastlanamayan bir çatlağınki diğeri ise Fresnel'inki. 135 sayfa tutan kapsamlı çalışması sonuçta ödülü hak etti ama jüri, ışığın Newtoncı parçacık fikrini desteklediği için epeyce karşı çıkılmıştı.

Üyelerden birisi olan ***Simeon Poisson*** (önde gelen bir matematiksel fizikçi) Fresnel'in kuramını kullanarak bir diskin gölgesinin ortasında kırınımdan ileri gelen aydınlık bir benek olması gerektiğini önsöydü. Bu jüri için saçma bir olguydu ama jüri başkanı olan ***Francoise Arago*** iyi bir bilim insanı olarak bu önsöyümü sınayacak bir deney hazırladı. Artık Poisson beneği denilen benek görüldü ve hem Fresnel hem de dalga kuramı haklı çıktı.



*Augustine Fresnel (1788-1827)*

Fresnel'in ünü yerleşti ve amatörce bile olsa ışık üzerine hem tek başına hem de Arago ile birlikte başka çalışmalar yaptı. En önemlisi ışığın kutuplanmasının enine dalga olarak incelenmiş olanıdır. Ayrıca dalga kuramının bir diğer deneysel sınanması için ışığın hızının hem suda hem de havada ölçülmesini önerdi (bkz. ***Foucault, Leon*** ve ***Fizeau, Armand Hippolyte Louis***) ve 1823'te Fransız Bilimler Akademisine seçildi.

14 Temmuz 1827'de Paris yakınlarındaki Ville D'Arvay'da veremden öldü.

Ek okuma: John Gribbin, *Schrödinger'in Kedicikleri.*

**Friedman, Jerome** Isaac (1930- ) ABD'li fizikçi; nötron ve protonların içinde parçacıklar –kuarklar– olduğunu kesinleştiren deneyler için verilen 1990 Nobel Fizik Ödülünü paylaştı.

Friedman 28 Mart 1930'da Chicago'da doğdu. 1956'da Chicago Üniversitesinden doktorasını aldı ve Stanford Üniversitesine geçmeden önce bir süre orada çalıştı. 1960'ta MIT'ye geçti. 1960'ların sonunda,

hâlâ MIT'nin elemanı olsa da *SLAC*'da (*Henry Kendall* ve *Richard Taylor* ile birlikte) ***nükleon***ların yapılarını yüksek enerjili elektron huzmeleriyle yoklayan deneylerde çalıştı. Deneyler, *James Bjorken* ve *Richard Feynman* tarafından sağlanan kuramsal yorumlarıyla birlikte nükleonların iç yapılarının noktasal parçacıklardan ileri geldiğini gösteriyordu. 1970'lerde ilerletilen deneyler parçacıkların kuarklar olarak anlaşılabileceğini gösterdi. Bkz. ***partonlar.***

**Frisch, Otto Robert (1904-1979)** Avusturyalı fizikçi; *Lise Meitner*'le (teyzesiydi) birlikte ***bölünme*** üzerinde çalıştı. Frisch 1 Ekim 1904'te Viyana'da doğdu. Viyana Üniversitesinde okudu ve 1926'da doktorasını aldı. Bir yıl bir mucidin yanında üç yıl da Alman Ulusal Fizik Laboratuarında çalıştıktan sonra 1930'da Hamburg Üniversitesine geçti. Üç yıl sonra Naziler yönetime geldiklerinde Fritsch Almanya'dan (Yahudi olduğu için) ayrılmak zorunda kalarak Londra'daki Birkbeck Kolejine gitti. Bir yıl sonra da Kopenhag'da *Niels Bohr*'un Kuram Fiziği Enstitüsüne geçti. 1938 Noelinde İsveç'te Lise Meitner'i görmeye gittiğinde *Otto Hahn*'ın uranyumun davranışına ilişkin bulgularından haberleri oldu. İkisi birlikte Hahn'ın sonuçlarına bir açıklama getirdiler. 1939'da Fritsch İngiltere'ye dönerek Birmingham Üniversitesinde *Rudolf Peierls* ile çalışmaya başladı; uranyum-235'in patlayıcı bir zincirleme tepkimeye girebileceğini belki de ilk fark edenlerdir ve Britanya hükümetini bir nükleer bomba yapımı olanağı için uyardılar. Frisch Liverpool Üniversitesinde de çalıştı ve1943'te *Manhattan Projesi*'ne katılmak üzere ABD'de *Los Alamos*'a gitti. İkinci Dünya Savaşından sonra Frisch Cambridge'te Jackson Kürsüsü profesörlüğüne atanmadan önce *Harwell*'in çekirdek fiziği bölümü başkanlığını yaptı. 1972'de emekli oldu ve 22 Eylül 1979'da Cambridge'te öldü.

**füzyon** Bkz. ***kaynaşma.***

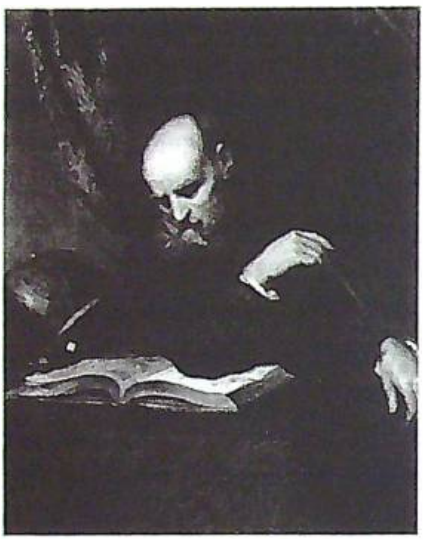
**füzyon bombası** Bkz. ***kaynaşma bombası*** veya ***hidrojen bombası.***

**gal** İvme birimi olup değeri: 1 $cm/s^2$.

**Galilei, Galileo** Bkz. ***Galileo.***

**Galileo (Galileo Galilei) (1564-1642)** İtalyan fizikçi ve gökbilimci. Fenbilimsel yöntemin temellerini, doğa yasalarını deneyler yaparak atarken olayların nasıl olduklarına ilişkin fikirleri sınamak için gözlemlerden yararlanmıştır. Bu, doğa yasalarını, varsayımları sınamak için hiç deney yapmadan, sırf akıl yürütmeyle bulmaya uğraşan eski düşünceden ileriye atılan ilk önemli adımdı.

Galileo 15 Şubat 1564'te İtalya'da Pisa'da doğdu. Babası Vincenzo Galilei matematikçi ve başarılı bir müzisyendi. Aile Galileo'ya 11 yaşına kadar özel bir öğretmen tutabilmişti. O yıl Floransa'ya taşındılar ve Galileo eğitimine bir manastırda devam etti. Sonra tekrar Pisa'ya dönerek tıp öğrenimine başladıysa da asıl ilgisini çeken matematikti. Derken fizik de ilgisini çekmeye başladı. Boyu sabit kalan bir sarkacın salınımlarının, genliklerinden bağımsız olarak hep aynı sürede olduğu gözlemini –tahminen 1583'te– Pisa katedralinde vaazlardan sıkılıp avizeleri gözlerken, süreleri nabız atışlarıyla ölçerek yaptı.



*Galileo (1564-1642)*

Sarkaçların bu düzenli salınımı sarkaçlı saatlerle zaman ölçmenin temeli oldu. Galileo böyle bir saat tasarımına sahipti ama bildiğimiz kadarıyla saati hiç yapmadı. Oğlu bu tasarıma uygun bir saat yaptı ama bu fikri gerektiği gibi (aynı zamanda genliğinden bağımsız bir salınım süresiyle) kullanılabilir biçimde ilk geliştiren 1650'lerde Christiaan Huygens oldu.

Galileo Pisa'dan 1585'te öğrenimini tamamlamadan ayrıldı ve Floransa'ya, evine döndü. Burada Eski Yunan bilgelerin (Öklit ve Arşimet gibi) eserlerini inceledi. Konusunda öyle ustalaştı ki 1589'da (dört yıl önce bitirmeden ayrıldığı) Pisa Üniversitesinde matematik profesörü yapıldı.

Galileo farklı ağırlıktaki[148] cisimlerin farklı hızlarla düştüğü fikrini Pisa'da profesörken reddetmişti. Ancak, ne yazık ki bu inancı eğik kuleden bir top güllesi ile tüfek misketini birlikte atarak sınadığı hakkında hiçbir delil yok.[149]

1582'de Galileo Padua'da matematik profesörü oldu. En önemli çalışmalarını burada yaptı: düşen cisimlerin davranışları ve eğik düzlemlerden yuvarlanan topların ivmeleri üzerinde çalışırken zamanı da sarkaçlarla ölçüyordu. Galileo Padua'dayken Venedikli bir kadın olan Marina Gamba ile birlikte yaşadı. Evlenmediler ama iki kızları ve bir oğulları oldu.

1609'da Galileo teleskobun icadını (aslında Hollandalı deneyciler Leonard Digges'in İngiltere'de daha önce icat ettiği aygıtı yeniden yap-

mışlardı) duyunca kendi teleskoplarını yaparak gökyüzünü inceledi. Ay'daki dağları gözledi, Jüpiter'in dört uydusunu keşfetti, çıplak gözle görülmeyen binlerce yıldız gördü. Tüm bunları içeren kitabı *Sidereus Nuncius* (yıldızların habercisi) 1610'da yayımlandı ve sansasyon yarattı. Aynı yıl bu ününün getirdiği rahatlıkla üniversite görevini bırakarak Toskana Grand Dükünün desteğiyle bağımsız çalışmaya başladı.

Bu olanağıyla Floransa'ya dönüp (Marina Padua'da kalarak sonradan başka birisiyle evlendi) hidrostatik deneyleri yaparken bir yandan da Dünya'nın güneş çevresinde dolandığını söyleyen Kopernikçi fikirleri destekleyen söylemini sürdürdü. Katolik Kilisesi bu fikri sapkınlık olarak nitelediğinden Galileo'ya bu hususta yasak getirdiyse de diğer çalışmalarına izin veriliyordu. VIII. Urban 1623'te Papa olunca Galileo'ya Kopernikçi fikir yanında ve karşısındaki savları görünüşte dengeli bir şekilde sunduğu bir kitap yazması için izin verildi. *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (iki büyük dünya sistemi hakkında diyalog) adlı kitap 1632'de yayımlandı, ama eğilimi öylesine açıkça Kopernik'in lehineydi ki Roma tarafından hemen yasaklandı (böylece her yasa dışı kopyası hevesle okunup durdu) ve Galileo sapkınlıkla yargılanarak 1633'te ömür boyu ev hapsiyle cezalandı. Floransa yakınlarındaki villasında çalışmalarını sürdürürken 8 Ocak 1642'de –Isaac Newton'ın doğduğu yıl– öldü. Bu hüküm 31 Ekim 1992'de Papa II. Jean Paul tarafından resmen kaldırıldı. Galileo'nun özellikle düşen cisimler ile devinim hakkındaki ve matematiğin fizikteki önemi üzerindeki vargıları Newton'ın kütleçekim yasası ve devinim yasaları için yolu döşemişti.

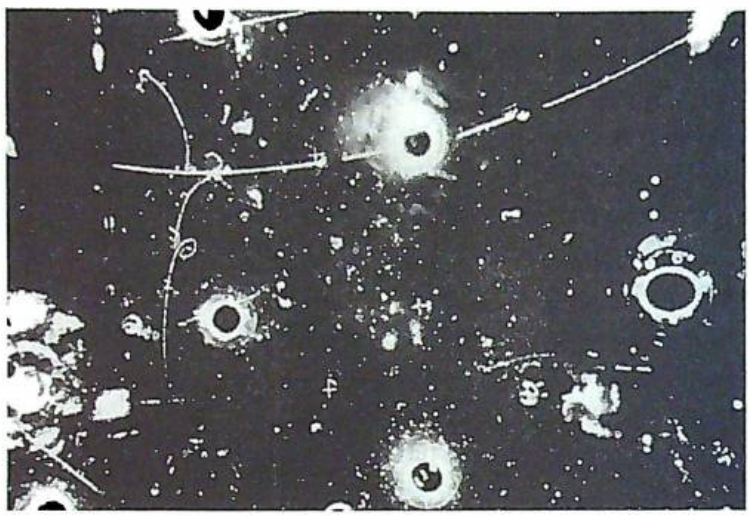
**gama ışınımı//gamma radiation//** Dalga boyları $10^{-10}$ ile $10^{-14}$ m arasında olan elektromanyetik ışınım. Enerjileri de foton başına on bin elektron volttan on milyon elektron volta kadardır. X-ışınlarına benzerler ama enerjileri daha yüksektir.

**gama ışınları** Bkz. ***gama ışınımı.***

**Gamow, George (1904-1968)** Rusya doğumlu ABD'li fizikçi. Kuantum fiziği ve kozmolojiye önemli katkıları oldu ve genetik şifrenin doğasını da araştırdı.

4 Mart 1904'te Odesa'da (Şimdi Ukrayna'nın parçası) doğan Gamow Leningrad (St. Petersburg) Üniversitesinde okudu ve 1928'de doktorasını tamamladı. 1920'lerin sonlarında tam kuantum mekaniğinin gelişme yıllarında Göttingen, Cambridge ve Kopenhag'da bulundu. 1928'de anahtar bir sezgiyle ***alfa bozunmasının tünelleme*** ile açıkla-

nabileceğini gösterdi (ABD'li ***Edward Condon*** da bağımsız olarak aynı şeyi düşünmüştü). Bu, kuantum mekaniğinin, çekirdeklerin anlaşılmasına ilk uygulanışı olup ***John Cockroft*** ve ***Ernest Walton***'un "atom parçalama" deneylerine yol gösterdi. Gamow 1928'in sonlarında Kopenhag'da çalışırken çekirdeğin sıvı damlası modelini de (çoğu zaman yanlış olarak ***Niels Bohr***'a atfedilir) ortaya attı. Bir yandan da Robert Atkinson ve Fritz Houtermans ile birlikte yıldızların içinde (tünelleme olayıyla çok yakından ilgili olan) çekirdek tepkimelerinin olma hızının hesaplanması üzerinde çalışıyordu.



***Gargamelle'in içi.*** *Bu, görünüşte anlamsız kabarcık dizileri aslında nötr akımlar için ilk doğrudan delilleri sağlamıştı.*

Gamow SSCB'ye döndüğünde 1931-1933 arası Leningrad Bilimler Akademisinde araştırma kaptanı olarak çalışırken Leningrad Üniversitesinde profesör yapılmıştı. Ancak dönemin katı Stalin rejimine uyum sağlayamamıştı. 1933'te Brüksel'deki bir uluslararası bilimsel toplantıya katılmak için Sovyetler Birliği'nden çıkış izni verildiğinde yoluna devam ederek Washington D.C.'deki George Washington Üniversitesine kapağı attı. 1934'ten 1956'ya kadar orada kaldı. Bu arada 1936'da ***Edward Teller*** ile beta bozunmasının erken bir kuramı üzerinde çalıştılar. Daha sonra Boulder'daki Colorado Üniversitesine geçti ve ömrünün sonuna kadar orada kaldı.

1940'ların ortalarından sonra Gamow, Evrenin Büyük Patlama modelinin önde gelen savunucularından oldu; hatta iki çalışdaşı Alpher ve Herman ile birlikte boş uzayın elektromanyetik ardalan sıcaklığı-

nın günümüzde 7 K kadar olması gerektiğini önsöydüler (ertesi yıl yapılan düzeltme 3 K gibi bir sonuç vermişti[150]). 1950'lerde DNA'nın moleküler yapısının Watson ve Crick tarafından ortaya konulmasından sonra yapıdaki dört baz molekülün dört harfli bir alfabe gibi değişik sıralanmalarla kodlamaya yarayabileceğini öneren Gamow bir yandan da hem öğretici hem de eğlendirici ve kolay okunabilir birçok popüler kitap yazdı, en ünlüleri hâlâ yayımda olan "Bay Tompkins" dizisidir. 20 Ağustos 1968'de Boulder'de öldü.

**Gargamelle** CERN'deki büyük *kabarcık odası*. Başka şeylerin yanı sıra, aracılığını *Z parçacığı*nın yaptığı *nötr akım* etkileşmelerinin keşfinde kullanılmıştı. Belki en son büyük kabarcık odası olan Gargamelle 1971'de tamamlanmıştı. Artık bunlar yerine elektronik dedektörler kullanılmakta.

**Gassendi, Pierre (1592-1655)** Fransız fizikçi ve filozof. Düzgün hızla yüzen bir teknenin serenin tepesinden bırakılan bir taşın serenin dibine düştüğünü göstererek devinimin bağıl/göreli olduğunu ortaya koydu.[151]

22 Ocak 1592'de Champtercier'de doğan Gassendi teoloji okudu ve 1616'da Avignon'dan doktorasını aldı. Ertesi yıl kilise görevine atandı; bir yandan da Aix-en-Province Üniversitesinde felsefe profesörü oldu. 1624'te Digne'deki katedrale provost olarak atandı. 1645'te ise Paris'te Krallık Kolejinde matematik profesörlüğüne getirildi. Bozulan sağlığı yüzünden 1648'de emekliliğe ayrıldı ve 21 Ekim 1655'te Paris'te öldü.

Bir fen deneycisi olmaktan çok filozof ve kuramcı olsa da Gassendi'nin tarihteki sağlam yerini veren, ünlü gemi deneyi oldu. 1640'ta, *Isaac Newton*'ın doğumundan iki yıl önce, Fransız Donanmasından ödünç bir kadırga (o günlerdeki en hızlı ve en sarsıntısız taşıt) alarak Akdeniz'in durgun sularında kürekçilerin düzgün çekişleriyle deneylerini yaptı. Günün "sağduyusu"nun zıddına serenin tepesinden bırakılan taşlar geminin gidişine ters yönde düşeceklerine, Gassendi'nin beklentisine uygun, serenin dibine, devinen geminin oluşturduğu (eylemsizlik) referans çerçevesinde dosdoğru aşağıya, dibine düştüler.[152]

Gassendi atomların da varlığını savunuyordu. Ayrıca *orora borealis*'in de (kutup ışıkları) adını koymuştu.

**Gauss, Karl Friedrich (1777-1855)** Alman fizikçi, matematikçi ve gökbilimci. Fenbilimine yaptığı pek çok katkının arasında Öklitçi olmayan geometri (ki daha sonra genel görelilik kuramında önemli olacaktı) öncü çalışmaları oldu.

30 Nisan 1777'de Brunswick'te doğan Gauss bir bahçıvanın oğluydu. Matematiğe karşı erken gelişen yeteneğini fark eden öğretmeni[153] bu çocuk dâhiyi Brunswick Dükünün dikkatine getirdi. Dük Gauss'un eğitimini destekleyerek önce Brunswick'teki Collegium Carolinum'da ve 1795-1798 arasında da Göttingen Üniversitesinde okumasını sağladı. Gauss 1806'da Göttingen Gözlemevi müdürlüğüne getirildi ve 23 Şubat 1855'teki ölümüne dek bu görevde kaldı. En önemli edimleri matematikte olsa da gökbilimi ve fiziğe de çok önemli katkıları oldu. Fizikteki en belirgin katkıları elektrik ve manyetizmayla ilgili olup bunların matematiksel yapılarının geliştirilmesine öncülük yaptı.

**gauss** Manyetik alan şiddeti birimi olup simgesi G'dir. 1 G = $10^{-4}$ ***tesla***.

**Gay-Lussac, Joseph Louis (1778-1850)** Fransız kimyacı; gazların davranışlarının anlaşılması hakkında önemli katkıları oldu.

6 Aralık 1778'de Saint-Leonard'da doğan Gay-Lussac, daha sonra Fransız devrimi sırasında hapis yatan bir yargıcın oğluydu. Paris'te Ecole Polytechnique'te öğrenim gördü ve 1800'de bitirince Napoléon'un dostu kimyacı Claude-Louis Berthollet'in yardımcısı oldu. Kâşif ve doğa araştırmacısı Alexander von Humboldt'a (1769-1859) gezilerinde eşlik ettikten sonra ve de sıcak hava balonlarıyla çıkıp atmosferin bileşiminin yükseklikle değişip değişmediğini ölçtükten sonra Gay Lussac 1808'de Sorbonne'da fizik profesörü bunun yanı sıra 1810'da da Ecole Polytechnique'te kimya profesörü oldu. Daha sonra birçok devlet görevi arasında 1829'da Darphaneye Baş Çözümlemeci olduktan sonra Fransız Meclisine seçildi. 1832'de Doğa Araştırmaları Müzesine kimya profesörü olarak atandı. 9 Mayıs 1950'de Paris'te öldü.

Gay Lussac'ın en önemli fen çalışması gazların birbirleriyle bileşmesinin hacimleriyle basit tamsayı oranlarıyla olduğunu gösteren yasadır. Gay Lussac yasası olarak anılan yasa 1808'de yayımlandı. Bu, maddenin olması gerekli ve moleküllerin varlığını içeren atomlu yapısını geliştirmedeki kilit adımı oluştururken Amadeo Avogadro'nun yapacağı kilit çalışmalara da yol gösterdi.

**gecikmiş seçme deneyi//delayed choice experiment//** Aslında kuantum dünyasının tuhaflığını göstermesi için ***John Wheeler***'in hayal ettiği bir düşünce deneyiyken deneyciler tarafından gerçekleştirilen bir deney. İki delikli (*çift yarık*) deney teması üzerine olan bu çeşitlemesinde ***Wheeler*** o deneyde kanıtlanmış olan durumdan başlamıştı: yani düzeneğe gönderilen fotonlar sanki her iki delikten birden geçmiş

ve kendi kendileriyle girişmişler gibi çıkışta bir desen oluştururken fotonların hangi delikten geçtikleri birer dedektörle saptandığında ise girişim deseni oluşmuyor.

Wheeler şuna işaret etti: dedektörü deliklerin kendilerine değil de deliklerle en sondaki saptama perdesinin arasına koyup belli bir fotonun hangi yoldan geldiğine delikten geçtikten sonra ama perdeye düşmeden önce bakıp görmek mümkündür. Kuantum kuramına göre, dedektörü kapatmayı seçip fotonlara bakmazsak girişim deseni oluşturulacak; yok fotonların hangi delikten geçtiğine geçişten sonra *bile* baksak girişim deseni olmayacak. "Gecikmiş seçme" işin içine giriyor çünkü fotona bakıp bakmama kararını delik(ler)den geçtikten *sonra* da yapabiliriz (ya da kararı hızlı bir bilgisayar rasgele de yapabilir). Kararımız fotonun saniyenin minicik bir kesri öncesinde ne yaptığını, kuantum kuramına göre, etkiler görünüyor.

Birisi Maryland Üniversitesinde, diğeri Münih Üniversitesinde yapılan iki bağımsız deney 1980'lerin ortalarında gerçek durumun da böyle olduğunu onayladı. Fotonların bu deneylerdeki davranışı, deney düzeneğinde değişme fotonlar yoldayken bile yapılsa etkileniyor; öyle ki bu, fotonların düzeneğin nasıl değişeceği hakkında daha yola çıkmadan önce fikir sahibi olduklarını ima ediyor.

**geçirgenlik//permeability//** Bir maddenin, içinde bulunduğu manyetik alanın şiddetini değiştirmesinin bir ölçüsü. Manyetik geçirgenliğin tam tanımı maddenin içindeki akı yoğunluğunun dışındaki alan şiddetine oranıdır. Değişik birimlerin tanımlanma biçimlerinden ötürü kimi birim sistemlerinde boş uzayın geçirgenliği 1 değil (oysa öyle olması beklenirdi; çünkü boş uzayın, bir manyetik alanı, içindeki manyetik alanın şiddetine göre etkilememesi gerekir). Bu tamı tamına birimlerin kötü[154] seçilmiş olmasından ileri gelmekte olup bir boylandırma sorunu olarak görülebilir (bkz. ***manyetik sabit***). O birimlerle iş görürken bağıl geçirgenlik –geçirgenliğin boş uzayın geçirgenliğine oranı– kullanmak daha iyi. Eğer (bağıl) geçirgenlik 1'den küçükse malzemeye diyamanyetik, büyükse paramanyetik denilir.

**geçiş//transition//** Bkz. ***kuantum sıçramaları.***

**geçmişler üzerinden toplam//sum-over-histories//** Kuantum dünyasında neler olduğunu betimlemenin bir yolu (bir kuantum *yorumu*). İlk ortaya koyan 1940'larda ***Richard Feynman*** oldu. Özünde yol integrali adıyla aynı, ama bu yorum öyle önemli ki ne hakkında olduğunu bir kez daha gözden geçirmeye değer.

Geçmişler üzerinden toplam yorumu adı, Feynman'ın, (elektron gibi) bir kuantum varlığının A'dan B'ye giderken mümkün her yolu (belki *çift yarık deneyi*ndeki deliklerden) birden aldığını düşünmesinden almaktadır. Mümkün her bir yol bir "geçmiş"le ilişkili. Her geçmiş ***genlik*** denilen ve izlenen yolların olasılığına karşılık gelen bir sayıyla ilişkili. Bu sayı yolla ilişkili ***eylem***le bağlantılı olup bir ***karmaşık sayı***dır (bkz. ***faz*** (kuantum)).

Yolların olasılık genlikleri, yani geçmişleri birbirleriyle "uygun adım"la gitmiyor ve havuzdaki çırpıntıların genlikleri gibi birbirleriyle girişim yaparak bir yolun genliğini pekiştirirken diğerlerininkileri söndürebilir. Belli bir yolun olasılığı genliğinin mutlak karesiyken A'dan B'ye gidişin olasılığı tüm yolların olasılıklarının toplamı *değil*, tüm yolların genlikleri toplamının mutlak karesidir.

Ek okuma: Richard Feynman, *Kuantum Elektrodinamiği* (*KEDİ*), 3. Baskı, Pan 2010.

**Geiger, Hans Wilhelm** (1882-1945) Adıyla bilinen radyoaktiflik ölçen sayacı icat eden Alman fizikçi.

30 Eylül 1882'de Neustadt'ta doğan Geiger, Münih Üniversitesinde ve 1906'da fizik doktorasını aldığı Erlangen Üniversitesinde öğrenim gördü. Ardından Manchester'a giderek ***Ernest Rutherford*** ve ***Ernest Marsden***'le birlikte atomların çekirdekli yapısını gösteren deneyleri yaptı.

Geiger 1912'de Almanya'ya dönerek Berlin'deki Physikalische Technische Reichsanstalt'ın (Devlet teknik ve fizik laboratuarları) başına geçti. Birinci ***D***ünya Savaşında topçu birliklerinde bulundu ve savaş sonunda eski görevine döndü. 1925'te Kiel Üniversitesine ve 1929'da Tübingen Üniversitesine fizik profesörü olarak geçti. 1936'da Berlin'e dönerek Charlottenburg Üniversitesinin fizik bölümü başkanı oldu. İkinci ***D***ünya Savaşı sırasında hastalandı ve savaşın son aşamalarında evini ve varlıklarını yitirerek 24 Eylül 1945'te Potsdam'da öldü.

**Geiger sayıcısı (Geiger-Müller sayıcısı) //Geiger counter (Geiger-Müller counter)//** Alfa ve beta parçacıkları gibi elektrik yüklü parçacıkların ("iyonlaştırıcı ışınlar") varlığını ve çokluğunu ölçen bir aygıt. Dedektörün temelinde tel biçiminde bir anodu çevreleyen silindirik bir katot bulunup aralarındaki bölge onda birkaç atmosfer basınçta metan ve inert argon gazıyla doldurulmuştur. Anot ile katot arasındaki potansiyel farkı 1000 volt civarındadır. Tüpten geçen yüklü parçacıklar bir elektriksel boşalmaya (gazı iyonlaştırarak kıvılcım gibi bir akıma sebep olma) yol açar, bu da devredeki ses çıkaran bir aygıtın

"tıkırtı" doğurmasına yol açar. Aygıt gazdaki atomlardan elektron koparabilecek enerjideki fotonları da (gama ışınlarını) saptar.

**Geiger-Müller tüpü//Geiger-Müller** tube// ***Geiger sayıcısı***ndaki tüp.

**Gell-Mann, Murray** (1929-2019) ABD'li fizikçi. Temel parçacıkların sınıflandırılmasına ilişkin çalışmalarıyla –bu arada ***kuark*** fikrini ileri sürenlerden birisi olup adını da o koymuştu– 1969 Nobel Fizik ödülünü aldı.

15 Eylül 1929'da New York Kentinde doğan Gell-Mann harika çocuk olarak 15 yaşında Yale Üniversitesine girdi. MIT'den 1951'de doktorasını aldı. Bir yıl Princeton İleri Çalışmalar Enstitüsünde çalıştıktan sonra 1952'de Chicago Üniversitesine geçerek ***Enrico Fermi*** ile çalıştı. 1955'te Caltech'e (California Teknoloji Enstitüsü) doçent olarak geçti ve ertesi yıl profesörlüğe yükseltildikten sonra çalışma yaşamını hep orada sürdürdü. Yeğin bir rekabetçi ve her şeyde en iyi olma azminde olan Gell-Mann Caltech'te kendisini azıcık ***Richard Feynman***'ın gölgesinde hissediyordu. Gell-Mann'ın eski öğrencilerinden birisi (adını saklı tutmak istiyor) bize "Murray çok parlaktı, bize tembellik etmeyip çok çalışsak onun kadar iyi olabileceğimizi hep hissettirirdi; ama Dick hakkında kimse böyle düşünemezdi" demişti.

1953'te Gell-Mann ve Japon fizikçi ***Kazuhiko Nişijima*** bağımsız olarak, 1950'lerde yeni yapılan hızlandırıcılarda çok sayıda çeşitleri keşfedilmeye başlanan parçacıkların (önceleri bunlara "temel" dendiyse de sonraları kuarklar gibi daha temel parçacıklardan oluştukları anlaşılacaktı) bir kısmına ait davranışların "acayiplik sayısı" adı verilecek bir özellik atfedilerek açıklanabileceğini ileri sürdüler. Bu adın sebebi bu gibi parçacıkların (gene de saniyenin minik bir kesri olan) ömürlerinin benzerlerine oranla beklenmedik ölçüde daha uzun olmasından ileri geliyor. Bu durum 1960'ların başlarında Gell-Mann'ı ve de bağımsız olarak İsrailli ***Yuval Ne'eman***'ı "sekiz katlı yol"[155] denilen bir parçacık sınıflandırma yöntemine götürdü. Bu sistem, parçacıkları tıpkı Mendelyev'in elementleri kimyasal özelliklerine göre düzenlediği gibi düzenleyip onun germanyum elementinin özelliklerini buradan önsöymesine benzeterek ***omega-eksi*** denilen parçacığı önsöymüştür.

1962'de Gell-Mann üçüncü kez bir başkasıyla aynı sırada parlak bir fikir edinmişti. George Zweig ve o birbirlerinden bağımsız olarak, sekiz katlı yol örüntüsünün, proton ve nötron gibi bölünmez oldukları sanılan parçacıkların da aslında daha küçük birimlerden oluşmasıyla açıklanabileceğini düşündü; tıpkı Mendeleyev'in cetvelindeki kimyasal elementlerin özelliklerinin, yapılarının, bir zamanlar bölünemez

olduğu sanılan atomların aslında proton, nötron ve elektronlardan oluşmuş bileşik yapılar olmasıyla açıklanabilmesi gibi. Örneğin ***acayiplik özelliği*** gösteren parçacıklar ***acayip kuark (s kuark)*** içerir.

Bu alt parçacıklara Zweig "as"lar derken Gell-Mann "kuark" adını vermişti. Zweig öğrenci, Gell-Mann ise kuvvetli bir kişiliği olan bir profesör olduğundan onun koyduğu ad kalıcı oldu. 1969'da bile kuark modeline ilişkin öyle kuşku vardı ki Gell-Mann'ın Nobel Ödülü açıklamasına özellikle katılmamıştı. Gell-Mann 1950'lerin sonlarında zayıf etkileşmelere ilişkin bir kuram geliştirmişti; aynı sırada Feynman da benzeri bir kuramı bağımsız olarak (o sıralarda Brezilya'daydı) aynı fikre varmıştı. Bu iki (genelde dostça) rakip Caltech'teki meslektaşlarınca bu çalışmaları birlikte yayımlamaları için teşvik edildiler. Bu onların tek ortak çalışmasıydı. İlginçtir ki bütün yeteneğine karşın Gell-Mann'ın, bir başkasının da aynı şeyi o sıralarda tamamen bağımsız şekilde yapmadığı hiçbir önemli keşfi olmadı.

Gell-Mann 24 Mayıs 2019'da Santa Fe'de öldü.

genel görelilik kuramı//theory of general relativity// Bkz. ***görelilik kuramı***.

genlik//amplitude// Dalgalar için genlik, dalganın tepesi ile çukuru arasındaki aralığın yarısıdır. Kuantum mekaniğinde bir sürecin genliği oluşan sürecin olasılığıyla bağlantılı bir karmaşık sayıdır. Bir sürecin birden çok almaşığı varsa bunlardan her birisi için bir genlik vardır. (Örneğin bir elektronun A'dan B'ye gidebileceği değişik birkaç yol varsa her birinin kendi ayrı genliği olur.) Elektronun belli bir yolu "seçme" olasılığı genliğin mutlak değerinin karesine eşittir. Ama elektronun C ya da D'ye değil de B'ye herhangi bir yoldan varma olasılığı ise olasılıkların toplamı değil genlikler toplamının karesidir (bkz. ***geçmişler üzerinden toplam***).

gerçeklik//reality// Bkz. ***yerel gerçeklik***.

geribesleme//feedback// Bir sistemin çıktısının, sistemin edimini doğrudan etkilemesini doğuran bir süreç. Bu süreç çıktıyı sürekli pekiştiren (pozitif) ya da zayıflatan (negatif) olabilir. Pozitif geribeslemeye en bilinen örnek bir yükseltici aracılığıyla hoparlöre bağlı bir mikrofonun, hoparlörden çıkan sesi alarak yeniden yükseltip hoparlöre göndermesi ve bunun tekrarlanıp durmasıyla iyice yükseltilip gürültü gibi olması. Bu denetimden kaçan süreç sistemde bir şey çökene dek sürer. Geribeslemenin bir diğer türü ise zayıflatan geribeslemedir. Bu, sistemden çıkış, bu çıkışa yol açan sürecin şiddetini azalttığında olur.

Basit bir örnek eski moda buhar makinelerindeki güvenlik süpabıdır. Makine hızlandığında süpabın açılmasıyla buhar basıncının azalması makineyi yavaşlatınca süpap kapanır. Bu, kararlılık sağlayan bir süreç olup sistemin belli sınırlar arasında kararlı olarak çalışmasını sağlar. Hem pekiştiren hem zayıflatan geribesleme doğal sistemlerde kendisini gösteriyor.

**Gerlach, Walther (1889-1979)** Alman fizikçi. En çok *Otto Stern* ile birlikte yaptıkları ve elektronun *spin*inin varlığını ortaya koyan *Stern-Gerlach deneyi* ile bilinir.

1 Ağustos 1889'da Biebricht am Rhein'da doğan Gerlach Tübingen Üniversitesinde öğrenim gördü ve 1916'da doktorasını aldıktan sonra orada *öğretim görevlisi* oldu. Kısa süreyle Göttingen ve Frankfurt'ta (Stern'le ünlü deneyi yaptıkları yer) benzer görevler yaptıktan sonra Tübingen'e dönerek 1925'te profesör oldu. 1929'da Münih Üniversitesinde fizik profesörlüğüne atandı ve 1957'de emekli oldu. 10 Ağustos 1979'da Münih'te öldü.

**Germer, Lester Halbert** (1896-1971) ABD'li fizikçi. *Clinton Joseph Davisson* ile birlikte elektronların dalga niteliğini kanıtlayan deneyi (Davisson bu deneyle Nobel Ödülünü paylaştı) yaptılar. 10 Ekim 1896'da Chicago'da doğan Germer bu deney sırasında Columbia Üniversitesinde Davisson'un araştırma öğrencisiydi. New York'un Gardiner kentinde 3 Ekim 1971'de öldü.

**GeV** 1 milyar, $10^9$, elektron volt.

**gezegen modeli//planetary model//** Bkz. *Bohr modeli.*

**Giaver, Ivar (1929- )** Norveç doğumlu ABD'li fizikçi. Tünel olayıyla ilgili çalışmaları için verilen 1973 Nobel Fizik Ödülünü, *Leo Esaki* ve *Brian Josephson* ile paylaştı.

5 Nisan 1929'da Bergen'de doğan Esaki, Norveç Teknoloji Enstitüsünde elektrik mühendisliği okudu ve (1952 ve 1953'te askerlik görevinden sonra) Norveç Patent Ofisinde çalıştı. 1954'te Kanada'ya göçerek Kanada'daki General Electric Şirketinde çalışmaya başladı. 1956'da şirketin New York Schenectady'deki araştırma merkezine geçti ve burada *süperiletkenler*deki tünelleme üzerinde çalıştı. 1964'te New York'taki Rensselaer Politeknik Enstitüsünden doktorasını aldı ve aynı yıl ABD vatandaşı oldu.

**girişim//interference//** İki dalga takımının birbiriyle etkileşerek oluşturdukları ve genel görünümünde belirgin bir yüksek ve alçak şiddet

bölgelerinin bulunduğu bölgeler deseni. Bunun en ünlü örneği *çift yarık deneyi*ndeki yarıklardan geçen iki ışık dalgasının bir perdede oluşturduğu karanlık ve aydınlık şeritler desenidir (girişim deseni). Ama girişim, havadaki ses dalgaları ya da havuzdaki su dalgaları gibi diğer dalga türlerinde de olur; hatta kuantum kuramının, kuantum dünyasında olanların en yaygın yorumundaki ***olasılık dalgaları*** betimlemesinde de karşılaşılır. Işığın girişiminin incelenmesinde öncülüğü 19. yüzyılın başlarında ***Thomas Young*** ve ***Augustine Fresnel*** yapmışlardı. Bunda iki dalganın birleşerek iyice yüksek bir şiddet tepesi oluşturmasına yapıcı girişim, birbirlerini zayıflatarak düşük bir şiddet çukuru oluşturmasına da yıkıcı girişim denilir.

Bir sabun köpüğü ya da su yüzeyindeki yağ tabakaları gibi ince filimler de girişim deseni gösterir, çünkü filimin ön ve arka yüzeylerinden yansıyan ışıklar birbirleriyle kalınlığına bağlı olarak uyumsuz (ya da uyumlu) olabilirler. Beyaz ışık, farklı renklere karşılık gelen değişik dalga boylarında ışıkların karışımı olduğundan, filmin kalınlık değişimlerine ve bakış açısına göre girişim sonucu kimi renkler yıkıcı girişimle sönük, kimileri yapıcı girişimle parlak görünerek oynak bir renk deseni görülebilir.

girişim **deseni//interference pattern//** Bkz. ***girişim***.

**girişimölçer//interferometer//** Dalgaların ***girişim***inden yaralanarak dalgaların ya da taşıyıcı ortamın, dalga boyu ya da bir yüzeyin düzgünlüğü gibi özellikleri ölçmeye yarayan aygıt. Girişimölçerin temel çalışma biçimi, bir ışık huzmesini iki parçaya ayırıp, yeniden birleştirmeden önce ayrı yollardan geçirmektir. Yıkıcı girişim, bu iki ışık huzmesinden birisinin diğerine göre azıcık farklı uzunlukta bir yol gittiğinde uygun adım gidişin bozulmasıyla oluşur.

Bu teknikten ***lazer*** demetleri kullanılarak uzaklıkların çok yüksek kesinlikle ölçülmesi için yararlanılabilir. ***Michelson-Morley deneyi***nin özünde girişimölçer olup, ölçülen ışığın hızının ***D***ünya'nın uzaydaki deviniminden etkilenmediğini göstermiştir.

Çok daha büyük ölçeklerde, radyo-gökbiliminde aynı kaynağı eşzamanlı olarak gözleyen iki (ya da daha çok) radyoteleskoptan (ayrı antenlerden) gelen verilerin uygun şekilde programlanmış bilgisayarlarda birleştirilmeleriyle bu imlerin girişimlerinin çözümlenmesi sağlanabilir. Örneğin, parlaklığı düzgün yayılı disk biçimindeki bir kaynak için girişim deseni kaybolabilir. Çünkü kaynağın bir yanından gelen dalgaların yaptığı girişim deseninin aydınlık çizgileri, karşısın-

dan gelen dalgaların oluşturduğu girişimin karanlık çizgileriyle çakışabilir. Demek ki girişim deseninin biçimi (aslında bu ideal örneğinkinden çok daha karmaşıktır) radyo dalgalarının kaynağının yapısına ilişkin bilgi sağlayabilir. Gökbilimsel girişim tekniği daha önce görünen ışıkla (özellikle Albert Michelson tarafından) yıldız çaplarının ölçülmesinde uygulanmıştı. Her ne kadar bu tekniğin uygulanabileceği kadar yakın ve parlak yalnız altı yıldız bulunsa da, örneğin İkizlerevi (Betelgöz) yıldızının çapının Güneş'inkinden 800 kat büyük olduğunu bu sayede biliyoruz.

**giyinik kütle//dressed mass//** Elektron gibi bir kuantum varlığının, sanal parçacıklar bulutuyla "giydirilme" biçiminden dolayı uzak erimde ölçülen etkin kütlesi. Bu, varlığın, çok kısa erimli etkileşmelerde kendisini gösteren *çıplak kütle*sinden farklı olabilir.

**giyinik yük//dressed charge//** Elektron gibi bir kuantum varlığının, sanal parçacıklar bulutuyla "giydirilme" biçiminden dolayı uzak erimde ölçülen yükü. Bu, varlığın, çok kısa erimli etkileşmelerde kendisini gösteren *çıplak yük*ünden farklı olabilir.

**gizli ısı//latent heat//** Bkz. *özgül ısı*.

**Glaser, Donald Arthur** (1926-2013) *Kabarcık odası*nı icat eden ABD'li fizikçi.

Glaser 21 Eylül 1926'da ABD'nin Ohio eyaletindeki Cleveland'da doğdu. Aynı kentteki Cleveland Teknoloji Enstitüsünde okudu ve 1946'da bitirdi. 1949'da kozmik ışınlar üzerine olan teziyle Caltech'ten doktorasını aldıktan sonra 1959'a kadar Michigan Üniversitesinde çalıştı. 1959'da California Üniversitesinin Berkeley kampusüne geçti. Orada çalışmayı sürdürürken 1964'te ilgisi fizikten moleküler biyolojiye evrildi.

Glaser, birkaç santimetre büyüklüğündeki ilk kabarcık odasını Michigan'dayken 1952'de yaptı. Bu çalışmasıyla 1960 Nobel Fizik Ödülünü aldı.

Glaser 28 Şubat 2013'te Berkeley'de öldü.

**Glashow, Sheldon Lee** (1932- ) ABD'li fizikçi, ***Abdüsselam*** ve ***Steven Weinberg*** ile birlikte (ileride parçacık fiziğinin ***standart model***ine götürecek) ***elektrozayıf kurama*** katkılarından dolayı 1979 Nobel Fizik Ödülünü paylaştı.

5 Aralık 1932'de New York Kentinde doğan Glashow, ***Weinberg***'le aynı lisede (Bronx Fen Lisesi) sınıf arkadaşıydı. 1954'te Cornell Üni-

versitesini bitirdi ve 1959'da Harvard Üniversitesinde ***Julian Schwinger***'in yönetiminde doktorasını tamamladı. Glashow, Schwinger'in önerisi üzerine elektromanyetik ve zayıf kuvvetlerin birleştirilmesini geliştirmeye girişti. Ancak, böyle bir kuramın doğru bir matematiksel betimini bulduysa da tamamlayamadı. Aynı fikri bağımsız olarak edinen Abdüsselam ve Weinberg bunu tamamladılar ama ilk şekli yalnızca leptonlar için işe yarıyordu.

Glashow doktorasını tamamladıktan sonra Niels Bohr Enstitüsüne ve ***CERN***'e gitti. 1961'den 1967'ye kadar California Üniversitesinin Berkeley Kampusünde çalıştıktan sonra fizik profesörü olarak Harvard'a döndü. 1971'de elektrozayıf kuramı tüm temel parçacıkları kapsayacak şekilde genişletecek çalışmalara katıldı. Bu, dördüncü kuark olan ***tılsımlı*** (*c*) kuarkın keşfine götürdü; ardından da Glashow kuantum renkdinamiği kuramına katkıda bulundu.

**Glashow-Weinberg-Salam kuramı** = ***elektrozayıf kuram***.

**Goldstone bozonu** Her kapsamlı simetrik ***ayar kuramı***nda, simetri kırıldığı zaman ortaya çıkan sıfır spinli ve kütlesiz parçacıkların Cambridgeli fizikçi Jeffrey Goldstone'un adına atfen verilen genel adı. Parçacıklara kütle verilmesi için ortaya ***Higgs alanı*** denilen fazladan bir alan çıkması gerekir. Higgs düzeneği olmadan W ve Z parçacıkları kütlesiz Goldstone bozonları olurdu.

**Goldstone fermiyonu** ***Goldstone bozonu***nun ***süpersimetrik***li karşılığı. Bkz. ***süpersimetrik parçacıklar***.

**Goudsmit, Samuel Abraham (1902-1978)** Hollandalı-ABD'li fizikçi. Elektron için spin kavramını ilk ileri süren takımın üyesi.

11 Temmuz 1902'de Hollanda'nın Den Haag kentinde doğan Goudsmit doktorasını 1927'de Leiden Üniversitesinden aldı. 1925'te, daha öğrenciyken George Uhlenbeck ile birlikte ***Stern-Gerlach deneyi***ni (bir gümüş atomları huzmesinin manyetik alanda ikiye yarılması), gümüş atomlarının ***spin***lerinin("yukarı" ve "aşağı") olduğunu ileri sürerek açıklamıştı. Bunu, elektronların spinleri olduğunu, gümüş atomlarında tek sayıda (47) elektron bulunduğundan bir tanesi dışındakilerin spinlerinin (23 yukarı, 23 aşağı) birbirlerini götürdüğünden tek bir birimlik spinle kalarak, manyetik alanla atomların yarısının yukarı yarısının da aşağı spinle bir "tutamaç" gibi etkileşerek ayırdıklarını ileri sürdüler.

Bu kilit kavrayış, başka şeylerin de yanı sıra atomlarda iki elektronun ***fermiyon*** oldukları halde nasıl aynı enerji vb. düzeyinde buluna-

bildiklerini, yani yukarı ve aşağı spinle ayrıldıklarını gösteriyordu.[156] Spin daha sonra ***Paul Dirac*** tarafından sağlam bir kuramsal temele oturtuldu. Pek çok fizikçi bu önemli keşfe Nobel Ödülü verilmemesini şaşkınlıkla karşılamıştır.

Doktorasını tamamlamasının ardından Goudsmit ABD'ye göçtü. Önce Michigan Üniversitesinde çalıştı ve 1932'de fizik profesörü oldu, sonra da 1946-48 arasında Northwestern Üniversitesinde. İkinci ***D***ünya Savaşı sırasında radar çalışmalarına katıldı. 1944'te Alman fenbilimcilerin atom bombası geliştirme konusunda ne kadar ilerlediklerini araştıran toplulukla Fransız-Alman cephesine gönderildi. 1948'den, emekli olduğu 1970'e kadar ***Brookhaven Ulusal Laboratuarı***nda çalıştı. *Physical Review* dergisinin 1951-62 yılları arasında editörlüğünü yaptı ve 1958'de *Physical Review Letters* dergisini çıkarttı. Goudsmit 4 Aralık 1974'te Nevada'nın Reno kentinde öldü.

**Göppert-Mayer, Marya (1906-1972)** Fizik Nobel Ödülü verilen yalnızca iki kadından birisi. Almanya doğumlu ABD'li fizikçi olan Marya Göppert-Mayer bu ödülü 1963'te bağımsız olarak önerdikleri çekirdeğin tabaka modeli için ***Hans Jensen*** ile paylaştı (aynı yıl ***Eugen Wigner*** de başka ve çok önemli katkıları için ödüllendirilmişti).

Marya Göppert 18 Haziran 1906'da Yukarı Silezya'nın Kattowitz (Şimdi Polonya'daki Katowitce) kentinde doğdu. Ailesiyle 1910'da Göttingen'e göçtüler. Marya Göttingen Üniversitesiinde önce matematik (David Hilbert aile dostlarıydı) sonra da (David Hilbert'in derslerinden etkilenerek) fizik okudu ve 1930'da doktorasını aldı. Aynı yıl ABD'li kimyacı Joseph Mayer ile evlenince adı Göppert-Mayer oldu. 1931'de ABD'ye göçtü, ancak buhran yıllarında bir kadın fenbilimci olarak iş bulamadı. Ancak John Hopkins Üniversitesinde, sonra New York'taki Columbia Üniversitesinde, ardından da Chicago Üniversitesi ile Argonne Ulusal laboratuarında çalışmaya başladı (erkek egemen akademik çevrede eşinin asistanı olduğundan hoşgörüyle karşılanabiliyordu. II. Dünya Savaşı sonrası değişen ortamda ise Argonne'da, çok iyi karşılanmıştı.) Columbia'dayken, Manhattan Projesindeki çekirdek fiziği üzerindeki yetkinliğinin paha biçilmezliği sayesinde, ABD'nin bilim ortamında etkili erkek şovenlerin saygınlığını kazandı. Nobel Ödülü kazandıran çalışması, 1948 ile 1950 arasında 1946'da profesörlüğe atanmış olduğu Chicago Üniversitesindeyken gerçekleşti, orada ***Enrico Fermi*** ve ***Edward Teller*** ile çalışınıştı.[157] 1960'ta eşiyle birlikte San Diego'daki California Üniversitesine yerleşerek

(kendisi fizik, eşi kimya profesörü olarak) çalışma hayatlarını orada tamamladılar. 20 Şubat 1972'de ABD-San Diego'da öldü.

gölge evren//shadow universe// Bkz. ***gölge madde.***

gölge madde//shadow matter// Evrenin en erken döneminde (***Planck süresi***nin hemen ardından) kütleçekim diğer temel etkileşmelerden ayrıldığında oluştuğu düşünülen bir hipotetik madde biçimi. ***Süpersimetri*** kuramının kimi örneklerinde, bu olguyla birlikte Evrendeki enerjinin bir kısmı günümüzde bildiğimiz maddelere (gövdemizi oluşturan ***baryon***lar dahil) dönüşürken, geri kalanı ise iyice ayrı ve bizim parçacıklarla kütleçekime duyarlı olmanın dışında ortak yanı olmayan bir parçacık kümesine dönüşmüş. Bir gölge kişinin içinden geçip gidersiniz ama ikiniz de hiç farkına varmazsınız.[158] Bizim madde türümüzde kütleçekim (gravitasyon) ***graviton*** denilen spini iki birim olan parçacıklarla taşınır. Bunun (kurama göre) gravitino denilen süpersimetrili ve spini ½ olan eşi bulunmalı. Gölge maddede *her ikisinin* de eşdeğerleri olan 0 spinli gölge graviton ve spini yarım olan gölge gravitino bulunur. Diğer kuvvetlerin ve parçacıkların da gölge eşdeğerleri bulunmalı; ancak, kütleçekim dışındaki (çünkü kütleçekim uzay-zamanın bir özelliği olup her iki evren de aynı uzay-zamanı paylaşmakta ve gölge evrenle bizim evrenimiz kütleçekimle etkileşebilmeli) tüm gölge kuvvetler kendilerine yeterli olarak yalnız gölge dünyada etkili olurlar.

Bu iki tür maddenin eşit miktarlarda oluştuğunu ve gölge maddenin Evrenin kimi kozmolojik modellerinin gerektirdiği ve miktarı görünür maddeyi çok fazla aşan karanlık maddeyi sağladığını düşünmek için hiçbir sebep yok. Almaşık olarak bu iki dünya arasında ayna simetrisi gibi bir ilişki de olabilirdi; gölge ***elektron***lar, gölge ***proton***lar ve gölge ***nötron***ların yaptığı gölge yıldızların ve de gölge gökadaların hatta (belki de gölge ***aksiyonlar***dan oluşan) kendi gölge karanlık maddesini içeren bir Gölge Evren! Aksi gibi gölge madde kuramı öyle muğlak ki hemen hemen hayal edebileceğiniz her bilimkurgu olanağa izin veriyor (en azından yasaklamıyor).

Yine de bunu boş bir spekülasyonun ötesine götüren bir anahtar öğe var. Ayrıntıları muğlak da olsa görünüşte ***süpersimetri*** ve ***süpersicimler***i içeren denklemlerin tek bir çözümü bulunuyor. Bu çözüm ise kaçınılmaz olarak hem gerçek Evreni üretecek hem de bir gölge evreni. Birçok parçacık fizikçisi, eğer denklemlerin çözümleri bulunabilirse bunun görünen Evrenin tüm özelliklerini tamı tamına önsöyecek bir kuram için ufak bir bedel olacağını düşünüyorlar.

**göreli kuantum mekaniği//relativistic quantum mechanics//** *Kuantum mekaniği*nin özel görelilik kuramının (bkz. *görelilik kuramı*) gereklerini de içeren biçimi. Henüz kuantum mekaniğinin genel görelilik kuramını içeren yeterli bir kuramı (bkz. *her şeyin kuramı*) bulunamadı, ama bu atom tayflarının nasıl üretildiği gibi kılgın sorunlarla uğraşırken dert edilmez; çünkü herhalde kuantum *kütleçekim* yalnız *Planck ölçeği*nde önemli olacak.

Ama özel kuram tayf ölçümü gibi kılgın uygulamalarda çok fazla önemlidir. Bunu en iyi anlamanın yolu atomdaki elektronların yörüngelerinde büyük hızlarla devinen minik parçacıklar olarak düşünmektir. İçinde yüksek hızlar (yani ışık hızının önemli bir kesri kadar) söz konusu olan her sistemin davranışının sağlam bir şekilde önsöyülebilmesi için özel görelilik kuramıyla betimlenmesi gerekir.

Kuantum kuramı ile özel görelilik kuramını başarıyla evlendiren ilk kimse 1928'de Paul Dirac olmuştu. Göreli kuantum mekaniğinin geliştirilmesi, diğer başka şeylerin yanı sıra *karşı-madde*nin önsöyümüne götürdü.

**göreli kütle//relativistic mass//** Bir cismin kendisine göre devinen bir gözlemci tarafından ölçülen kütlesi (ya da bir gözlemciye göre devinen bir cismin kendisini durgun bilen gözlemci tarafından ölçülen –daha doğrusu ölçüldüğü sanılan– kütlesi) bkz. *durgun kütlesi*.

**göreli mekanik//relativistic mechanics//** Klasik mekaniği, nesnelerin devinimlerini özel ve genel görelilik kuramının (bkz. *görelilik kuramı*) birisine ya da ikisine birden uyan koşullara bağlı olarak betimleyen biçimi. Göreli mekaniğin klasik olarak nitelenmesi sağduyuyla uyuşmasından değil kuantum etkilerini içermemesi bakımındandır. Çünkü göreli mekanik *Newtoncı mekanik*ten sapma göstermesi yalnızca günlük yaşamdaki koşullardan çok büyük farklar gösteren, örneğin ışık hızının büyük bir kesriyle devinme ya da çok yeğin *kütleçekim alanları*nda bulunma durumlarında söz konusudur. Bu sebeple klasik mekanik terimi daha çok göreli olmayan Newtoncı mekanik için kullanılır.

Göreli mekaniğin denklemleri, başka şeylerin yanı sıra hızların doğru toplanmasını betimliyor, öyle ki bir cismin hızını artırmaya nasıl uğraşırsanız uğraşın, hiçbir şekilde ışık hızının altından üstüne hızlandırılamaz. Bunu veren denklemler doğrudan özel göreliliğin denklemleridir. Ama özel görelilik, örneğin giden otomobiller gibi düşük hızlarda devinen cisimlerin davranışlarını da güzelce betim-

ler. Hızlar ışık hızından çok düşük olduğunda özel kuramla yapılan hesaplarla Newton mekaniği aynı sonuçları verirler (bunların yakınlığı hızlar düştükçe artar), yani Newtoncı mekanik göreli mekaniğin özel bir hali olup bu onu özel kuramdam –"kısıtlı" olmak bakımından– daha özel yapmakta.

**görelilik kuramı//theory of relativity//** Albert Einstein'ın 20. yüzyılın ilk yirmi yılı içinde geliştirdiği iki kurama verilen toptan ad. Özel görelilik kuramı sabit hız vektörüyle[159] devinen cisimlerin davranışını betimler ("özel" terimi daha genel süreçler kıyasla "kısıtlı" olmak bakımından kullanılmakta). Genel görelilik kuramı ise ivmelerle ilgilenmekte (daha genel olmasının sebebi) ama can alıcı yanı kütleçekimin de kuramı olması. Gerçekten de genel görelilik kuramının temel taşlarından birisi eşdeğerlik ilkesidir. Buna göre ivme ve kütleçekim birbirlerine kesinkes eşdeğerdir. Her iki kuram da klasiktir, yani kuantum etkilerini içermezler. Ancak kuram ve gözlemler arasında iyi bir uyuşma sağlamak için özel kuramı kuantum mekaniğinin içine katmak zorunludur (bkz. ***göreli kuantum mekaniği***).

Özel kuram ilk 1905'te yayımlanmış olup devinen nesneler arasındaki ilişkilerle ilgilidir. 19. yüzyılın sonuna gelinirken böylesi ilişkilerin Newtoncı betimiyle (bkz. ***klasik mekanik***) elektromanyetizmanın ***Maxwell denklemleri*** arasında apaçık çelişkiler çıktı. Sağduyu olarak algılanan klasik mekanikte arabayla giderken ileri doğru bir top atılırsa topun yola göre hızı arabanın hız artı atılma hızına eşittir. Ama Maxwell denklemlerinin mutlak bir sabit olarak içerdiği *c ışık hızı* onu ölçen kişinin bağıl/göreli hızına değinmez. Einstein özel kuramı Maxwell denklemlerinin bu özelliğinden başlayarak ve Newtoncı mekaniğin yanlışlığını kabullenerek yarattı. Kurduğu mekanik sisteminde (***göreli mekanik***), arabada giderken ileriye bir ışık huzmesi gönderilirse yol kenarındaki –ya da Evrenin herhangi bir yerinde nasıl devinirse devinen herhangi bir gözlemci– ışık hızını *c* artı arabanın hızı olarak değil gene *c* olarak ölçecektir. Işık hızı çok büyük olduğundan da özel kuram ile klasik kuram arasındaki farklar ancak çok hızlı giden nesneler için ayırt edilebilir.

Einstein, kuramını matematiksel (cebirsel) olarak geliştirdiyse de, 1908'de Herman Minkowski (1864-1909) eğer zaman dördüncü boyut olarak ele alındığında geometrik olarak betimlenebileceğini gösterdi. Özel kuramın bu geometrikleştirilmesi hemencecik Einstein'ın zevkine uygun gelmediyse de anlaşılmasını kolaylaştırdığı gibi sonunda Onu genel kurama götürecekti.

Özel kuramın nasıl "işlediği" dikine duran bir kaleme ve masadaki gölgesine bakılarak bir fikir edinilebilir. Kalem üç boyutta durur ve belli bir uzunluğu vardır. Ama gölgesi masa üzerinde ve iki boyutta olup uzunluğu ise kalemin üç boyutlu uzayda nasıl yöneldiğine ve de ışığın geliş şekline bağlıdır. Minkowski'nin özel kuram sürümüne göre her nesne dört boyutlu uzay-zamanda bulunur ve de uzamı (cirmi)[160] denilen bir "uzunluğu" vardır. Nesnenin, dört boyutlu uzay-zamandaki yönelimine bağlı olarak üç boyutta farklı bir uzunluğu olabilir. Bir nesnenin uzay-zamanda "burulması" hızını değiştirmek demektir. Bir nesne daha hızlı gittikçe üç boyutlu gölgesi (uzunluğu) kısalır ve de ışık hızıyla giderse bütünüyle yok olur.

Benzer olarak, zaman (ya da daha doğrusu süre, yani saatin ardışık iki tıkırtısı arası) da dört boyutlu uzay-zamanın bir gölgesidir, ama bu gölge masa üzerinde değil masaya dik bir duvarın üzerine düşer öyle ki cismin boyu (masadaki gölge) kısalırsa devinen saatin iki tıkırtısı arasındaki süre uzar. Ama Einstein'ın 1905'te geliştirdiği denklemlerinin verdiği zaman "uzunluğu" ile uzay "uzunluğu"nun uygun bir bileşimi aynı kalır –matematiğe yatkın okuyucu, bir nesnenin dört boyutlu uzamının, onun uzay ve zamandaki gölgelerinin Pisagor'un ünlü teoreminin (bir dik üçgende hipotenüsün boyunu bulmak) dört boyutlu eşdeğeri olacağını fark etmiştir.

Özel kuramın anahtar özelliklerine göre, kendisini durağan olarak (yani ivmesiz demek olan bir eylemsizlik sisteminde) gösterebilecek bir gözlemci, devinen bir saatin yavaş çalıştığını, devinen bir cismin gidiş yönünde kısaldığını görecektir. Işığın hızı tüm eylemsizlik sistemlerindeki tüm gözlemcilere göre aynı olup ışık kaynağının nasıl devindiğine bağlı olmadığı gibi kütlesi olan hiçbir nesne ışık hızına erişemez (bkz. ***takiyon***). Ünlü $E = mc^2$ bağıntısı özel kuramın bir sonucudur. Bu arada özel kuramın her önsöyümü pek çok kere sınanmış olup hepsinde yüksek derecede başarılı olduğunu vurgulamak yerinde olacaktır. Örneğin parçacık ***hızlandırıcıları*** çoğunlukla ışık hızının ciddi bir kesriyle devinen parçacıklarla ilgilendiğinden tüm bu olgular önemlidir. Hızlandırıcıların yapısı parçacıkları hızlandıkça daha çok enerjiye gereksineceklerinin hesaba katılmasını gerektirdiğinden tasarımları klasik mekaniğe değil göreli mekaniğe göre yapılır. Eğer özel kuram gerçekliğin kötü bir betimi olsaydı bunlar hiç çalışmazlardı. Özel kuram, nesnelerin ışık hızından çok düşük hızlardaki devinimlerini de yetkinlikle betimler; yani "özel kuram" Newtoncı mekaniği "özel bir durumu" olarak içerir.

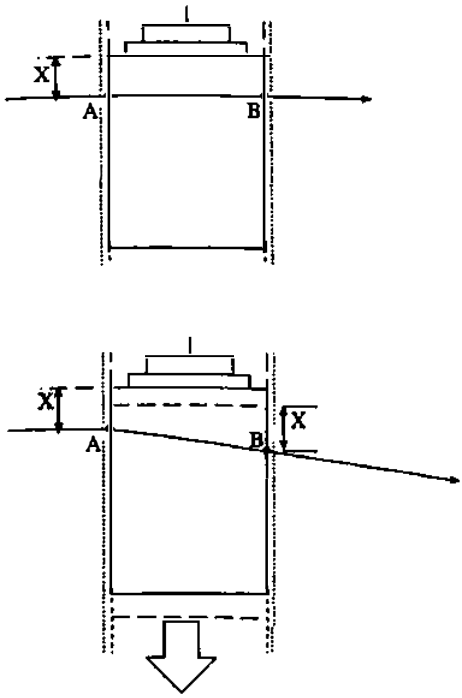
Özel kuram gibi genel görelilik kuramı da en kolay olarak uzay-zamanın dört boyutlu geometrisiyle anlaşılır. Genel kuram ilk kez 1915'in sonlarında Einstein tarafından Prusya Bilimler Akademisine verdiği bir dizi konferansta sunulmuş ve ertesi yıl yayımlamıştı.

Genel kuramın gelişimindeki kilit aşamalardan birisi Einstein'ın ilk 1907'de oluşturduğu eşdeğerlik ilkesidir. Bu fikre göre ivme ile düzgün kütle çekimi etkileri ayırt edilemez; bu, *çekim kütlesi* ile ***eylemsizlik kütlesi*** arasındaki eşdeğerlikten ileri gelmekte. Einstein damdan düşen birisinin yerçekiminin etkisini hissetmeyeceğini; düşme ivmesinin ağırlık duygusunu tamı tamına götüreceğinin farkına varmıştı.

Eşdeğerlik en iyi, uzayda roket motorları düzenli ateşleme yaparak giden ivmeli bir uzay gemisiyle betimlenebilir. Motorları çalışmadığında serbest düşmede olan uzay gemisinin içindeki her şey yüzer gibidir, tıpkı damdan düşen gibi ağırlıksız olarak. İlke bakımından motorlar çalışırken geminin ivmesi, içindeki her şeyin Yeryüzündeki yerçekimi kuvvetinin büyüklüğünde (ya da seçeceğiniz herhangi bir büyüklükte) bir kuvvet hissederek gemi uzayda ilerlerken nesnelerin aracın tabanına doğru itilecekleri gibi ayarlanabilir. Bu ivmelenen çerçevede yapılacak bilimsel her deney (örneğin bir sarkacın salınımları, ya da topların yerde nasıl yuvarlanacakları) sanki gemi Yeryüzündeki rampasında hiç ivmelenmeden duruyormuş gibi.

Önemli bir uyarı yapılmalı. İvme *düzgün* bir yerçekimi alanına eşdeğerdir. Tam anlamıyla bakıldığında *D*ünya'nın kütleçekim alanı düzgün olmayıp merkezindeki bir noktada dışarıya doğru yayılıp gider. *D*ünya'nın merkezine doğru kazılan bir kuyuda kapalı bir asansörde aşağı doğru düşen bir kişi dikkatli bir gözlemle uzayda serbest düşmediğini anlayacaktır. Örneğin asansörde birlikte olduğu iki nesne, örneğin bir çift portakal *D*ünyanın merkezine yaklaşıldıkça birbirlerine yakınlaşıp durur. Ama *D*ünya yüzeyinde yerçekimiyle ivmenin eşdeğerliliği nerdeyse mükemmeldir.

Einstein düşen asansör örneğini kütleçekimin genel kuramıyla betimlenen en ünlü örneğinde de kullandı: ışığın sapması. Einstein düşmekte olan penceresiz bir asansör düşündü. Kablosu kopmuş ve tüm güvenlik araçları çalışmıyor. Eşdeğerlik ilkesine göre asansördeki fizikçilerin, yerle olacak nahoş çarpmaya doğru hızlandıklarını mı yoksa uzayın derinliklerinde durduklarını mı ellerindeki sıradan fizik aygıtlarıyla ayırt etmeleri olanaksızdır.




*Görelilik kuramı. Albert Einstein'ın içgörüsü. Fark etti ki serbest düşmedeki bir asansördeki bir kimsenin düşüşte mi yoksa boşlukta mı durduğunu söyleyebilmesi olanaksızdır. Dolayısıyla bir ışık ışınının yolu bükülmelidir. O zaman da düşen asansördekiler için (altta) ışın asansörde A'dan B'ye yatayda gider. Görünecektir tıpkı boşlukta duran üstte) asansörde olduğu gibi bu içgörü genel görelik kuramına götürdü.*

Peki, düşen asansörde karşıdan karşıya sıkılan bir ışık huzmesine ne olacak? Ağırlıksız "odada" Newton'ın devinim yasaları geçerli olup ışık asansörün bir yanından diğerine doğru çizgi boyunca gitmelidir. Ama şimdi asansörün dışından ne görüleceğini düşünelim. Asansörün duvarlarının camdan olduğunu ve ışığın yolunun asansörün düşerken geçtiği her kata yerleştirilmiş duyarlı aygıtlarla ölçüldüğünü düşünelim. Aslında "ağırlıksız" asansör ve içindekilerin hepsi kütleçekimle ivmelendikleri için ışığın düşen laboratuarın bir yanından diğerine geçtiği süre içinde hızları artacaktır. Huzmenin diğer duvarda, ilk çıktığı noktanın tam karşısındaki noktaya çarpması için asansörün artan hızını izleyerek aşağıya doğru eğrilen bir yol izlemiş olması gerekir ki bunu sağlayacak tek şey kütleçekimdir.

Dolayısıyla, Einstein, eğer kütleçekim ile ivme tamı tamına eşdeğer olabiliyorsa kütleçekimin ışığı bükmesi gerekir, tamı tamına hesaplanabilecek kadar! Bu, bütünüyle şaşırtıcı bir öneriş değildi; Newton'ın ışığın minicik parçacıklar akışı fikrine dayanan kuramı da ışık huzmesinin kütleçekimle saptırılacağını öngörüyordu. Ama Einstein'ın kuramında ışığın sapması Newton'ın kuramına göre olacağını tam iki katı olarak önsöyülüyor. Güneşin yıldız ışığını saptırdığı miktar

1919'daki Güneş tutulması sırasında ölçüldüğünde Newton'ınkine değil Einstein'ın önsöyümüne uymuştu; bu genel görelilik kuramının bilimsel ongunluğu olarak alkışlanmıştı.[161]

Einstein, o güne kadar ışığın saptırılmasında neler olduğunun bir fiziksel resmini ortaya koymuştu. Boş uzayın (daha doğrusu uzay-zaman) trampolin yüzeyine benzer gergin bir lastik tabaka olarak düşünüldüğünde ışık ışınları da yüzeyinde doğru çizgiler boyunca yuvarlanan bilyeler. Şimdi tabakanın üzerine Güneşi temsil edecek ağır bir cisim konulsun. Tabaka ağırlığı altında çökerek tabakayı eğriltir, bilye şimdi "Güneş"e doğru yuvarlandığında yörüngesi ağırlığın yakınlarında çöküntü yüzünden eğrilip sapacaktır. Einstein maddenin varlığının dört boyutlu uzay-zamanı eşdeğer şekilde eğrilteceğini söylüyor. Böylece eğrilmiş uzay-zaman bu eğriliğin arttığı yerlerden geçen ışık ve gezegenler dahil her şeyin devinimini etkiler. Bu durum hoş bir benzetmeyle özetlenebiliyor: "madde uzaya nasıl bükülecegini, uzay da maddeye nasıl devineceğini söyler."

Bu resimde bulunan önemli bir nokta kimi zaman kafa karışıklığına sebep oluyor. Söz konusu olan sırf eğri *uzay* değil (benzetmeye karşın!) ama eğri *uzay-zaman*. Örneğin ***D***ünya'nın Güneş çevresinde yörüngesi uzayda kapalı bir ilmek çizer, ve de ***D***ünya'yı bu yörüngede tutan Güneş'in kütleçekim kuvvetidir. Eğer bu kapalı yörüngenin, uzayın Güneş'in sebep olduğu eğriliğini temsil ettiği düşünülürse uzayın Güneş çevresinde kapandığı sonucuna varılabilir ki bu açıkça yanlış, çünkü Güneş bir ***kara delik*** olmayıp ışık (ve de başka şeyler) Güneş Sisteminden kaçabilir.

Aslında Güneş ile ***D***ünya, ikisi de kendi dört boyutlu uzay-zamanlarında –öyle denilen– dünya çizgilerini izlemekteler. Bu kavramları bu deyimle ilk betimleyen 1908'de Minkowski olmuştu. Bu betimde zaman ve uzay geometrik olarak eşdeğerdir ama onları bağlayan 300 milyon metre bölü saniyelik ışık hızıdır. Yani zamanın her saniyesi zaman yönünde 300 milyon metreye eşdeğerdir. ***D***ünya ve Güneş uzayzamanda hemen hemen tam aynı yönde deviniyorlar, geçmişten geleceğe; ve de ***D***ünya'nın Güneş çevresindeki yörüngesi kapalı bir ilmek olmak yerine, dört boyutta bir helis biçiminde açılarak Güneş'in ***D***ünya çizgisi çevresinde kıvrılıp durur.

Genel görelilik kuramı, özel kuram gibi pek çok kez deneyle sınanan birçok önsöyüm yapmıştır. Her sınamayı üstün başarıyla atlatmıştır (bunlardan sonuncusu, genel kuramın önsöydüğü kütleçekim dalgalarının iki kara deliğin çarpışmasında oluşan bir örneğinin ilk

kez ***D***ünya'dan gözlenmesini sağlayan LIGO deneyi gerçekleşti, bkz. *Physical Review Letters 116*, 061102 (2016)). Hiç kuşku yok ki genel kuram Evrendeki maddenin davranışının ve de uzay, zaman ve madde arasındaki ilişkinin iyi ve sağlam betimlenmesidir. Daha da gelişecekse, herhangi bir daha iyi kuram genel kuramı kendi içine alabilmelidir, tıpkı genel kuramın Newton'ın kütleçekim kuramını içermesi gibi (bkz. ***kuantum kütleçekim***). Genel kuramın en önemli özelliklerinden birisi, bu kitabın kapsamının dışında da olsa Evrenin tam bir betimini vermesi ve Evrenin zamanın başlangıcından Büyük Patlamayla bir tekillikten açılıp genleşerek bugünkü durumuna gelişi için tam bir betimleme sağlamasıdır. Bkz. bir de ***kuantum kozmolojisi***.

Ek okuma: John Gribbin. *Companion to the Cosmos* ve *In Search of the Edge of Time*.

**Göttingen** Almanya'da, kuantum kuramındaki birçok önemli gelişmenin –başta ***Max Born*** ve ***Werner Heisenberg*** tarafından– gerçekleştirildiği üniversite kenti. Bunlar kuantum mekaniğinin ***Kopenhag yorumu*** (Born bu addan nefret ediyordu) olarak bilinen anlayışının bütüncül bir kısmı olmuştu.

**gravitino** Kendisi bir ***bozon*** olan ***graviton***un ***süpersimetri*** kuramının gerektirdiği karşılık olan ***fermiyon***.

**graviton** Kütleçekim (gravitasyon) kuvvetini taşıyan (kütleçekim etkileşmesine aracılık eden) aracı parçacık (aracı vektör bozon). Bu kuantum kütleçekimde, fotonun ***KREDİ***'nin betimlediği elektromanyetik etkileşmelerde oynadığı rolün analoğunu üstleniyor.

**Green, Michael (1946- )** Britanyalı matematiksel fizikçi. Parçacık fiziği çerçevesinde ***sicim kuramı***nın geliştirilmesinde başat bir rolü oldu.

22 Mayıs 1946'da Londra'da doğan Green, Cambridge Üniversitesinde öğrenim gördü ve 1967'de lisans derecesini ve temel parçacıklar kuramıyla ilgili doktorasını da 1970'te tamamladı. 1972'ye kadar Princeton İleri Çalışmalar Enstitüsünde ve 1977'ye kadar da Cambridge'te Cavendish Laboratuarında çalıştı. Oxford Üniversitesi Kuram Fiziği Bölümünde iki yıl geçirdikten sonra 1979'da Londra Üniversitesi Queen Mary Kolejine (artık Queen Mary ve Westfield College) katıldı ve 1985'te profesör oldu. Green 1993'te John Henry Plummer Kuramsal Fizik Profesörü olarak Cambridge'e döndü. Colorado'daki Aspen Fizik Merkezinde, CERN'de ve Caltech'te sık sık konuk oldu. Ana araştırma konuları ***süpersicim*** ve kuantum *kütleçekim* kuramları üzerinedir.

grup Bkz. ***grup kuramı.***

**grup kuramı// group theory//** Gruplar ve simetriyle uğraşan matematik dalı. Matematikte bir grup (ya da simetri grubu) birbirleriyle belli bir kurallar takımıyla ilişkili *a*, *b*, *c* ... gibi etiketlenmiş elemanların bir topluluğu (bir ***küme***). Bu kurallar:

Birincisi: *a* ve *b* G grubunun elemanlarıysa bunların çarpımı *ab* de G grubunun elemanıdır. Bu süreç eşlenmelidir, yani $a(bc) = (ab)c$ ... .

İkincisi: Genellikle *e* ile gösterilen bir birim elemanı bulunur, öyle ki gruptaki her eleman için $ae = a$, $be = b$ ... .

Üçüncüsü: Her elemanın $a^{-1}$ şeklinde gösterilen bir çevriği (ya da tersi) bulunur, öyle ki $aa^{-1} = e$ ... .

$ab = ba$ gibi sıra değiştirme özelliği bulunan gruplara ***Abelyen grup*** denilir. Bildik tam sayılar kümesi (1, 2, 3, ...) Abelyen gruplar için basit bir örnektir. Daha genel olarak grup elemanlarının kendileri birer ***matris***tir. Eğer bunlardan en küçüğü *N*'*N* (*N* satırlı, *N* sütunlu) ise *N* grubun boyutudur. Örneğin parçacık kuramında önemli olan SU(3) grubunun boyutu 3'tür (bkz. ***SU(3)***).

Grup kuramının ilk temellerini 19. yüzyılda Evariste Galois[162] atmış olup parçacık fiziği için önemi olacak grup türleri ise gene 19. yüzyılda Norveçli matematikçi Sophus Lie tarafından geliştirilmiştir (Lie grupları). Başlangıçta gruplar kristal simetrilerinin matematiksel betiminde önem kazanmışlarsa da fizikteki önemleri 20. Yüzyılın ikinci yarısında ***Chen Ning Yang*** ve ***Robert Mills***'in yeğin etkileşmeleri Lie grupları cinsinden betimlemenin yolunu bulmalarına kadar pek farkında olunmayan bir matematik dalıydı. Derken ***Murray Gell-Mann*** ve ***Yuval Ne'man*** SU(3)'ün temel parçacıkların aralarındaki ilişkilerin matematiksel betimi için bir çerçeve oluşturduğunu bağımsız olarak buldular. O zamandan beri simetri grupları doğa kuvvetlerinin ayar kuramlarını geliştirmede fizikçilerin kullandıkları esaslı araçlardan birisi oldu. Bu bağlamda simetri gruplarına ayar grupları da deniliyor.

Gruplar için basit bir örnek bir koordinat sisteminin (yani *x*-*y* grafik sistemi) *x* ve *y* eksenlerinin kesiştiği nokta çevresindeki dönmeleridir. Grafiğin eksenleri döndürüldüğünde bunlara göre ölçülen her noktanın koordinatları değişir ama bu noktaların birbirleriyle ilişkileri değişmez. Bu sırf bir yeniden adlandırma uygulaması, bir ayar dönüşümüdür. Bunun anlamı örneğin, *D*ünya dönüyor olsa da Londra ile Paris arasındaki (ya da Yer Küre'nin herhangi iki noktası arasındaki) uzaklık aynı kalır. Hepimiz, harfi harfine her an ayar dönüşümü

yaşıyoruz. Hele eksenleri önce *A* açısı kadar sonra da *B* açısı kadar döndürsek sonuç bir kerede $C = A + B$ kadar döndürmekle aynı olacaktır. Çünkü dönme açısı Dünyanın dönmesi gibi istenildiği kadar küçük ve pürüzsüzce değiştiğinden bu "dönme grubu"na "sürekli grup" denilir (parçacık fiziğinde çok önemli olan SU grupları da sürekli gruplardır). Fizik yasalarının böyle dönmeler altında değişmemesi açısal momentum korunumu yasasına götürür. Genelde de bir simetri grubu bir fiziksel olgunun davranışını betimlediğinde bu olguya ilişkin bir niceliğin korunumu söz konusu olur (bu duruma ***Nöther teoremi*** de denilir grup kuramının yararlı bir özelliği olarak parçacıklar ile kuvvetlerin davranışları için sezgiler sağlamakta kullanılır).

Parçacık ve kuvvetlerin kuantum dünyasındaki davranışlarını betimleyen grupları göz önüne getirmek ne yazık ki pek zor ama aynı matematiksel ilkelere uyarlar. Grup kuramının bu uygulamasının anahtar özelliklerinden birisi ise, önsöydüğü içkin simetrilerden dolayı belli bir simetri grubunun betimleyeceği belirli sayıda (kuarklar ve gluonlar gibi) belli tür parçacıklar bulunmalıdır. Örneğin SU(3)'ün yalnız üç ***kuark*** ve sekiz değişik tür ***gluon***'a "yeri" bulunuyor.

**gürültü//noise//** İncelenmekte olan olguları karartan, istenmeyen her türlü ardalan etkinliği, parazit.

**güzellik//beauty//** Bkz. ***alt kuark***

***h*** Bkz. ***Planck sabiti.***

***h* çizgi//*h*-line/*h*-bar/*h*-cross//** Bkz. ***Planck sabiti.***

**hadron** ***Yeğin kuvvet***le etkileşen etkileşen ve ***kuark***ların oluşturduğu parçacıklar. Tüm hadronlar kuarklardan oluşmuştur. Parçacığın gündelik anlamına tam uyan ***baryon***lar üçer kuarktan; kuvvet taşıyıcısı işlevi gören ***mezon***lar ise kuark/karşı-kuark çiftlerinden oluşmuştur. Baryonlar ve mezonlar hadron ailesinin üyeleridir.

**Hahn, Otto (1879-1968)** Alman kimyacı; çekirdek bölünmesinin keşfindeki katkısından dolayı 1944 Nobel Kimya ödülünü aldı.

Hahn 8 Mart 1879'da (***Albert Einstein***'dan altı gün önce!) Frankfurt-am-Main'da doğdu. Marburg Üniversitesinde okudu ve 1901'de organik kimya doktorası aldı. Bir yıl askerlik görevinden ve bir süre Marburg'da genç araştırmacı olarak kaldıktan sonra endüstride bir işe girmek istedi. Bunu sağlamak için İngilizce bilmesinin yararlı olacağı salık verildiğinden dolayı altı ay kalmak üzere 1904'te Londra'ya gitti; ancak araştırmaya takılıp kaldı ve iki yıl Londra'da ***William***

***Ramsey***'in yanında radyokimya öğrendikten sonra Kanada'da bir yıl ***Ernest Rutherford***'un yanında çalıştı. Almanya'ya döndüğünde Berlin Üniversitesinde görev aldı. 1907'de ***Lise Meitner*** ona katıldı. Hahn 1910'da kimya profesörü oldu.

1912'de Berlin'deki Kaiser Wilhelm Kimya Enstitüsüne katıldı. Oradan Birinci ***D***ünya Savaşı sırasında ayrılarak ordunun kimyasal savaş teknikleri üzerinde çalıştı. Savaştan sonra döndüğü Enstitünün 1928'de Enstitünün direktörlüğüne getirildi. İkinci ***D***ünya Savaşı sonrası bu enstitülerin adları Max Planck Enstitüleri olarak değiştirilince Hahn, Kaiser Wilhelm Kimya Enstitüsünü de içeren Göttingen'deki Enstitünün başkanı oldu.

Hahn'ın ana araştırma ilgisi radyoaktif izotopların incelenmesiydi. Çoğu zaman ***Lise Meitner*** de yanındaydı. 1934'te ***Enrico Fermi*** uranyum'un yavaş nötronlarla dövüldüğünde başka elementlere dönüştüğünü bulunca Hahn ve Meitner çalışdaşları ***Fritz Strassmann*** ile birlikte bu konuda çalışmaya başladılar.[163] Ancak 1938'de Meitner Yahudi olduğu için Nazi rejiminin kovuşturmasından kurtulmak amacıyla Kopenhag'a gitti.

Hahn, uranyumun başka parçacıklarla dövüldüğünde gerçekten parçalanmış olup olmadığını –artık ***bölünme*** denilen süreç– merak etmeye başlamıştı. Hiç beklenmeyen ve başkalarınca aşırı görülen bu bulguyu yayımlama cüretini bulamıyordu. Ama yeğeni Otto Frisch ile birlikte çalışan Meitner gerçekten de böyle olduğunu onayıp süreci betimleyen "çekirdek bölünmesi" adını koydu. İkinci ***D***ünya Savaşında Müttefiklerin atom bombası projesi için ilk dürtüsü Almanya'da Hahn ve başka araştırmacıların da bu sürecin sonuçlarının farkında olduklarını sanmalarından ve de yeni işgal ettikleri Bohemya'daki uranyum madenlerini düşünmelerinden ileri geliyordu. Oysa harp zamanı Almanların atom enerjisinden böylesine yararlanmadaki girişimleri çok yavaştı; bunun bir sebebi önde gelen Nazi siyasilerinin bu potansiyeli algılayamamalarıyken bir diğeri de Meitner gibi en iyi fenbilimcilerin ülkeyi terk etmeleriydi.

Hahn 28 Temmuz 1968'de 89 yaşında Göttingen'de öldü. Savaştan sonraki yazılarında Meitner'in çekirdek bölünmesinin keşfindeki rolünü küçümsüyordu ama bu kimseyi inandırmadı ve kendisine bir şey kazandırmadı. Ama nükleer silahlara şiddetle karşı gelme yolundaki çalışmaları takdir gördü.

**Hall olayı//Hall effect//** Bir iletkenden akım geçerken buna dik olarak uygulanan manyetik alan etkisiyle akımın saparak iletkenin yanal

yüzeyinin yarısına yük birikirken (hemen hemen her durumda elektronlar, belli tür iletkenlerde ve kimi *yarıiletken*lerde pozitif yüklü elektron "deşikleri"), diğer yarısı da zıt yüklü olacaktır. Bu zıt yüklü yüzeyler arasındaki potansiyel farkının yönü akımı oluşturan yüklerin işaretini belirler. 1895'te Edwin Hall bu durumu ilk kez gerçekleştirerek normal elektrik akımını büyük ölçüde eksi yüklerin taşıdıklarını ortaya koydu. Bu olgu malzemelerin de elektriksel davranışlarının ölçülmesine ve devrimcil modern katıhal elektroniğinin gelişmesine çok önemli ve büyük katkı yapmaktadır. Daha sonra von *Klitzing*'in keşfettiği kuantumsal *Hall olayı*, elektronikteki uygulamaları yanında *Planck sabiti*'nin daha duyarlı ölçülmesini de sağlamıştır.

**Hamilton denklemleri//Hamilton's equations//** Bkz. ***Hamilton fonksiyonu***

**Hamilton ilkesi//Hamilton's principle//** en küçük eylem ilkesi. Bkz. ***eylem.***

**Hamilton mekaniği//Hamilton mechanics//** Mekaniğin matematiksel işlenmesine ***Hamilton fonksiyonu*** yaklaşımı.

**Hamilton, William Rowan (1805-1865)** İrlandalı matematikçi. ***Joseph Lagrange***'ın geliştirdiği hareket denklemlerini yeni bir kılığa sokan ve bunun özünde olan ***Hamilton fonksiyonu*** denilen fonksiyonu, kuantum teması üzerine bir çeşitlemesi olan ***dalga mekaniği***nde yaygın olarak kullanılmakta. Hamilton ayrıca ***en küçük eylem*** ilkesini de geliştirmiştir. Bu, devinime uygulandığında mekaniğin Newton yasalarına götürür.

Hamilton 4 Ağustos 1805'te Dublin'de doğdu (söylenceye göre 3-4 Ağustos gecesi tam gece yarısını vururken). Bir avukatın oğluydu, ama üç yaşından başlayarak Trim'de okul sahibi olan amcası ve yengesi tarafından büyütüldü. Harika çocuk olarak dokuz yaşına kadar Sanskritçe ve Malayca dahil on üç dil öğrendi. Öklit'te uzmanlaştı, bir yandan da Newton'ı öğrenmeye başladı. 1923'te on sekiz yaşındayken Dublin Üniversitesinin Trinity Kolejine girdi ama öyle olağanüstüydü ki programı tamamlaması hiç istenmedi. Yunanca ve matematiksel fizikte girdiği orta düzey sınavlarında olabilecek en yüksek notu aldı. Daha ikinci sınıftayken ışığın gittiği yolları ele alarak en küçük eylem ilkesini buldu. Daha mezun olmadan Dunsink Gözlemevine gökbilim profesörü olarak girdi. Çalışma yaşamını daha sonra başına geçeceği bu kurumda sürdürdü ve İrlanda Krallık gökbilimcisi oldu.

1835'te şövalyelik verildi (o sıralarda İrlanda hâlâ Britanya'nın bir eyaletiydi). Ancak o içki düşkünü oldu ve ömrünün son yirmi yılını

toplumdan uzakta geçirdiyse de matematik çalışmalarını sürdürdü; içkide de çalışmalarında da aşırı gidiyordu. 2 Eylül 1865'te, ABD Bilimler Akademisine yabancı üye seçilmesinden kısa bir süre sonra Dunsink'te (gut hastalığından) öldü.

Hamilton'un ilk çalışmaları optik kuramı üzerineydi. 1827'den başlayarak, ışık ışınlarının davranışlarını betimlemek için geliştirdiği teknikleri kullanarak Lagrange'ın elde ettiği hareket denklemlerini bir bakıma daha basit bir biçime evirebileceğini buldu. Ancak bunların sayısı Lagrange'ınkilerin iki katıydı. Denklemleri Hamilton tarzı kuantum mekaniğinin başlangıcında uzun yıllar yaygın olarak kullanıldı. Pek çok meziyeti olan Lagrange yaklaşımını ise ilk ***Richard Feynman*** kavramıştı. Hamilton bir de en küçük eylem ilkesini (Hamilton ilkesi olarak da bilinir; bkz. ***eylem***) ortaya koydu. Bu, başında optik çalışmalarından ileri geldiyse de çok geçmeden çok daha geniş bir bağlam kazanarak kuantum dünyasının modern fikirleri için temel taşlarından birisi oldu.

Hamilton'un diğer çalışmaları ilk bakışta fiziğin uygulamalarından uzak görünse de bunlar karmaşık sayılar, sıra değişimsiz çarpma ve –kuantum dünyasının bir betimini geliştirmekte çok yararı görülen– dönme kuramı gibi birçok içeriğiyle ilgilidir. Bir de dört boyutlu bir cebir (kuaternion kuramı) ortaya koydu. Bu, bir tek boyutlu bir de üç boyutlu bileşene ayrılırken, Hamilton gerek modern matematikte gerekse genel fizikte çok yararlı olan bu ikinci için "vektör" adını koydu.

**Hamilton fonksiyonu //Hamiltonian//** Bir sistemin enerjisini momentumu ve konumu cinsinden ifade eden bir fonksiyon.[164] En basit durumlarda toplam enerji sırf kinetik ve potansiyel enerjilerin toplamıdır. Daha karmaşık sistemler için "Hamilton fonksiyonu" incelenen sistemi betimleyen bir diferansiyel denklemler kümesi şeklindedir.

Bu düzen, mekaniğin etkileşmelerinin, Newton mekaniğindeki kuvvet bileşenleri yerine momentum ve konum değişkenleriyle belirlenen enerji fonksiyonlarıyla betimlenmesini sağlar ve elde edilen diferansiyel denklemler gereğince çözülür. Bu tarz bir bakıma Lagrange yönemiyle benzeşir (bkz. ***eylem***). Bir sistemin Hamilton fonksiyonu zamanla değişebilir ama bu sistemin temel bir özelliği olarak kuantum mekaniğinin bir şekli olan dalga mekaniğinin matematiksel kurulumunda önemli bir değişken haline geldi. Kuantum dünyasının bu ilk başarılı işlenişi klasik mekaniğe Hamilton tarzının doğrudan analoğudur. Ancak sonraları Richard Feynman, Lagrange yaklaşımı-

nın daha temel olduğunu ve hem klasik hem de kuantum mekaniğini içeren bütün bir model olduğunu gösterdi.

**Harwell** Birleşik Krallık Atom Enerjisi Ajansı'nın (*UKAEA*) bulunduğu yer.

**Hawking ışıması//Hawking radiation//** Bkz. ***Hawking, Stephen William.***

**Hawking, Stephen William** (1942-2018) Kara delikler ve erken Evren üzerine önemli katkıları olan Britanyalı kuram fizikçisi. Çalışmalarının kuantum dünyasına uygunluğu büyük ölçüde kara deliklerin, kuantum belirsizliği dolayısıyla yüzeyleri yakınında parçacık/karşı-parçacık yaratılması ve bunlardan birisi içeri düşerken diğerinin enerji taşıyarak kaçması yüzünden "buharlaştığını" önermesinden dolayıdır. Bu kaçan parçacıklara Hawking ışıması da denilir. Bu ışımanın varlığı kara deliklerin belirtken bir sıcaklığının olması anlamına gelir. Bu çalışma kütleçekim kuramı, kuantum fiziği ve termodinamik arasında doğrudan bir bağlantı sağlamakta.

Hawking 8 Ocak 1942'de Oxford'da doğdu. Lisans derecesini Oxford'da 1962'de, doktorasını da Cambridge'te 1965'te aldı. O günden beri Cambridge'te çalışmakta olup 1979'dan 2009'a kadar, daha önce ***Newton*** ve ***Dirac***'ın da atanmış olduğu Lucas matematik kürsüsü profesörlüğünde bulunan[165] Hawking 14 Mart 2018'de Cambridge'te öldü.

Ek okuma: Michael White and John Gribbin, *Stephen Hawking.*

**Heisenberg, Werner Karl** (1901-1976) Kuantum kuramının kurucu babalarından birisi olan ve ***belirsizlik ilkesi***ni bulan Alman fizikçi. Ancak 1932 Nobel Fizik Ödülünü, ününü kazandığı çalışmalar için değil hidrojen molekülü tayfının özelliklerindeki ince yapıyı açıklayabildiği için aldı.

5 Aralık 1901'de Duisburg'da doğan Heisenberg Münih Üniversitesinde eski Yunanca profesörünün oğluydu. Münih Ludwig-Maximillian Üniversitesinde ***Wolfgang Pauli*** ile aynı dönemlerde okudu. ***Arnold Sommerfeld***'in danışmanlığında doktorasını 1923'te tamamladı. 1927'de Leipzig Üniversitesinde profesör olmadan önce Göttingen'de ***Max Born***'la ve Kopenhag'da ***Niels Bohr***'la çalıştı. 1941'de (1945'e kadar kalacağı) Berlin'de Kaiser Wilhelm (sonradan Max Planck) Enstitüsü direktörlüğüne ve aynı zamanda Berlin Üniversitesine fizik profesörlüğüne atandı.

İkinci *D*ünya Savaşı süresince Almanya'da kalan önde gelen fizikçi olarak Heisenberg'den hep Nazi sempatizanı olduğu ve Almanların

atom bombası yapma çabalarının başındaki kişi olduğundan kuşkulanılıyordu. Aslında ise İkinci *D*ünya Savaşı sırasında Almanya'daki sınırlı nükleer araştırma büyük ölçüde silah değil güç üretimine yönelikti. Heisenberg de sonraları hep, bu durumun Nazileri atom silahı olasılığından kendisinin kasten uzaklaştırma çabalarından ileri geldiğini ısrarla savladıysa da birçok tarihçi bunun arkasında Nazilerin büyük bir tutkuyla V2 füzeleri gibi başka yeni silahlar ve jet uçağı gibi daha çabuk geliştirilebilecek proje tutkuları yüzünden olduğunu ileri sürüyorlar.

Ancak, bunların hiçbirisi Heisenberg'in kuantum fiziğindeki edimlerini gölgeleyemez. Heisenberg 1925'te sıkı bir saman nezlesi krizi yüzünden bir süre için, ot bitmeyen Heligoland adasında kaldı. Orada krizi geçip, aklını çelecek başka şey de yokken ***matris mekaniği*** denilecek olan kuantum fiziğinin ilk tam ve kendisiyle tutarlı kuramını ortaya koydu. Göttingen'e döndüğünde bu fikri ***Max Born*** ve ***Pascual Jordan*** ile birlikte tam bir kuram haline getirdiler.[166] 'Üç kişinin makalesi' denilen bu çalışmayı yayımlanmadan önce Cambridge'e ***Ralph Fowler***'e gönderdiler. Bu yapıdan haberi olan ***Paul Dirac*** da analog bir cebirsel yapıyla kendi kuantum kuramını oluşturdu. Bunlar hep Erwin Schrödinger'in kendi –dalga mekaniği olarak bilinen– kuantum kuramını yayımlamasından bir yıl kadar önce oluyordu. Heisenberg bu yeni kuramı kullanarak hidrojen molekülünün, hidrojenlerin spin yönlerinin aynı ya da zıt olduğu iki farklı durumda olacağını gösterdi. Nobel ödülü gerekçesi bu olgunun hidrojen molekül tayfının ayrıntılarını açıklayabilmesiydi. Heisenberg 1926'nın sonuna doğru kuantum dünyasında ***belirsizlik*** olgusunun rolünü buldu. Kuantum mekaniğinin felsefesiyle derinden ilgili olup dalga-parçacık ikiliğinin, elektronlar gibi varlıkların varacakları yere "pilot dalgalar"la güdüldükleri fikriyle açıklanabileceğini ileri sürdü. Bu fikir Kopenhag yorumunun başarısıyla bastırıldıysa da kuantum dünyasının geçerli bir yorumu kabul edilen ***David Bohm***'un fikirlerine çok benzer (gerçekten de Bohm'un çalışmasına esin kaynağı olmuştu).[167]

Heisenberg ferromanyetizmanın açıklamasını da buldu; 1930'larda çekirdeğin proton ve nötronlarının tek bir basit varlık olan nükleonun iki farklı durumu olduklarını önererek parçacık fiziğine ilk soyut kavramlardan birisi olan ***izotopik/izobarik/izospin***i getirdi.

İkinci *D*ünya Savaşından sonra Göttingen'deki Max Planck Fizik Enstitüsünün (Eski Kaiser Wilhelm Enstitüsü) kurulmasında ana rolü üstlendi ve ilk direktörlüğünü yaparak 1955'te Münih'e taşıdı. Aynı yıl

Münih Üniversitesine fizik profesörlüğüne getirildi. Sonraki bilimsel çalışmaları büyük ölçüde birleşik alanlar kuramı geliştirmek üzerine oldu, ancak pek başarılı olamadı. Aynı zamanda "bölünmemiş bütün" fikrinin savunucusuydu, yani dünyada (özellikle kuantum dünyasında) her şeyin tek bir sistemin parçası olması, dolayısıyla örneğin çift yarık deneyinde bir yarığın örtülmesinin elektronun anında diğer yarıktan geçmesi sürpriz olmaz. Zamanında pek yaygın kabul görmeyen bu fikir sonraları ***David Bohm*** tarafından iyice geliştirildi. Heisenberg 2 Şubat 1976'da Münih'te öldü.

Ek okuma: David Cassidy, *Uncertainty, Heisenberg*.

**Heisenberg belirsizlik ilkesi//Heisenberg uncertainty principle//** Bkz. ***Belirsizlik ilkesi.***

**Heitler, Walter** (1904-1981) ***Fritz London***'la birlikte hidrojen molekülünün kovalent bağın ilk kuantum mekaniksel açıklamasını veren Alman fizikçi. Bu ***kuantum kimyası***nın da doğuşu olmuştu.

2 Ocak 1904'te Karlsruhe'de doğan Heitler önce Karlsruhe Üniversitesinde okudu sonra Münih'e giderek doktorasını 1926'da orada tamamladı. İzleyen akademik yılı ABD'de geçirdi ve dönüşünde Göttingen'de asistanlığa başladı. 1933'te Naziler iktidara geldiklerinde ayrılarak İngiltere'ye gitti ve 1941'e kadar Bristol Üniversitesinde çalıştı ve Dublin İleri Çalışmalar Enstitüsünde profesör oldu. 1946'da direktörlüğüne getirildiği enstitüden 1949'da ayrılarak 1974'e kadar Zürih Üniversitesinde profesör olarak mesleğini sürdürdü. Arada 1954'te Leiden Üniversitesinde bulunan Heitler 15 Kasım 1981'de İsviçre'de öldü.

**helislik/helisite** Bkz. ***spin***

**helyum** En hafif ***element***lerin ikincisi. Her helyum çekirdeğinde iki proton ve her helyum atomunda çekirdeği çevreleyen iki elektron bulunur. İki protonun (atom numarasını 2 yapar) yanı sıra helyum çekirdeğinde en az bir nötron bulunur. Doğal izotopları, 1 nötronlu He-3 ve 2 nötronlu He-4 (çekirdeğine alfa parçacığı da denilir). Yapay olarak daha çok nötronlu izotopları da elde edilir.

**hertz, Hz** Frekans birimi, saniyede bir döngü ya da salınım. Simgesi Hz olup ***Heinrich Hertz***'in onuruna adlandırılmıştır.

**Hertz, Gustav Ludwig** (1887-1975) Alman fizikçi; ***James Franck*** ile birlikte atomların enerjiyi yalnızca kesikli birimler (kuantumlar) halinde soğurduklarını gösteren deneyi yaptılar. 1914'te Berlin'de genç

araştırmacılar olarak yaptıkları bu çalışma sonucu 1925 Nobel Fizik Ödülünü aldılar.

22 Temmuz 1887'de doğan Gustav Hertz, ***Heinrich Hertz***'in yeğeniydi. 1911'de Berlin Üniversitesinde doktorasını tamamlamadan önce Göttingen ve Münih'te okudu. Birinci Savaşta çok ciddi olarak yaralandı. Bir süre Berlin Üniversitesinde *Öğretim görevlisi* olarak çalıştıktan sonra endüstride, Philips fabrikasında 1920-1925 arasında çalıştı, ve Halle Üniversitesine fizik profesörlüğüne getirildi. 1928'de Berlin Yüksek Teknik Okulunda fizik profesörü oldu. Naziler iktidara gelince akademik görevinden çıkarıldı (Yahudiydi) ve Siemens Şirketi'nin araştırma direktörü olarak Almanya'da kaldı. İkinci *D*ünya savaşından sonra pek de gönüllü olmadan on yıl Rusya'da (SSCB) çalıştıktan sonra (Doğu) Almanya'ya dönerek 1954'te Leipzig'de Fizik Enstitüsünün direktörü oldu. 1961'de emekli olarak (Doğu) Berlin'e yerleşti ve 30 Ekim 1975'te orada öldü.

**Hertz, Heinrich Rudolph (1857-1894)** Alman fizikçi. Uzun dalga boylu elektromanyetik ışımanın –radyo dalgaları– varlığını ilk gösteren insan.

22 Şubat 1857'de Hamburg'da doğan Hertz 1876'da Dresden'de mühendisliğe girdi. Bir yıl (1876-7) askerlikten sonra fen okumaya niyetlendi ve Münih Üniversitesinde matematik öğrenimine başladı ama fiziğe geçti. 1878'de Berlin'e giderek 1880'de doktorasını tamamladı ve üç yıl *Öğretim görevlisi* olarak çalıştıktan sonra aynı görevle Kiel Üniversitesine geçti. 1885'te Karlsruhe'de, daha sonra 1889'da Bonn Üniversitesinde fizik profesörü oldu. 1 Ocak 1894'te 37 yaşında Bonn'da öldü.

Hertz esas çalışmasını Karlsruhe'deyken yaptı. 1888'de Rhumkorff bobini denilen düzenekle (bir iç bobine uygulanan kesikli gerilimin dış bobini elektromanyetik indüklemesi) kıvılcım atlatarak bir tür ilkel telsiz verici ve alıcısı icat etti ve kıvılcım atlamasının tıpkı ***James Clerk Maxwell***'in önsöydüğü elektromanyetik dalgaları oluşturduğunu gösterdi.

**her şeyin kuramı (HŞK)//theory of everything (TOE)//** ***Kütleçekim*** ile ***büyük birleşik kuram***ın (***BBK***) bir biçimini tek bir paket halinde birleştirmeye girişen herhangi bir kuram. Bu niyette başarabilmeye en yakın görünen aday şimdilik sanki bir tür süpersicim kuramı olarak görünüyor (bkz. ***sicim kuramı***, ***süpersimetri***).

BBK'lar yalnız elektrozayıf ve yeğin kuvvetlerin bileşimlerini betimliyor, ama doğru bir HŞK'nın kütleçekimi de içermesi gerekiyor.

**Hess, Victor Francis** (1883-1964) Kozmik ışınları keşfeden Avusturya doğumlu ABD'li fizikçi. 1936'da Carl **Anderson**'la Nobel Fizik Ödülünü paylaştı.

24 Haziran 1883'te Waldstein'da doğan Hess, Graz Üniversitesinde okudu ve 1906'da doktorasını aldı. Çeşitli akademik görevlerden sonra Innsbruck Üniversitesinde fizik profesörüyken 1938'de Naziler Avusturya'a girdiler. Karısı Yahudi olan Hess ABD'ye yerleşerek 1944'te vatandaşlığa geçti. 1956'ya kadar New York Kentindeki Fordham Üniversitesinde fizik profesörüydü. 17 Aralık 1964'te Mount Vernon'da öldü.

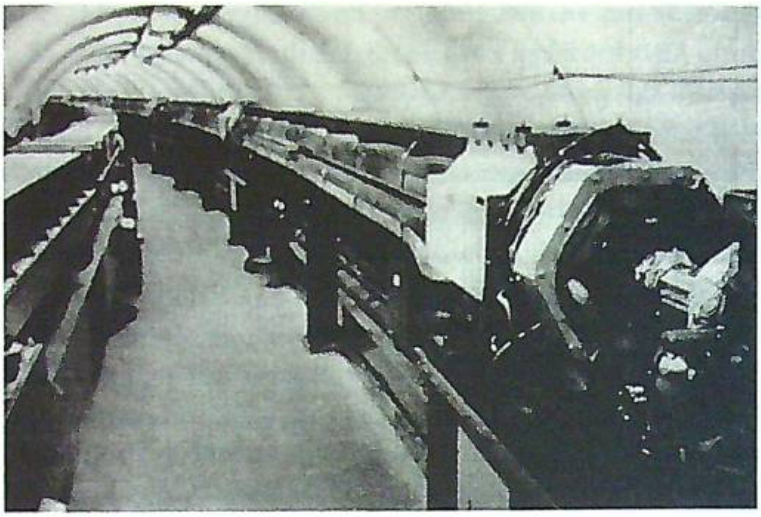
Nobel Ödülü getiren çalışmasını bir dizi balon uçurduğu 1911 ve 1912'de yaptı. Bunlar dış uzaydan gelen girici bir ışımanın atmosferden geçerken soğurularak geldiğini ve yerde de görülen bu ışımanın yükseklerde daha yeğin olduğunu buldu. Hess balonlarıyla kendisi de 5 km kadar yükseklere çıkıyordu; o günler için büyük cesaret.

**heterotik sicim//heterotic string//** Bkz. ***sicim kuramı.***

**hız //speed, velocity//** Bkz. ***vektör.***

**hızlandırıcı//accelerator//** Elektron, proton gibi parçacıkları elektrik ve manyetik alanlardan yararlanarak çok büyük hızlara (ışık hızının çok yakınlarına kadar bile) hızlandıran bir aygıt. Modern hızlandırıcılarda elektronlar ışık hızının yüzde 99,999999986'sına kadar hızlandırılabiliyor. huzme halindeki hızlı parçacıklar, ya durağan hedeflerle ya da zıt yönden gelen benzeri bir demetteki parçacıklarla çarpışırlar. Parçacıkların hedeften "saçılma" biçimleri sanki makroskopik nesnelerin X ışınıyla incelenmesi gibi hedefteki parçacıkların iç yapılarının ayrıntılarını ortaya çıkartmak için kullanılabilir. Ayrıca, bu hızlı parçacıklar çarpışmalarla durdurulduklarında ya da iyice yavaşlatıldıklarında bunların devinim (yani kinetik) enerjileri, Albert Einstein'ın ünlü $E = mc^2$ denklemine (bu durumda onun özgün anlamı olan $\Delta m = \Delta E/c^2$'ye) uygun olarak yeni parçacık yağmurlarına dönüşebilir.

Bu şekilde oluşturulan parçacık sağanakları kuantum dünyasının işleyişine ilişkin kuramları sınamak için kullanılır. Birçok vakada bu sağanaklardaki parçacıkların hepsinin, başta çarpışanların "arasında" olmaları ve çarpışmalarla dışarı atılmalarını düşünmekte bir anlam olmadığını kavramak önemlidir. Bunların bir kısmı sırf enerjiden yaratılmış olabilir. Gerçekten de sağanaktaki parçacıkların toplam kütleleri çarpışmaya giren parçacıkların kütleleri toplamından epeyce büyük olabilir.



*CERN'deki hızlandırıcının bir bölümü.*

En uç deneylerde elektron demetleri pozitron (karşı-elektron) demetleriyle çarpışırlar. Aynı şekilde protonlar da karşı-elektronlarla çarpıştırılabilir. Bir parçacık karşı-parçacığıyla çarpıştığında, karşılıklı devinimlerinden dolayı kinetik enerjilerinin hepsi işe yaradığı kadar parçacık/karşı-parçacık çifti birbirlerini yok edeceğinden bütünüyle yeni parçacık(lar) oluşturulması sırasında kütleleri de harcanabilir.

**hızlı üreten reaktör//fast breeder reactor//** Bkz. ***hızlı reaktör.***

**hızlı nötronlar//fast neutrons//** Yüksek hızlı nötronları iki şekilde adlandıran terim. Kimi zaman kinetik enerjileri 0,1 MeV'den büyük (tamamen keyfi bir seçim) olan nötronlar için, ama daha yaygın olarak kullanılanı, uranyum-238'de bölünme yapacak kadar, yani 1,5 MeV'den fazla enerjili olanlar.

**hızlı reaktör//fast reactor//** Plütonyum-239 ya da uranyum-235 ile zenginleştirilmiş nükleer reaktör. Bu izotopların bölünmesinden çıkan hızlı nötronlar uranyum-238'in bölünmesini kolaylaştırır. Radyoaktif süreçlerden çıkan nötronların bir kısmı diğer uranyum-238 çekirdeklerince yakalanarak plütonyum-239 oluşturduklarından böyle bir reaktör süreci başlatmak için gerekenden fazla plütonyum-239 üretir. Dolayısıyla buna hızlı üreten reaktör de denilir. Güç üretimi bakımından pek bir üstünlüğü olmayan hızlı reaktörlerin değeri daha çok nükleer silahlarda kullanılacak plütonyum üretmesindedir.

**hidrojen** En hafif ***element***. Her hidrojen çekirdeğinin tek bir protonu ve her bir hidrojen atomunun çekirdek çevresinde tek bir elektronu

bulunur. Hidrojen çekirdeğinde protonun (atom numarasını 1 yapıyor) yanı sıra nötronlar da bulunabilir. Hiç nötronu yoksa bu hidrojen-1 (hidrojen) çekirdeğidir. Bir nötronu varsa bu hidrojen-2 (döteryum ya da ağır hidrojen) çekirdeğidir. İki nötronu olduğunda hidrojen-3 (trityum, kararsız– radyoaktif izotop olup yarı ömrü 12,26 yıl) çekirdeğidir.

**hidrojen bağı//hydrogen bond//** Bazı moleküller arasında etkisini gösteren bir elektriksel çekim kuvveti olup hidrojen atomları sıradan kimyasal bağlarla elektronegatif denilen ve fazladan elektron taşıma eğilimi olan atomlara bağlandıklarında kendisini gösterir. Hidrojen atomu çekirdeğinin pozitif yükünü dış dünyaya perdelemek için tek bir elektronu olduğundan ve bu elektron elektronegatif atomla kimyasal bağlantı kurduğundan, oluşan molekülün elektrik yük dağılımı iki kutuplu (dipolar) olacak, hidrojenin artık pozitif yükü bir uçta, diğer atomu çevreleyen elektronların artık negatif yükü de molekülün diğer ucunda görülecektir. Böylelikle moleküller birbirlerinin karşıt uçlarına elektrostatik çekimle tutunacaktır.

Bu, çekici gelse de hidrojen atomunun elektronunu bütünüyle verip yalın kalması olarak düşünülmemelidir. Kuantum kimyası ne olup bittiğini, tek bir elektronun bile ana çekirdeğinin çevresinde oluşturduğu "bulut"la çok daha kesin şekilde açıklayabilmektedir. Elektronegatif eşine yaklaşan şey, tek elektronu temsil eden hidrojen atomunun merkezindeki protonu *kısmen* açan yük bulutunun merkezidir. Kuramın hidrojen bağını –özellikle de şiddetini– kesinkes önsöyebilmesi için kuantum etkilerinin tamı tamına işin içine alınması gerekir.

Suyun, oda sıcaklığında sıvı olmasını sağlayan, su molekülleri arasındaki hidrojen bağının yeterince yeğin olmasıdır. Oysa hidrojen sülfür aynı koşullarda gazdır (aslında $H_2S$ molekülleri $H_2O$ moleküllerinden çok daha ağır, yani hidrojen bağı olmasaydı suyun hidrojen sülfürden çok daha düşük sıcaklıkta buharlaşması beklenirdi. Hidrojen bağı yaşamın kimyası için çok önemli bir öğedir. Başka etmenlerin yanı sıra, DNA'nın çifte helis yapısındaki deoksi-ribonükleik asit molekülündeki nükleik asit çiftlerini bağlayarak bizler gibi yaşam biçimlerinin var olmasını sağlayan şey hidrojen bağıdır. Hidrojen bağlarının şiddeti sıradan kovalent bağlarınkinin onda biri kadardır).

**hidrojen bombası// hydrogen bomb//** Bkz. ***nükleer silahlar.***

**Higgs alanı//Higgs field//** Bkz. ***Higgs düzeneği.***

**Higgs bozonu** Bkz. ***Higgs parçacığı.***

Higgs düzeneği/ Higgs mekanizması// Higgs mechanism// Bkz. *Higgs parçacığı.*

Higgs parçacığı// Higgs particle// Elektrozayıf kuvvet taşıyıcılarının (W ve Z bozonlarının) niye kütlelerinin olduğunu açıklamak için varsayılmış olan parçacık. Kuantum elektrodinamiği fotonun kütlesinin sıfır olmasını gerektiriyor (iyi bir şey çünkü gerçekten kütlesi sıfır); başta ***Sheldon Glashow***'un, elektrozayıf kuramı elde etme çabaları eşdeğer bozonların da kütlesiz olmasını gerektiriyordu (bu kötü, çünkü böylesine kütlesiz bozonların tıpkı fotonlar gibi Evrende bol ve ortalıkta olmaları beklenirdi ama değil). Edinburgh'da ***Peter Higgs*** ve Belçika'da Robert Brout ile François Englert (birlikte ama Higgs'ten bağımsız) 1964'te bu bulmacayı çözecek aynı fikre vardılar. Eğer Evreni pek saptanamayan bir alan dolduruyorsa (artık Higgs alanı deniliyor) bu önceden bilinmeyen kütleli bir bozonla ilişkili olabilir. Böylece fotona benzer bir parçacık, bir Higgs bozonu yutarak kütleli olabilir. ***Abdüsselam*** ve ***Steven Weinberg*** bu hileyi –Higgs düzeneği– kendi elektrozayıf kuramlarında kullandılar. Bütün bunları fizikçiler ancak ***Gerard t'Hooft,*** kuramın sonlulaştırılabildiğini gösterdikten sonra yaygın olarak kabullendiler. Tüm kütleli parçacıkların kütlelerini böylece edinmiş olmaları mümkün ama bu durum hemen kanıtlanmadı.

Higgs alanı, elektromanyetizma gibi diğer temel alanlardan skaler olmasıyla ayrılır. Belli bir büyüklüğü olmasına karşın yönü yoktur. Yani Higgs parçacığının, foton gibi doğa kuvveti taşıyan diğer parçacıkların aksine spini sıfır olmalıdır. Higgs alanının tercihli bir yönelimi olmayıp büyüklüğü de her yerde aynı olduğundan üzerimize Higgs düzeneği aracılığı dışında doğrudan bir etkisi yoktur (bkz. ***ayar kuramı***).

Higgs parçacığının ve Higgs düzeneğinin işleyişleri üzerine uzmanlar arasında çok sıkı tartışmalar yapılmakta. Bunların çözümünün en son kuşak parçacık hızlandırıcılarının Higgs bozonunu incelenmek üzere ortaya koymasıyla sağlanabileceği umuluyor.[168]

Ek okuma: Lisa Randall, *Higgs Keşfi*, Pan Yayınları, Pauline Gagnon, *Herkes İçin Parçacık Fiziği*, Pan Yayınları.

Higgs, Peter Ware (1929-2019) Britanyalı fizikçi; parçacık etkileşmelerinin, doğa kuvvetlerinin ayar bozonlarının değiş tokuşuyla açıklandığı ilk alan kuramını geliştirdi. Bu, elektrozayıf kuramın geliştirilmesinin yolunu açtı. Ayar bozonlarının kütleleri olduğundan bu, tüm parçacık kütlelerini Evreni dolduram Higgs alanı cinsinden açıklanabilme ola-

nağını doğuruyor. Bu resme göre bildik parçacıklar ***Higgs bozonlarını*** yutarak kütle edinebiliyorlar. Higgs parçacıklarının bulunması, en son parçacık hızlandırıcısı deneylerinin birincil amacı olup son yıllarda (2014) hedefe varılmıştır.

Higgs 29 Mayıs 1929'da Newcastle upon Tyne'da doğdu ve Londra Üniversitesinde (King's College) okuyarak 1954'te doktorasını aldı. 1960'ta Edinburgh Üniversitesinde matematiksel fizik öğretim görevlisi oldu. Meslek yaşamını orada sürdürdü ve 1980'de kuramsal fizik profesörü oldu.

**Hilbert, David (1862-1943)** Alman matematikçi; bu konuya, modern kuantum alanlar kuramının özündeki simetri gruplarının matematiksel kuramının tamamlanması (***Emmy Nöther*** ile birlikte) dahil pek çok katkıda bulundu.

23 Ocak 1862'de Königsberg'de doğan Hilbert, Königsberg Üniversitesinde ve Heidelberg'de okuyarak doktorasını 1885'te tamamladı. 1886'da Königsberg'de *öğretim görevlisi*, 1892'de de profesör oldu. 1895'te Göttingen Üniversitesine geçerek 1930'da emekli oldu, ancak 14 Şubat 1943'teki ölümüne dek üniversiteyle ilişkisini kesmedi. Grup kuramına olan modern katkılarının yanı sıra Hilbert 1920'lerde kuantum mekaniğinin gelişmesi sırasında Göttingen'de etkileyici bir kişilikti. Orada çeşitli zamanlarda onunla ilişki kuranlar arasında ***Max Born, Max von Laue, James Franck*** ve ***Werner Heisenberg*** ile ***Pascual Jordan*** bulunuyordu. Değişmezler kuramı (dönme ve yansıma gibi geometrik değişmelerle değişmeyen varlıklar) üzerine çalışmaları modern kuantum alanlar kuramının matematiksel temelinin büyük bir kısmını oluşturur.

**hiperon** *Acayiplik* çeşnisi sıfır olmayan ***baryon***lar hiperondur. Bu bakımdan hiperonlar "acayip" parçacıklar (yani içlerinde en az bir acayip kuark (*s*) bulunur) olup her biri önünde sonunda ($10^{-10}$ -$10^{-4}$ s içinde) bir protona ya da nötrona (ki o da sonradan protona) bozunacaktır. Spinleri buçuklu olup baryondurlar (baryon sayıları 1, bkz. ***kaon, hiperyük***). Parçacıkların sekiz katlı yol sınıflandırılmasına, bu parçacıkların çoğunun 1950'lerde bulunması sonucu varılmıştı.

**hiperyük//hyper charge//** Bir temel parçacığın bazı özelliklerini belirtmek için kullanılan bir sayı. Hiperyük, parçacığın baryon sayısı ile ***acayiplik*** sayısının toplamıdır. Elektromanyetik ve yeğin etkileşmelerde korunan hiperyük zayıf etkileşmelerde korunmaz. Bkz. ***hiperon***.

**HŞK//TOE//** Bkz. ***Her Şeyin Kuramı***.

**Hofstadter, Robert (1915-1990)** ABD'li fizikçi; çekirdeğin iç yapısını aydınlatan çalışmaları için 1961 Nobel Fizik Ödülünü paylaştı.

5 Şubat 1915'te New York Kentinde doğan Hofstadter 1935'te New York Kent Kolejini bitirdikten sonra 1938'de Princeton Üniversitesinden doktorasını aldı. Kısa bir süre Princeton'da geçirdikten sonra 1939'da Pennsylvania Üniversitesine geçti, 1941'de yine Kent Kolejine döndüyse de savaş çalışmaları (füzeler için yakın ateşleme fünyesi) sebebiyle ara verdi. 1946'da Princeton'a döndü ve 1950'de Stanford Üniversitesine geçti. Burada çekirdeklerden elektron saçılması üzerine çalışmaya başladı. ***Ernest Rutherford***'un atom yapısını araştırma çalışmalarının kaldığı yerden başlayan çalışmaları izleyen yirmi yıl boyunca sürdü. Proton ve nötronun iç yapılarının benzeştiğini buldu ve çekirdek yapısının bütüncül bir resmini elde etti.

Hofstadter SLAC'ta Kristal Topu dedektörünün geliştirilmesine de katkı yaptı. Ayrıca yörüngelere gama ışını dedektörleri koyarak Evrendeki yüksek enerjili olguların incelenmesi fikrini savundu. 17 Kasım 1990'da Stanford'da öldü.

**Hooft, Gerardus t' (1946- )** Hollandalı fizikçi: Abdüsselam ve Steven Weinberg'in elektrozayıf kuramından onu zora sokan sonsuzlukları giderip saygınlaştırmanın yolunu buldu ve doktora danışmanı Martinus Veltman'la 1999 Nobel Fizik Ödülünü paylaştı.

Gerardus 't Hooft 5 Temmuz 1946'da Den Helder'de doğdu. Utrecht'te 1964'te, üniversite öğrenimine, 1969'da da doktora araştırmalarına başladı. Mesleğinin büyük kısmını orada sürdürdü. 1972'de gittiği CERN'de iki yıl geçirdikten sonra Utrecht'te yardımcı doçent oldu. 't Hooft kendisin ünlendiren çalışmasını henüz araştırma öğrencisiyken yaptı. Danışmanı olan Veltman (doğumu 1931) Utrecht'te okumuş, oraya profesör olarak dönmeden önce beş yıl CERN'de çalışmıştı. 1960'ların ortasından başlayarak zayıf etkileşmelerin bir kuramını yapmaya uğraşıyordu. ***John Bell***'in bir önerisi üzerine probleme ***Yang-Mills kuramı*** çizgisinde bir ayar kuramıyla girişmekteydi. Bu tema üzerine tüm çeşitlemeler, ***Abdüsselam*** ve ***Weinberg***'inki dahil sonsuzluklardan mustaripti. O sıralarda fizikte önemli bir araç olmaya başlayan elektronik bilgisayarlardan yararlanarak bu sonsuzlukları gidermeye uğraşıyordu ama hepsini gidememişti.

't Hooft, Veltman'ın çalışmalarından (bu arada bunlar ***Richard Feynman***'ın geliştirdiği yol integrali yöntemini kullanıyordu) giderek 1971'de yayımlanan bir makalede kütlesiz ayar kuramlarının sonlulaştırılabileceğini gösterdi. Bu bir doktora öğrencisi için çok etkileyiciydi

ama asıl problem W ve Z bozonları gibi kütleli bozonları içeren kuramların sonlulaştırılmasıydı. 1971'in başlarında Veltman ve 't Hooft problem üzerinde sıkı bir konuşma yaparlarken (Andrew Pickering'in *Constructing Quarks*'ında değinilmekte) Veltman asıl gerekenin "hiç olmazsa kütleli ve yüklü vektör bozonlarına ilişkin bir sonlulaştırılabilir kuram bulunması" demişti. 't Hooft istifini bozmayıp "ben yapabilirim" deyince Veltman kulaklarına inanamayıp kendinden emin gence "Ne dedin, haydi git yaz da getir" demişti. O da tam o işi yapıp getirerek profesörünün şaşkınlık ve hayranlığını doğurmuştu. İlgili makale 1971 bitmeden yayımlandı ve 't Hooft ertesi yıl doktorasını aldı.

ABD'li fizikçi Benjamin Lee o yaz Utrecht'i ziyaret etmekteydi. Bu atılımın haberini ABD'ye götürerek 't Hooft'un fikirlerini daha alışılmış bir matematiksel çerçeveye oturtan bir makale yayımladı. Haber yıldırım hızıyla yayıldı. ***Weinberg***'in elektrozayıf birleştirilmeye ilişkin makalesi 1967 tarihliydi; fenbilimsel makalelerin yazgısı (bir makaleye başka makalelerde değinilme/atıf sayısı) *Scientific Citation Index*'te (atıf dizini) izlenir. Bu makaleye 1967, 1968, 1969 ve 1970'te *hiç kimse* (Weinberg dahil) değinmemişti. 1971'de dört değinim ('t Hooft'unki dahil), 1972'de 64, 1973'te 162 değinim oldu. Bu birden yükselen ilginin sebebi 't Hooft'un ayar kuramını sonlulaştırarak yaptığı atılım olup ayar kuramlarının fizikte ön sıraya çıkışının gerekçe ve zamanını kesinkes belirlemiş oldu.

Ek okuma: Gerard 't Hooft, *In Search of the Ultimate Building Blocks*. [*Maddenin Son Yapıtaşları*, Alfa Bilim].

**Hooke, Robert (1635-1703)** Britanyalı fizikçi ve genel fenbilimci. Yaptığı pek çok katkı arasında kütleçekime ilişkin fikirler, biyolojik bağlamda "hücre"nin adını koyması ve spiral yayı icat ederek "cep saati" yapması bulunuyor. Işıkla ilgili fikirleri Isaac Newton'la aralarında tatsız tartışmalara yol açtı ama kazanan, kendi kitabı *Optics*'i Hooke'un ölümünden sonra yayımlayan Newton oldu.

18 Temmuz 1635'te Wight Adasında Freshwater'da doğan Hooke Londra'da Westminister okulu ve 1953'te Oxford Üniversitesinde öğrenim gördükten sonra Robert Boyle'un asistanı oldu. Aslında diploma almanın pek önemi yoksa da Hooke Londra'ya taşınıp ***Kraliyet Derneği***'nin öncülünün kurulmasına yardımcı olmasından üç yıl sonra 1863'te yüksek lisansın gereklerini tamamladı. Ertesi yıl yeni Kraliyet Derneğinde (1662'de onandı ve Hooke hemen ilk deney sorumlusu ya-

pıldı) mekanik öğreticisi oldu, 1665'te Londra Üniversitesi Gresham Kolejinde geometri profesörü oldu. Her iki görevi de 3 Mart 1703'teki ölümüne kadar sürdürdü. 1677'den 1683'e kadar Kraliyet Derneğinin Sekreterliğini yaptı. Kraliyet Derneğinin bir beyler kulübünden profesyonel bilim örgütüne dönüştürülmesinde başka herkesten çok emeği olmuştu.

**Hoyle, Fred (1915-2001)** Britanyalı astrofizikçi ve kozmolog; en çok Evrenin ebedi olduğu fikrini (sürüp duran durum varsayımı) ileri sürmesiyle tanınır.

24 Haziran 1915'te Yorkshire, Bingley'de doğan Hoyle Cambridge'te okudu ve 1936'da bitirip araştırma öğrencisi oldu ama doktorasını (1936'da St. John Koleji üyesi olduysa da) isteyerek tamamlamadı çünkü o sıralarda öğrenciliğin biçimde de olsa sürmesinde vergi avantajı vardı. 1939'dan 1945'e kadar Deniz Kuvvetlerinde radar çalışmalarında bulundu ve ardından Cambridge'e dönerek matematik doçenti oldu. En esinlendirici çalışmasını 1950'lerin başlarında yaptı. Evrende karbon (dolayısıyla kendimiz gibi karbon temelli yaşam) bulunması için bunun yıldızların içinde oluşması gerektiğini, ama bunun da ancak üç helyum çekirdeğinin neredeyse anında kaynaşarak karbonun belli bir uyarılmış düzeyine rastlayacak bir ince ayar olabilmesi gerektiğini düşünmüştü.

O sıralarda karbon-12'nin böylesine bir uyarılmış düzeyi olduğuna inanmak için başka hiçbir sebep yoktu. Bu fikre karşı sıkı bir muhalefet olmasına karşın dostu William Fowler'i, laboratuarında deneyler yaparak karbon-12'nin böyle bir enerji düzeyi olup olmadığını sınaması için ikna etti. Deneyler Hoyle'un haklı olduğunu gösterdi ve Fowler bu çalışması için 1983 Nobel Fizik Ödülünü aldı, Hoyle ise 1972'de Şövalye yapıldı. Hoyle 20 Ağustos 2001'de Bournemouth'da öldü.

**Huygens İlkesi//Huygens principle//** İlerleyen bir dalganın cephesindeki her noktanın birer küresel dalga kaynağı olarak davrandığını ve bu dalgacıkların birbirleriyle birleşerek bir sonraki cepheyi oluşturduğu fikri. Bu görünüm özellikle dalgaların nasıl kırınıma uğradığını (köşeleri döndüğünü), nasıl kırıldığını (bir ortamdan diğerine geçerken saptığını). Bunu ilk öneren 1690'da ışığın dalga kuramı çerçevesinde Christiaan Huygens olmuştu.

**Huygens, Christiaan (1629-1695)** Hollandalı fizikçi ve gökbilimci; şanssızlığı Isaac Newton'la aynı çağda fenbilimiyle uğraşmak ve de kendi parlak katkılarının zaman zaman çağdaşları tarafından gölge-

lenmesiydi. Huygens, Newton'ın arkasından zamanının en büyük fizikçisiydi. Sarkaç hareketini açıkladı ve ilk işlevsel (yani periyodu genliğine bağlı olmayan) sarkaçlı saati yaptı. Işığın ilk bilimsel dalga kuramını geliştirdi. Becerikli bir gökbilimci olarak başka şeylerin yanı sıra Satürn'ün halkalarının ilk doğru yorumunu yaptı ve uydusu Titan'ı keşfetti.[169]

14 Nisan 1629'da Den Haag'da doğan Huygens, Hollanda Krallık hanedanına uzun yıllar diplomatik hizmet geleneği olan bir aileden geliyordu. Babası diplomat ve Hollanda'nın seçkin kültürel çevrelerinden olup René Descartes aileye sık sık konuk oluyordu. Huygens bir nevi "ağzında gümüş kaşıkla" doğmuştu. 1645-1647 arasında Leiden Üniversitesinde hukuk ve matematik okuduktan sonra izleyen iki yılda aile geleneğini sürdürmek amacıyla Breda'da hukuk okudu. Ama Huygens bunun yerine fen hayranı oldu ve izleyen on altı yılını, babasının mali desteğiyle yaşayarak tam anlamıyla dilediğini araştırmaya ve dünyanın nasıl işlediğini incelemeye hasretti.



*Christiaan Huygens (1629-1695)*

1666'da, Londra ***Kraliyet Derneğinde*** onayını aldıktan dört yıl sonra Paris'te Fransız Krallık Bilimler Akademisinin onayını aldı. Artık tanınmış bir fenbilimci olan Huygens orada çalışmak üzere çağrıldı ve ülkesine dönmeden önce on beş yıl orada kaldı. Sağlık durumundan dolayı ömrünün geri kalanında seyahatleri kısıtlıydı ama 1689'da Londra'ya giderek Newton'la ve başkalarıyla tanıştı. Huygens uzun bir hastalıktan sonra 8 Temmuz 1695'te Den Haag'da öldü.

Huygens'in, bu kitap bağlamındaki en belirgin başarısı ışığın dalga kuramıydı. Aksi gibi bu onun Newton tarafından yüz yıldan fazla tamamıyla gölgelenen çalışmasının parçasıydı. Çünkü o ışığın rakip parçacık kuramını geliştirmişti ve Newton'ın itibarı o denli yüksekti ki kuşaklar boyu başka bir modeli ciddiye alan çok az kimse oldu.

Huygens'in ışığın doğasına olan ilgisini onun gökbilim çalışmaları ve teleskop yapımına ilgisi körüklemişti. Kardeşi Constantijn'le

birlikte zamanının en iyi mercekli teleskoplarını yapıyordu. Tek bir kalın mercek yerine iki ince mercekli bir objektif icat etmişti. Bu, renk sapıncını (gözlenen nesnenin çevresinde renkli çizgiler oluşması) azaltıyordu.

Işığın dalga kuramını Huygens 1678'de ileri sürdü ve 1690'da yayımlanan *Traité de la Lumiére* (Işığın İncelenmesi) adlı kitabında tam anlamıyla ortaya koydu. Ama beş yıl sonraki ölümü bu kuramı, Newton'ın ışık kuramı 1704'te *Opticks* adlı kitabıyla duyurulunca savunmasız bıraktı. Huygens'in kuramı ışığı Evreni her yerde dolduran bir ortamdaki kıpırtılar olarak ele alıyordu, ama dalga kuramının modern biçiminden farklı olarak enine (yandan yana, tellerdeki titreşimler gibi) olmak yerine bu dalgalar havadaki ses dalgaları gibi boyuna (it-çek) olarak düşünülüyordu. Huygens yansıma ve kırılmayı bu modelle açıklayabiliyor ve ışığın daha yoğun ortamda (camda havaya göre) daha yavaş gittiğini önsöyüyordu. Newton'ın rakip tanecikli (minicik top gülleleri gibi) kuramı da yansıma ve kırılmayı açıklıyordu ama ışığın hızının camda daha hızlı olduğunu önsöyüyordu. Bu iki modeli sınamak için basit görünen bu yöntemi yeterince sağlıklı olarak uygulayabilecek bir yol 19. yüzyılın ikinci yarısına dek geliştirilemedi. Bu zamana kadar ***Thomas Young*** ve ***Augustin Fresnel*** dalga kuramını girişim ve kutuplanmayı da içerecek şekilde enine dalgalar olarak yenilemişlerdi, Newton'ın modeli ise değişmemişti. Bugün her iki model de görünüşte doğru. Işık dalga gibi gidiyor ama parçacık olarak varıyor; dalga-parçacık ikilemi ise kuantum fiziğinin özündeki kavramlardan birisi.[170]

**Huygens yapılımı// Huygens construction//** Bkz. ***Huygens ilkesi.***

**ılık nötronlar//thermal neutrons//** Bkz. ***yavaş nötronlar.***

**ısı//heat//** Tam bilimsel tanımı "aktarılma halindeki düzensiz enerji" olan bu terimin belirttiği enerji, en basit şekliyle makroskopik bir nesnenin atom ve moleküllerinin kinetik ve potansiyel enerjilerine yapılan katkıdır. Bu enerjilerin toplamının bilimsel adı *iç enerji* olup bunun ortalama değerine *sıcaklık* denilir. Aktarma kendiliğinden oluyorsa yönü ancak sıcaklığı yüksek olan bir nesneden daha düşük olan bir nesneye doğru olabilir. Bkz. ***enerji, entropi.***

**ısı sığası//heat capacity//** Bkz. *özgül ısı.*

**ışık//light//** Genelde ***elektromanyetik ışınım***ların, insan gözünün duyarlı olduğu 380 nanometre ile 750 nanometre arasındaki dalga boy-

larındaki kısmı olarak kabul edilir. Elektromanyetik *tayf*ın bu kısmı kısa dalga boylarında ***morötesi ışınım***larla, uzun dalga boylarında ise ***kızılaltı ışınım***larla sınırlıdır. Renkler bakımındansa uzun dalga boyunda kırmızıdan, turuncu, sarı yeşil mavi ve lacivertten geçerek kısalarda mora kadar gökkuşağı renklerini tarar.

Gözlerimizin ışığa duyarlı olarak evrilme ve uyumunun sebebi tayfın bu kısmının Güneş'te bol bol üretilmesi ile *D*ünya'nın atmosferinde soğurulmaması ve bunun içinde olmamızdır. Işık ile X-ışınları ve radyo dalgaları gibi diğer elektromanyetik ışınım biçimleri arasında özünde bir fark yoktur; yalnızca dalga boyları değişiktir.

Kuantum kuramının 20. yüzyılın başlarında gelişmeye başlamasıyla ışık için de parçacık gibi özellikler düşünülmeye başlandı. Elverişli koşullarda ışık enerjisi ***foton*** adı verilen bir parçacıklar akışı olarak düşünülebilir. Birçok modern dedektör (gökbiliminde de kullanılan ccd'ler[171] gibi) aslında fotɔn sayıcıları olup soluk kaynaklardan gelen tek tek fotonları kayda alıp uzun süreler içinde görüntülere dönüştürürler.

**ışık hızı//speed of light//** Evrensel bir sabit olup *c* simgesiyle gösterilir. Gözlemcilerin ışık kaynağına göre nasıl devindiklerinden bağımsız olarak vakumda hep aynı değerdedir (bkz. ***görelilik kuramı***). Bu hızın değeri saniyede 299,792458 × $10^6$ metredir. Bu 1983'ten beri metrenin tanımı olarak kullanılıyor;[172] metre için minicik bir ayarlama yapılıp ışık hızının tam 300 milyon metre bölü saniye olarak tanımlanması fırsatı kaçırıldı. Ama çok incelikli bir hesap gerekmedikçe *c* için yine bu yuvarlak rakam (3 × $10^6$ m/s) kullanılır. 1983'ten bu yana da "ışığın hızının ölçülmesi" deneyleri, aslında ışık standardına göre standart metre boyunun ölçülmesidir.

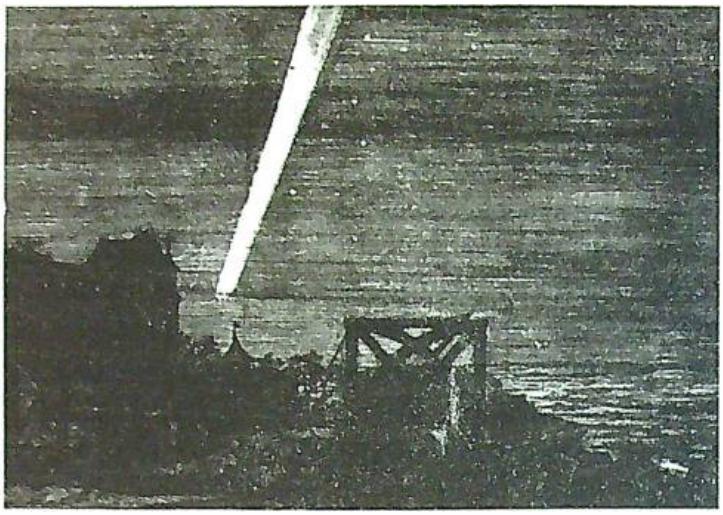
**ışık kuantumu//light kuantum//** Bkz. ***foton.***

**ışık salan diyot//light emitting diode//** Bkz. ***LED***

**ışınım//radiation//** Uzayda enerji taşıyan bir süreci betimleyen terim. En yaygın ve bilindik olanı ***elektromanyetik ışınım***dır (ışık ve ısı ışınımı), ayrıca ***alfa ışınımı***, ***beta ışınımı*** gibi enerjili parçacıkların akışına denildiği gibi ***kütleçekim ışınım***ına da uygulanabiliyor.

**ışınım basıncı//radiation pressure//** Bir yüzeye özellikle ışık gibi ***elektromanyetik ışınım***ın uyguladığı basınç. Bu, fotonların yüzeye, onu minik mermicikler gibi bombardıman ederek momentum aktarması şeklinde düşünülebilir. Çok aşırı koşullar (yıldızların merkezleri

gibi) dışında ışınım basıncı çok küçüktür. Ama çok hafif parçacıklar üzerinde fark edilir bir etki yapabilir. Böylece, örneğin kuyrukluyıldızların kuyrukları Güneş'ten öteye doğru itilir (bkz. aşağıdaki resim).



*Işınım basıncı. Güneşten gelen ışığın basıncı kuyrukluyıldızın kuyruğunu Güneş'ten öteye, uzaya doğru uzatır. Bu gravür 1680'de görülen kuyrukluyıldızı resmediyor.*

ışıma direnci//radiation resistance// Bir tür elektromanyetik eylemsizlik, yüklü parçacıkların ivmeye yani hızlandırılmaya karşı fazladan ve kütlelerinden doğandan kat kat daha yüksek bir direnme. Buna ışınım basıncı denir çünkü ivmeli bir yüklü parçacık elektromanyetik enerji salar. Dolayısıyla direnç bu ışınım salınmasıyla ilişkilidir. Örneğin teldeki akımın değişmesiyle ivmelenen elektronlar, radyo dalgaları şeklinde enerji salarlar; ancak bu enerji elektronları hızlandırmak için harcanan kadar tutmaz.

Işıma direnci elektronun (ya da itilip kakılan yüklü parçacık her neyse) bir şeylerle etkileşmekte olduğunun bir işaretidir. Aynı şekilde kütleçekimsel eylemsizlik de itilip kakılan kütle ile Evrendeki tüm diğer kütleler arasındaki etkileşme olarak anlaşılabilir (bkz. ***Mach ilkesi***). Işıma direnci de itilip kakılan yük ile Evrendeki tüm diğer yükler arasındaki etkileşme olarak anlaşılabilir. Bu fikri 1940'larda ***Richard Feynman*** ve ***John Wheeler*** geliştirdi (bkz. ***Wheeler-Feynman soğurma kuramı***). 1980'lerde ***John Cramer***, benzer bir kurguyu kuantum kuramının yeni bir yorumunun temeli olarak kullandı (bkz. ***işlemsel yorumu***).

**ideal gaz/mükemmel gaz//ideal** gas// Moleküllerinin hiç hacmi olmadığı, birbirleriyle de bulundukları kabın çeperleriyle de tam esnek çarpışma dışında etkileşmedikleri varsayılan hayali bir gaz. Önsöyülen özellikleri gerçek gazlarınkilerle karşılaştırıldığında gerçek moleküllerin kimi özelliklerini elde etmek mümkün olur.

**ikinci kuantumlama//second quantisation//** *Alan*ların *kuantum*lar cinsinden betimlenmesi. Birinci kuantumlanma (pek böyle söylenmese de) parçacıkların, örneğin elektronların *atom*lar içinde bir düzeyden diğerine atlayıp sıçramaları gibi özellikleriyle ilgilidir. İkinci kuantumlanma ise alanlarla ilgili olup bunların parçacık değiş tokuşuyla betimlenmesidir. Ad yalnızca tarihsel ilgi konusu olup kendi başına bir önemi yoktur.

**ince yapı//fine structure//** Atomların saldığı ışık tayfının ayrıntıları olup tayf çizgilerinin bir nevi ince ince yarılması gibidir. Bunlar enerjileri neredeyse aynı olan çok yakın enerji düzeyleriyle açıklanır; farklılıkları elektronun spiniyle ilgili küçük etkilerden ileri gelir. Molekül tayflarında da moleküllerin dönme ve titreşmelerinden ileri gelen benzer durumlar da gösterirler. Bunlardan çok daha ince yapıya *hiperince yapı* denilir. Bu, çekirdeğin matematiksel bir nokta olmamasının atomun elektronlarının enerji düzeylerine olan etkisinden ileri gelir.

**ince yapı sabiti//fine structure constant//** Atom tayflarındaki ince yapının hesaplanmasında ortaya çıkan bir sayı olup çok derin bir evrensel anlam da taşıyor. Boyutsuz bir sayı olup dört temel sabitin bir bileşimiyle hesaplanır.[173] Bunlar elektronun yükü, vakumda ışığın hızı, Planck sabiti ve boş uzayın *geçirgenliği* ya da elektrik sabiti denilen bir sayıdır (geçirgenliği içeren $4\pi\, e_o$ sayısı eski cgs birim sistemlerinde 1 olarak alınmaktaydı): $\alpha = e^2/(4\pi\, e_o \hbar c) = 7,\ 297\ 352\ 5698(24) \times 10^{-3}$ (yaklaşık 1/137,036 hatta 1/137). Bu sayı, elektromanyetik kuvvetin şiddetinin ölçüsüdür (bkz. *doğa kuvvetleri*). Diğer doğa kuvvetlerinin eşdeğer şiddet değerleri ise yeğin etkileşme için 1, zayıf etkileşme için $10^{-13}$, kütleçekim için ise $10^{-38}$ kadardır.

**indüklenmiş radyoaktiflik//induced radioactivity//** Aslında radyoaktif olmayan bir malzeme örneğinin *nötron*lar ve *proton*lar gibi parçacıklarla dövülerek radyoaktif yapılması. Parçacıklar radyoaktif olmayan nesnenin *atom*larının *çekirdek*leriyle etkileşerek, genellikle de soğurularak ya da nükleon kaybettirerek onları radyoaktif *izotop* haline sokarlar.

**inolar//inos//** Sıradan bozonların süpersimetri kuramının gerektirdiği fermiyonik karşılıklarına verilen adlar. Bunlarda sıradan adlara "ino" eki takılıyor; ***fotino***, Wino, Zino vb gibi.

**insancı ilke//anthropic principle//** Evrenin bugünkü şeklini ve buna nasıl vardığı biçimi Evrendeki yaşamın (özellikle de insanın) koşullamış olduğu fikri.

İnsancı usavurmanın gücü en iyi bir örnekle gösterilebilir. Var olabilmemiz için gezegenimize (*D*ünya) elverişli bir uzaklıkta yörünge sağlayacak bir yıldız (Güneşimiz) olmalı. Gezegen uygun miktarlarda kimyasal elementlerden (özellikle karbon, azot, oksijen ve ***Büyük Patlama***'dan arta kalan yeteri kadar ilksel hidrojen) oluşmalı. İlk bakışta, Evrenin bütün geri kalanı (uzayın milyarlarca ışık yılı boyutundaki yayılmış milyonlarca gökada sanki varlığımız için anlamsızmış gibi görünüyor.

Ama bizim ve *D*ünya'nın oluştuğu elementeler nereden geldi? Büyük Patlama yalnızca hidrojen, helyum ve eser miktarda birkaç hafif element üretti. Karbon ve diğer ağırca elementler yıldızlarda yapıldı (bkz. ***nükleosentez***). Bu süreç bu yıldızların yaşam döngüleri boyunca gider ve yıldızlar patladıklarında da bu elementleri ve patlama sırasında oluşan daha da ağırlarını uzaya savurarak sonraki yıldız kuşakları ve de bunların eşlikçi gezegenlerinin (Güneş ve *D*ünyamız dahil) oluşması için malzeme bulutlarına olanak sağlarlar. Bu milyarlarca yıl aldı. Elverişli bir gezegende yaşamın, akıllı varlıkların çevrelerinin farkına varıp da Evrenin büyüklüğünü merak edecek gibi evrilmesi bir o kadar yıl daha aldı. Bu sırada da Evren genleşmekteydi; milyarlarca yıl sonra, milyarlarca ışık yılı boyutuna varması kaçınılmazdı. Öyleyse burada durup da Evrenin büyüklüğüne ilişkin sorular sormamızın anlamı Evrenin milyarlarca yıldız içermesi, milyarlarca yıl yaşında ve milyarlarca ışık yılı büyüklüğünde olmasındadır. Bu da Evrendeki yerimizin ve kendimizin hiçbir özelliği olmamasına dayanmakta olup buna "yerküresel sıradanlık ilkesi" de denilmektedir.

Ek okuma: John Barrow-Frank Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle*; John Gribbin, *Companion to Cosmos*.

**istatistiksel mekanik//statistical mechanics//** Özellikle gazların davranışlarının istatistiksel yöntemlerle matematiksel olarak betimlenmesi. 1860'larda ve 1870'lerde ***James Clerk Maxwell*** ve ***Ludwig Boltzmann*** gibi öncüler bir gazın pek çok sayıda (bkz. ***Avogadro sayısı***) minicik katı kürecikler olarak düşünülen atom ya da moleküllerden

oluştuğunu bunların birbirleriyle ve bulundukları kabın çeperleriyle çarpışıp durduğunu öne sürdüler.[174] Gaz ısıtıldığında moleküller daha hızlı devinerek duvarlarla daha sıkı çarpışarak basıncı artıracak, eğer duvarlar sabit değilse kabın genleşmesine yol açacaklar. Bu fikirlerin anahtar niteliği gazların davranışının bilinen fizik yasalarıyla (Newton yasaları) istatistiksel yöntemlerin çok büyük sayıda atom ve moleküllere uygulanarak açıklanabileceğindeydi. Bir gazın içindeki herhangi bir molekül herhangi bir yönde tüm moleküllerin ortalama hızından daha hızlı ya da yavaş devinebilir; ama pek çok molekülün duvarlarla birim zamanda yaptığı çarpışma durağan bir basıncın sürmesini sağlayabilir. Klasik istatistiksel mekaniğin matematiği ABD'li fizikçi Willard Gibbs'in 1902'de yayımlanan *Elementary Principles of Statistical Mechanics* (*İstatistiksel Mekaniğin Temel İlkeleri*) adlı kitabında toparlanmıştır; disipline bu adı koyan da Gibbs'tir.

Aynı temel fikir kuantum mekaniği çerçevesine de getirilebilir, ama parçacıkların uyduğu istatistiksel kurallar farklıdır (bkz. ***Bose-Einstein istatistiği***, ***Fermi-Dirac istatistiği***). Örneğin ***kara cisim ışınımı***, ***Bose-Einstein istatistiği***ne uyan parçacıkların (***fotonlar***) gazı olarak betimlenebilir. İstatistiksel mekanik, hem akışkanların hem de katıların, elektrik iletkenliği ve *özgül ısı* gibi geniş çapta özelliklerini betimlemekte (yerine göre kuantum mekaniğiyle de) kullanılabilir.

**iyon//ion//** Elektronlarından en az birisini yitiren ya da en az bir elektron kaparak nötrlüğünü yitiren bir atom. Elektron yitirenlere artı (pozitif), elektron kapanlara da eksi (negatif) iyon denilir. Kimyada artı iyonlara katyon denilir çünkü elektroliz sırasında elektrolit içinde katoda doğru çekilecektir. Benzer olarak eksi yüklü iyonlara da anoda çekilecekleri için anyon denilir. İyon terimi yüklü bir molekül için de kullanılır.

**iyonlaşma//ionisation//** *İyon* üreten bir süreç. Bu uygun bir çözeltiyi elektrolit yapmak gibi basit bir işlem olabilir. Örneğin sofra tuzu (NaCl) suda çözüldüğünde eksi yüklü klor atomları ($Cl^-$) ile artı yüklü sodyum ($Na^+$) atomlarından bir derya oluşur. Gazlar ise örneğin alfa, beta, gama ya da X ışınları atomlarında elektron söktürüldüğünde iyonlaşır; bu yüzdendir ki bu ışınlara iyonlaştırıcı ışınımlar da denilir.

**iyon bağı//ionic bond//** Bkz. ***kimyasal bağ***.

**izinlilik//permittivity//** *Geçirgenlik* parametresinin elektriksel eşdeğeri olup nesnelerin elektrik alanı oluşumuna olan direnişinin ölçüsüdür. Geçirgenlik gibi boş uzayın geçirgenliğinin değeri de doğal bir

birim sisteminde 1 olmalı ama pratikte böyle değil. Yine de sayılar boş uzayın geçirgenliğine bölünerek normalize edilebilir. Böyle tanımlanan bağıl geçirgenlik dielektrik sabiti olarak da bilinir. Bkz. ***elektrik sabiti***.

**izobarik spin** Bkz. ***izospin***.

**izospin** Werner Heisenberg'in 1932'de protonlar ile nötronları, benzerliklerini vurgulamak amacıyla ayırt edici olarak öne sürdüğü bir etiketleme. O yıllarda ortaya konulan elektron spininin iki değerliliğine benzeterek izobarik spin olarak adlandırdığı bu *çeşni* daha sonra çekirdekler için de önemli bir nitelik olmuş ve izotopik spin olarak değiştirilmişti, daha da genelleştirilmesi söz konusu olunca izospin kullanılmaya başladı. Proton ve nötron aynı temel varlığın (nükleon) değişik kuantum durumları olmakta, protona +1/2, nötrona –1/2 değeri verilmekte. Bu değerlerin protonun + yüklü, nötronun ise nötr olmasıyla ilişkisi olsa da izospin nötron ile protonu yalnızca yeğin kuvvetle etkileştikleri tepkimelerde ayırt etmenin bir yoludur.

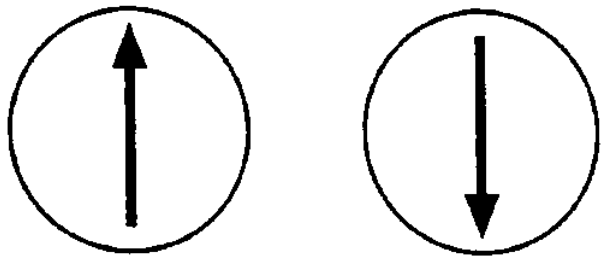
Bu kavram daha sonra diğer hadronlara da genelleştirildi. Örneğin pionların artı, nötr ve eksi yüklü üç türü olup, bunların izospinleri sırasıyla +1, 0 ve –1'dir.

Benzeşik olarak zayıf kuvvet elektron ile nötrinoyu (ya da bunların daha ağır akranlarını) ayırt edemeyip onları yalnızca "lepton" olarak bilir. Böylelikle bunlar için bir "zayıf izospin" tanımlanarak birbirlerinden ayırt edilebilmekte.

Bunların önemine gelince; 1930'larda öyle düşünülmüş olmasa da nükleonlarla böyle ilgilenmek ***grup kuramı***nın parçacık fiziğindeki ilk uygulaması olmasıdır. Nötron ile proton birlikte bir izospin grubu oluştururken elektron ile nötrino da bir zayıf izospin grubu oluşturur. Protonun izospinini yukarı doğru, nötronunkini de aşağıya alırsak, protonun, izospinini döndürerek nötrona dönüştürülebileceği düşünülebilir. Bu, izospin dönmesi denilen bir simetri işlemidir (bkz. ***ayar simetrisi***). Evrendeki her bir nükleonun izospin yönelimini eşzamanlı olarak 180 derece döndüğünü düşünülebilir. Yeğin kuvvet böyle bir dönüşümden hiç etkilenmeyecektir. Bu izospin "alanı"nın altında yatan simetrinin ifadesidir.

Nükleonları izospinin bir ara "yönelim"i olan bir ara durumda, proton ile nötronun üst üste binmiş durumları gibi (diyelim yüzde 30 proton, yüzde 70 nötron), bulunabileceği hayal edilebilir. Böylesi kuantum durumu karışımlarına karşılık gelen açıya ***karışım açısı*** denilir.

İzospinde içkin simetri *Yang-Mills alanı* denilen bir alanla ilişkilidir. Yang-Mills alanının üç kuantum alan parçacığı vardır. Bunlar yeğin kuvvetin "görünürdeki" taşıyıcıları olan pionlarla ilişkilidir. Simetrinin gücünü alan kuramı bağlamında gösteren bu örnek en sonunda kuantum parçacıkları dünyasının alan kuramı cinsinden yorumunu beraberinde getirdi.



*İzospin. Proton ve nötronlar birçok koşulda aynı bir tür parçacığın farklı kuantum durumları olduğu düşünülebilir, birisinin izospini yukarı, diğerinin aşağıya doğru yönelik. Bu gösterilişte birini diğerine izospini döndürerek dönüştürülebilir. Bu bir simetri işlemine örnektir.*

Örneğin, *kuark*ların üç çeşnisini belirleyen ***renk yükü***, yalnız üst ve alt değil aralarında 120'şer derece olan üç yöne yönelen bir gösterge cinsinden de düşünülebilir. Farklı renkteki kuarklar bir tür renk izospiniyle ayırt edilerek aynı temel varlığın farklı kuantum durumunu gösterirler, ve karışık durumdaki kuarklar buna ilişkin göstergenin uygun bir karışım açısıyla betimlenebilirler. Bu, yeğin kuvvetin Yang-Mills betimine eşdeğer matematiksel çözümlemesini yaparsak gluon kuvvetine ilişkin tam sekiz gluon olması gerekliliğine götürür.

izoterm süreç/eşsıcaklıklı süreç//isothermal process//

izotopik spin Bkz. *izospin.*

izotoplar Aynı (yani çekirdeklerinde aynı sayıda protonu olan) elementin, çekirdeğinde farklı sayıda nötronu bulunan, dolayısıyla farklı atom kütlesi olan atomları. Aynı elementin her atomunda aynı sayıda elektron bulunduğundan kimyasal özellikleri de özdeştir.

izotropik/eşyönsel Her yönde aynı olan.

Jacobi, Karl Gustav Jacob (1804-1851) Fizikte simetri ve değişmezliğin önemini algılayan ilk kişilerden birisi olan Alman matematikçi. Bu alanda önde gelen katkıları olan *William R. Hamilton*'un çağcılıydı.

10 Aralık 1804'te Potsdam'da doğan Jacobi bir harika çocuktu. Öğretmenleri onu 12 yaşında üniversiteye girebilecek düzeyde eğitmişti; ancak 1821'de 17 yaşına girene dek Berlin Üniversitesinde öğrenci olmasına izin verilmedi, ama o aynı yıl mezun oldu! On dokuz yaşında öğretmen yapıldı, ertesi yıl da doktorasını aldı. Bir yıl Berlin Üniversitesinde *öğretim görevlisi* olarak çalıştıktan sonra 1826'da Königsberg Üniversitesine geçti ve 1827'de profesörlük verildi. 1843'te hastalandıktan sonra İtalya'da geçirdiği nekahat döneminin ardından 1844'te Berlin Üniversitesinde profesörlüğe getirildi. 18 Şubat 1851'de Berlin'de çiçekten öldü.

Jacobi'nin çalışmaları matematiğin birçok alanını kapsar. Bu kitaba en yakın olanı simetri üzerine olanlarıdır. Hamilton'ın kimi fikirleri üzerine geliştirdiği ***jakobiyen*** determinantları kuantum mekaniğinin önemli bir özelliği oldu.

**jakobiyen** Bir kare ***matris***in (satır ve sütun sayıları aynı) değeri ***Karl Jacobi*** tarafından konulan bir kurallar takımıyla hesaplanır. Matrisin elemanları çift çift çarpılıp belli bir şekilde toplanıp çıkarılarak matrise özgü tek bir sayı oluşturur. Buna ***determinant*** da denilir.

**Janssen, (Pierre) Julius Cesar (1824-1907)** Fransız gökbilimci. 1868'de ***Norman Lockyer***'le tayf ölçer yardımıyla Güneş'te, sonradan helyum (helios-güneş) adı verilen ve yeryüzünde 1895'e kadar görülmemiş olan elementi keşfetti.

22 Şubat 1824'te Paris'te doğan Janssen, Paris Üniversitesinin Fen Fakültesinde yarı zamanlı öğrencilik yaparken bir bankada çalışıyordu. 1882'de bitirdi ve 1857'de manyetik ekvatorun yerini saptamak için Peru'ya giden bir ekibe katılıncaya kadar öğretmenlik yaptı. Dönüşünde Fen Fakültesinden 1860'ta doktorasını aldıktan sonra, 1875'te Paris yakınlarındaki Meudon'da bulunan yeni gözlemevinin başına getirilinceye kadar peş peşe çeşitli görevlerde bulundu. 23 Aralık 1907'deki ölümüne kadar da bu görevde kaldı.

Janssen'in gökbilimsel tayf ölçümünün olanaklarına olan ilgisini ***Gustav Kirchhoff***'un 1850'lerin sonlarında yaptığı öncü çalışmalar tetiklemişti. Janssen Güneş tayfını tutulma yokken bile gözlemek için bir teknik geliştirdi ve bunu Hindistan'da gözlediği tutulmanın ardından sınadı. (Bu arada Janssen öylesine tutulma izleyicisiydi ki 1870'te Paris kuşatma altındayken sıcak hava balonuyla çıkarak Cezayir'deki tutulmayı izledi.) O sıralarda ***Lockyer*** de aynı bir teknikle Güneş atmosferini inceliyordu. Janssen güneşin tayfında daha önce görmediği

bir çizgi grubu gördü ve bunu Lockyer'e bildirdi. O da Güneş atmosferindeki gözlemleriyle bunu onaylayarak daha önce bilinmeyen bir elementten ileri gelebileceğini önererek adını helyum koydu.

Janssen ve Lockyer bu ortak keşif sebebiyle iyi dost oldular; Fransız Bilimler Akademisi onların anısına yüzlerinde onların kabartma profilleri bulunan bir madalyon bastırttı.

**Jeans, James Hopewood (1877-1946)** Britanyalı matematikçi ve astrofizikçi. Evrene ilişkin fikirleriyle tanındığı gibi fenbiliminin de iyi bir tanıtıcısıydı. Kariyerinin ilk yıllarında gazların kinetik kuramının gelişmesine, kuantum fikrinin özgül ısıların ve ***kara cisim ışıması***nın doğasına uygulanmasına katkıları oldu.



*James Jeans (1877-1949)*

Jeans 11 Eylül 1877'de Lancashire'deki Ormskirk'te doğdu. Ailesi o üç yaşındayken Londra'daki Tulse Hill'e taşıdı. Merchant Taylor'un okulunda okuduktan sonra 1896'da Cambridge'e gitti. 1900'de bitirince Trinity Kolejine girdi ve 1903'te yüksek lisans için gerekleri tamamladı. 1905-1909 arasında Princeton Üniversitesinde uygulamalı matematik profesörlüğü yaptı ve Cambridge'e dönerek 1910-1912 arasında uygulamalı matematik öğretim görevlisi oldu. 1912'den sonra ücretli bir akademik görevi olmadı ama araştırmalarını özel olarak yürüterek bir dizi kitap ve makale yazdı. Bu arada 1923-1944 arasında keyifle California'daki Mount Wilson Gözlemevine araştırma destekçiliği yaptı. Jeans 1928'de Evrende maddenin sürekli yaratıldığını (Kararlı Durum varsayımının öncülü) önerdi ama bunu geliştirecek bir şey yapmadı. 1928'de şövalyelik de verildi. 1 Eylül 1946'da Surrey'deki Dorking'de öldü.

Jeans'in 1912'ye kadarki ilk çalışmaları büyük ölçüde kuantum fiziği problemleri üzerineydi. Bunların en önemlisi kara cisim ışımasının doğasıyla ilgiliydi; Lord Rayleigh'in daha önce yaptıklarını bir düzeltme getirerek geliştirdi (önemli ve çok basit olan bu düzeltme, momentum uzayının yalnızca $x, y, z$ yönlerinin yalnız artı değerlerinin alınması gereğini atlayan Rayleigh'in sonucunu 8'e bölmekten başka bir şey değildi). Bu düzeltmeyle sonuç kara cisim ışımasının uzun dalga boyu bölgesine çok iyi uyum gösteren ***Rayleigh-Jeans Yasası*** oldu.

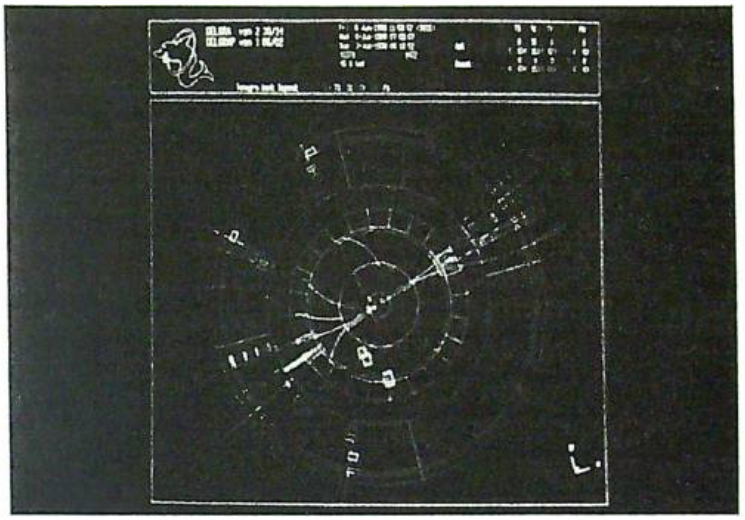
**Jensen, (Johannes) Hans (Daniel) (1907-1973)** Alman fizikçi. Marya ***Göppert-Mayer*** ile birlikte çekirdeğin yapısının bir dizi tabakayla betimlenebileceğini (1940'ların sonlarında bağımsız olarak) önermeleriyle 1963 Nobel Fizik Ödülü aldılar (bkz. *çekirdeğin tabaka modeli*). 25 Haziran 1907'de Hamburg'da (bir bahçıvanın çocuğu) doğan Jensen'in yetenekleri öğretmeni tarafından fark edildi. Öğretmen onun yükseköğrenim için burs bulmasını da sağladı. Hamburg Üniversitesinde okudu ve doktorasını 1932'de Freiburg'da aldı. 1932'den 1941'e kadar Hamburg'da çalıştıktan sonra Hannover Yüksek Teknoloji Enstitüsünde görev aldı. 1949'da Heidelberg'e fizik profesörü olarak getirildi ve çalışma yaşamını orada sonlandırdı. Zaman zaman ABD üniversitelerine konuk olan Jansen 11 Şubat 1973'te Heidelberg'de öldü.

Aynı çizgide düşündüklerini anladıklarında ***Göppert-Mayer*** ile Jensen 1950'lerin başlarında işbirliği yaparak birlikte bir kitap yazdılar: 1955'te yayımlanan *Elementary Theory of Nuclear Shell Structure* (Çekirdeğin Tabakalı Yapısının Temel Kuramı). Bir ara Göppert-Mayer yaptıklarının pek dikkate alınmadığı kanısında olduğunu söylediğinde Jensen ona şöyle yazmıştı, "Sen Fermi'yi ikna ettin ben de Heisenberg'i, daha ne isteriz ki?"

**jet** Parçacık fiziğinde "jet" terimi özellikle aynı yöndeki parçacık sağanakları için kullanılmaktadır. Bunlar, bir "ana" parçacıktan (örneğin proton) vurulup atılan bir kuark, karşı-kuark ya da gluondan kaynaklanırlar ya da doğrudan enerjiden yaratılırlar (***Einstein***'ın $\Delta m = \Delta E/c^2$ bağıntısına göre). Bu parçacıkların kendileri ***tutsaklık***tan dolayı ayrık olarak bulunamazlar ama grup halinde kinetik enerjilerinin (önünde sonunda hızlandırıcının sağladığı enerjiyle) bir kısmını harcayarak daha fazla kuark, karşı-kuark ve gluon yaratırken bu sonuncular da jetin içinde (aslında koni biçiminde bir demet, daha doğrusu bir süpürgenin sapları gibi) giderken saptanırlar. Bu olay ilk kez 1970'lerde SPEAR'da elektron-pozitron çarpışmalarında gözlendi. Jetler tek başına bir kuarkın gözlenebilmesine en yakın olgu olup jetin özellikleri (bütün enerjilerini ve gittikleri yönleri) kuarkların özelliklerini (örneğin kütleleri) saptamaya yarıyorlar.

Böylesine üretilen kuarkların niteleyici belirtkenleri zıt yönlerde giden ve enerjiden yaratılan kuark/karşı-kuark çiftlerine karşılık gelen iki jettir. 20 GeV'i aşan enerjilerde çiftin bir üyesinin enerjisi öyle büyük olabilir ki bir gluon (gerçek bir gluon, bir ***sanal parçacık*** değil) yaratabilir. Yeterince enerji varsa kuark ve karşı-kuarklardan her biri

bir gluon salabilir, böylece dört jetli bir olgu çıkar. İki jetliler oldukça sıradandır, üç jetliler bunların onda biri kadar; dört jetliler ise üçlülerin onda biri kadar görülür.



*jet. İki jet olayı. CERN'deki DELPHI dedektörüyle saptanmıştır.*

"Jet" terimi bazen yüksek enerjili bir kozmik ışın olgusunda görülen sağanaklara da denilir.

**JET** Joint European Torus (Birleşik Avrupa Simiti), çekirdek kaynaşması araştırmalarında kullanılan deneysel bir reaktörün kısaltma adıdır. JET İngiltere'de Culham'da bulunan bir tokamak aygıtıdır (tokamak adı bunun Rusça kısaltmasından gelir). 9 Kasım 1991'de bunun iki saniye süren bir atmada 1,7 megawatt güç üretmesi *D*ünya'da ilk kontrollü kaynaşmadan elde edilen ilk büyük çapta ve süren bir enerji fışkırması olmuştu.

**Joliot-Curie, (Jean) Frédéric (1900-1958) ve Irène (1897-1956)** Fransız karı-koca fenbilimci. Yapay radyoaktiflik üzerine çalışmalarıyla 1935 Nobel Kimya Ödülünü paylaştılar. Irène, ***Pierre*** ve ***Marie Curie***'nin kızıydı; fen geleneği de üçüncü kuşakta oğulları Fizikçi Paul Joliot-Curie ve çekirdek fizikçisi olan kızları ve Paul Langevin'in torunu olan bir fizikçiyle evlenen Hélène Joliot-Curie ile sürdü.

Frédéric Joliot 19 Mart 1900'de Paris'te doğdu. Paris'te Fizik ve Kimya Okulundan sonra askerlik görevinin ardından 1925'te Marie Curie'nin Radyum Enstitüsünde asistan olmadan önce kısa bir süre endüstride çalıştı. Ertesi yıl Irène Curie ile evlendi ve adlarını Joli-

ot-Curie'ye değiştirdiler.[175] 1927'de Paris Üniversitesinden lisans[176] derecesini aldı ve 1930'da radyoaktif elementlerin kimyası üzerine doktorasını tamamladı. 1935'ten 1937'ye kadar Sorbonne'da çalıştı ve Collège de France'da çekirdek kimyası profesörlüğüne getirildi. 1939'da ***Otto Hahn*** ve ***Fritz Strassman***'ın çekirdek bölünmesi olabileceğini gösteren çalışmalarını duyunca çabucak bunun gerçekleştiğini gösteren deneylere girişti (bunu benzeri çalışmaları yapan Otto Hahn ve ***Lise Meitner***'in hemen ardından ama bağımsız olarak yapmıştı). Kontrolsüz zincirleme tepkime olasılığını da (sonraları atom bombası yapımında kullanılan türden) hesaplamıştı; ancak savaşın çıkmasıyla sonuçları yayımlamak istemedi ve Joliot-Curie'ler sonuçları mühürlü bir mektupla Fransız Bilimler Akademisine gönderdi; mektup 1949'da açıldı.

Savaş sırasında Joliot-Curie'lerin ikisi de, başta Fransa'da kaldılar. Frédéric radyoaktif izotopların biyolojide kullanımı (Antoine Lacassagne ile birlikte radyoaktif iyodun tiroid bezinin incelenmesinde için izleyici olarak kullanılmasında öncülük yapıyordu. Irène ise çocuklarını yetiştirmeye yoğunlaşıyordu. Frédéric Nazilere karşı direnişte de etkindi ve laboratuarındaki araç ve gereçlerin Almanya'ya götürülmesini engelleyebildi. Ayrıca 1939'da Norveç'ten sağlanan ve 200 kg tutmayan ağır su (yavaşlatıcı olarak yararlı ve her atom enerjisi programı için çok faydalı olan) stokunu 1940'ta İngiltere'ye gönderebildi. 1944 Mayısında Irène ve çocuklar için Paris'te kalmak çok tehlikeli olmaya başladı ve İsviçre'ye kaçtılar. Frédéric, Jean-Pierre Gaumont adıyla kaldı ve Paris'in kurtarılmasında kullanılan büyük miktarda patlayıcının College de France'da yapılmasını gözetti. Direnişteki hizmetlerinden dolayı Savaş Haçı nişanı aldı.

Frédéric İkinci *D*ünya Savaşından sonra Fransız atom enerjisi programının başı ve de CNRS'de (Cenre National de Recherche Scientifique-Ulusal Fenbilimi Araştırma Merkezi) atomik sentez laboratuarının yöneticisi oldu. Ama önceki konumundan solcu eğilimlerinden dolayı (savaş sırasında Komünist Partisine üye olmuştu; ayrıca kurulu düzen kurumlarına karşı yeğin hoşnutsuzluğu vardı). Irène ise kısa süre sonra atom enerjisi kurulu üyeliğinden çıkarıldı. Frédéric Collège de France'a döndü ve bozulan sağlık durumuna karşın o ve Irène öğretim ve Paris'in güneyindeki Orsay Üniversitesine yeni bir çekirdek fiziği laboratuarı kazandırma çabalarının yanı sıra izleyen birkaç yıl barış eylemlerinde etkin görev aldılar. Irène öldüğünde Frédéric onun yerine Sorbonne'da profesörlüğe ve Radyum Enstitüsünün başkanlığı-

na getirildi. 14 Ağustos 1958'de Paris'te kanserden (neredeyse kesinlikle rayoaktif maddelere uzun süreler maruz kalmasından ötürü) öldü.

Irène Curie 12 Eylül 1897'de Paris'te doğdu. Fiziği annesinden ve onun Sorbonne'daki çalışdaşlarından (Langevin ve ***Jean Baptiste Perrin*** gibi) "evde" öğrendi. Birinci *D*ünya Savaşında da annesinin yanında Röntgen teknisyeni olarak çalıştı. 1920'de Paris Üniversitesini bitirdi ve Sorbonne'da doktoraya başladı. Radyum Enstitüsünde (Frédéric Joliot ile orada tanışmıştı) annesinin asistanlığını yaparken polonyumun alfa ışımasının davranışının incelenmesi üzerine yaptığı doktorasını 1925'te tamamlamıştı.

Joliot-Curie'lerin Nobel Ödülü aldıkları çalışma 1930'ların başlarında yapıldı. Can alıcı deneyde alüminyum alfa ışınlarıyla dövülüyordu. Alfa kaynağı kaldırıldıktan sonra alüminyum birkaç dakika daha pozitron salmayı sürdürmüştü. Alüminyum çekirdeklerinin bir kısmı alfaları soğurarak radyoaktif fosfora dönüşür, o da 3,5 dakika yarı ömürle pozitron salarak silisyuma döner. Bu yapay radyoaktifliğin ilk fark edilen örneği olup bu elementlerin birbirine dönüşmesinin hiç olmazsa kimi durumlarda işe yarar bir olanağıdır. Böyle oluşturulan bu radyoizotop denilen nesneler de araştırmalar, hatta tıp uygulamaları için çok değerli bir araç oldular. Birkaç yıl sonra da Irène ve çalışdaşları yavaş nötronlarla dövülen uranyumun lantana dönüştüğünü gösterdi. Bu sonuç ***Hahn, Strassman, Meitner*** ve Frisch'in (ve de Frédéric Joliot-Curie) çekirdek bölünmesini ortaya koyan çalışmalarına yol açtı.

Irène 1936'da Fenbilimi Araştırmaları Müsteşarlığına getirildi (Halk Cephesi hükümetindeki yalnızca üç kadından birisiydi) ve CNRS'nin kurulmasına yardımcı oldu. Joliot-Curie'lerin ikisi de İspanyol İç Savaşında Cumhuriyetçileri etkin olarak desteklediler. Irène 1937'de Sorbonne'da profesör oldu; ama yukarıda söylendiği gibi 1944'te Fransa'yı terk etmek zorunda kaldı. 1946'da döndüğünde eski konumuna ve Radyum Enstitüsünün başına getirildi; ayrıca sol eğilimlerine karşın Fransız atom enerjisi programında beş yıl (1946-51) kurul üyeliği yaptı (ancak aynı sebeple Amerikan Kimya Derneğine üyelik isteği reddedildi). 17 Mart 1956'da lösemiden Paris'te öldü (neredeyse kesinlikle radyoaktif maddelere uzun süre maruz kalması yüzünden).

**Jordan, Ernst Pascual (1902-1980)** Alman fizikçi. Kuantum kuramının ***matris mekaniği*** biçimini ***Max Born*** ve ***Werner Heisenberg*** ile birlikte kurgulayan, "üç kişi makalesi"nin yazarlarından birisi.

Jordan 18 Ekim 1902'de Hannover'de doğdu ve Hannover Teknoloji Yüksek Okulunda okudu ve 1924'te Göttingen Üniversitesinden doktorasını alarak 1928'e kadar Born'un asistanı olarak orada çalıştı. Oradan Rostock Üniversitesine geçti ve 1935'te orada, 1944'te Berlin Üniversitesinde, 1951'de de Hamburg Üniversitesinde profesör oldu; 1970'te emekliye ayrıldı. ***Paul Dirac*** ve ***Wolfgang Pauli*** ile birlikte (ama çoğu kez bağımsız) 1920'lerde ve 1930'larda kuramsal çalışmaların öncülerinden olarak ***kuantum elektrodinamiği***nin yolunu açtı. Ayrıca kütleçekim kuramı üzerine önemli çalışmaları da oldu. 31 Temmuz 1980'de Hamburg'da öldü.

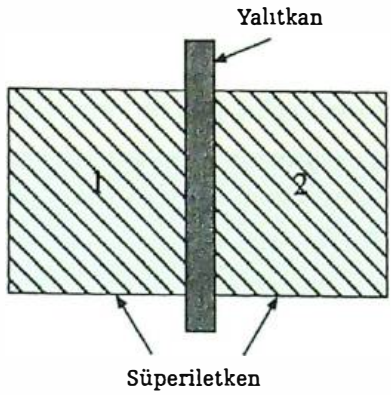
**Josephson, Brian David (1940- )** Britanyalı (Galler'den) fizikçi. Doktora çalışmaları sırasında yaptıklarıyla 1973 Nobel Fizik Ödülünü paylaştı.

4 Ocak 1940'ta Cardiff'te doğan Josephson 1960'ta Cambridge Üniversitesini bitirdi; bu arada daha öğrenciyken ***Mössbauer olay***ına ilişkin önemli bir makale yayımlamıştı. Çalışma yaşamını Illinois Üniversitesinde geçirdiği 1965-66 orada sürdürdü. Doktora çalışmaları sürerken 1962'de katıldığı Trinity Kolejine üyeliği de hep sürdü. Aynı yıl adıyla anılan ve Nobel'i almasına götüren ***Josephson kavşağı***nı keşfetti (daha doğrusu icat etti) ve 1964'te doktorasını tamamladı. 1974'te Cambridge'te fizik profesörü oldu. Çalışma yaşamında çok erken başardığı böylesine olağanüstü aşamadan sonra ilgisini zekâ ve akıl üzerine yöneltti, bir yandan da altıncı his, telepati gibi fizikçi çalışdaşlarının uçuk saydığı konularla ilgilenmeye başladı.

**Josephson kavşağı// Josephson junction//** İnce (tipik olarak metrenin yüz milyonda biri kalınlığında bir oksit tabakası) bir yalıtkan malzemeyle ayrılmış iki ***süperiletken*** malzemenin "kavuşma"yeri. Eğer bu engelin iki yanında bildik iletkenler olsaydı elektrik akımı böylesine ince bir engeli ***tünel olayı*** sayesinde aşacaktır. Brian Josephson 1962'de süperiletkenler halinde kuantum etkileri sayesinde engelden bir süperakımın hiçbir dirençle karşılaşmadan geçeceğinin farkına vardı.

Ama bu, öykünün sadece başlangıcı. Akım artırılıp durulursa bir kritik değerde engelin süperiletme yetisi yitirilir ve engelden akış "normal" tünel olayının izin verdiği sızıntıya düşer. Kavuşuma bir manyetik alan küçük bir değerden artarak uygulandığında ise akım sıfırdan başlayıp bir en büyük değere çıkar, manyetik alan daha da arttığında akım sıfıra düşüp yine artarak daha düşük bir maksimuma çıkar, yine düşer ve olay böyle gider durur. Manyetik alanın kritik bir değerinde ise engelin süperiletkenliği yok olur.

Dahası var. Eğer engele *durağan* bir potansiyel farkı uygulanırsa içinden *yüksek hızlı* bir *değişken* akım geçecektir (doğru akım değil!). Bu akımın frekansı uygulanan voltajın büyüklüğü ve de elektron yükünün Planck sabitine oranıyla (*e/h*) belirlenmekte. Bu da bu oranın çok büyük bir incelikle ölçülmesini sağlıyor.




*Josephson kavşağı 1. Kuantum etkileri arada yalıtkan olmasına karşın bir süperiletkenden diğerine hiçbir dirençle karşılaşmadan akmasını sağlar.*

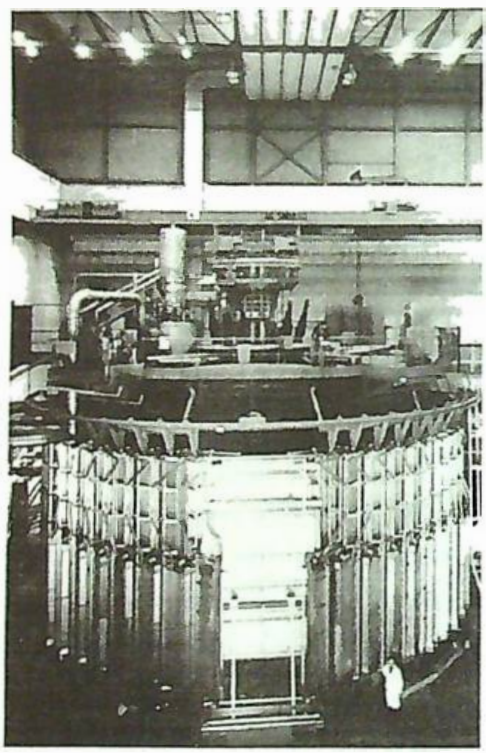
Tüm bu olgular Josephson olayı ya da olayları olarak bilinir. Josephson kavşaklarının davranışları uygulanan manyetik alanlara ya da voltajlara çok duyarlıdır. Dolayısıyla manyetik alan şiddetini büyük bir sağlamlıkla ya da elektrik geriliminin (volt) değerini 100 milyonda birden daha incelikle belirlemekte kullanılabiliyor. Ayrıca bilgisayarların gelişiminde uygulanan çok duyarlı anahtarlama araçlarında da kullanılmaktadır. Bilgisayarlar aslında gerekli şekilde bağlantılanmış birçok aç/kapa anahtarıdır, "Josephson anahtarları" ise çok düşük güçte (pek çok anahtar bir arada fazla bir ısınma yapmadan) ve çok çabuk (sıradan bilgisayarlara kıyasla onlarca kat daha hızlı) çalışırlar. Sorun ise süperiletkenliklerini korumak için anahtarların çok soğuk tutulmalarının gerekmesinde (bkz. ***süperiletkenlik***). Josephson kavşakları büyük ölçekte kuantum olgularının gösterilmesinde de kullanılmakta olup, olabilecek başka yararlı uygulamaları da beklenmekte (Bkz. *SQUID*).

**Josephson olayı// Josephson effect//** Bkz. ***Josephson kavşağı.***

**J/psi parçacığı// J/psi particle//** Kütleli bir mezon; kütlesi proton kütlesinin üç katından fazla, 3097 MeV olup bir tılsımlı kuark ve bir tılsımlı karşı-kuarktan yapılmış olduğundan tılsımı bütünüyle sıfır ve yarıömrü $10^{-30}$ s'dir. Bu parçacığın varlığına ilişkin deliller ABD'de birbirlerin-

den bağımsız çalışan iki grup tarafından 1974'te bulundu. Brookhaven Laboratuarında ***Samuel Ting*** ve çalışdaşları buna J parçacığı dediler, çünkü J harfi "Ting" anlamına gelen Çin yazı karakterine benziyordu. Stanford'da ***Burton Richter*** ve çalışdaşları ise parçacığın SPEAR dedektöründaki izleri Yunan harfi psi'yi (ψ) andırdığından bu adı verdiler. Bu durumdan dolayı artık buna J/ ψ (bu şekilde söylenmesi "gypsy-çingene" kelimesini andırsa da bu ad tutmadı[177]). Varlığı 1970'lerin başlarında gelişmeye başlayan kuark modelinde önsöyülmüşse de henüz bu model pek kabul görmemişti. İşte çoğu fizikçinin kuark modelini dikkate almasına J/psi'nin keşfi yol açarak fizikte yeni bir çağa soktu.

kabarcık odası//bubble chamber// Yüksek enerjili parçacıkların bir akışkandan geçerken uçuş yolu üzerinde oluşturduğu kabarcıklar dizisini kaydederek parçacık izlerini belirleyen aygıt. İlgili ilke tamı tamına gazlı bir içeceğin kapağı açıldığında basınç düşmesi sebebiyle kabarcık oluşmasıyla aynı. Ama kabarcık odasının etkinliği başka bir olguya da dayanıyor, sıvının "aşırı ısınmış" durumda hazırlanması.

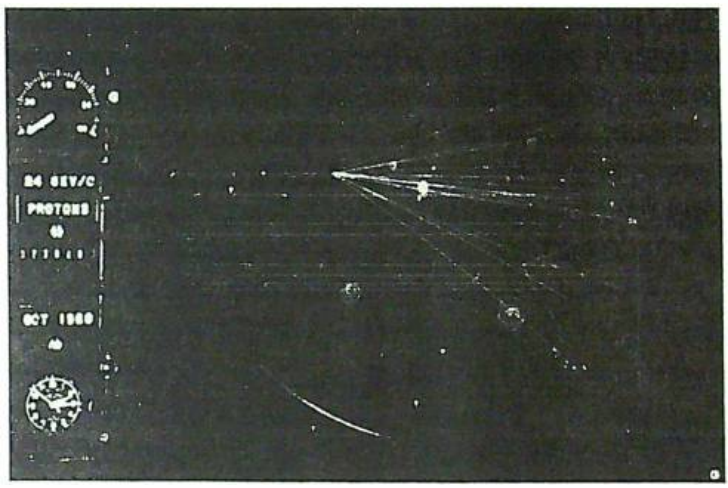


*Kabarcık odası. Dünyanın en büyük kabarcık odalarından biri. CERN'de çalıştırılan BEBC [Big European Bubble Chamber] 3,7 metre boyutunda olup 1984'te sonlandırılan çalışma süresi boyunca içindeki 6,3 milyon olayın fotoğrafi çekilmişti.*

Basınç altındaki bir sıvı, o basınçtaki kaynama noktasında tutulurken basınç yavaşça düşürülürse sıvı kaynamaya başlar. Basınç düştükçe kaynama noktası da düşer, tıpkı bir fincan sıcak çay yapmaya çalışan dağcıların çok iyi bildikleri gibi. Ama basınç birdenbire düşerse, sıcaklık artık düşürülmüş basınca karşılık gelen kaynama noktasının üstünde bile olsa sıvı olduğu gibi kalır (hiç olmazsa bir süre). Sıvı aşırı ısınma durumundadır. Böyle bir durum kararsız olup sıvının içinden yüklü bir parçacık hızla geçerse yolu boyunca sıvı kaynayacak ve bir dizi kabarcık oluşturacaktır.

Başkaca bir şey yapılmazsa bu iz kısa sürede bütünüyle kay-

nayacak olan sıvının köpükleri arasında yitip gidecek. Ama basınç önce çabucak düşürülüp ardından hemen (bir milisaniye kadar) eski yüksek değerine çıkarılırsa izdeki kabarcıklar yeteri kadar büyüyüp fotoğrafları çekilecek kadar uzun süre kalırlarken sıvının geri kalanı kaynamaz. Derken kabarcıklar yok olur ve bütün süreç tekrarlanabilir. Ama "kaynama" sözü yanıltmasın; kullanılan sıvı genelde sıvı hidrojen olup sıcaklığı suyun donma noktasından çok aşağılardadır ve basıncı atmosfer basıncından kat kat yüksektir. Bu basınç bir pistonun hızlı devinimiyle değiştirilir.




*Bir kabarcık odasının içinde parçacık etkileşmelerini gösteren izlerin bir fotoğrafı.*

Kabarcık odası 1950'lerin başlarında Michigan Üniversitesinde ***Donald Glaser*** tarafından icat edildi ve Berkeley'de ***Luis Alvarez*** tarafından geliştirildi. Kabarcık odalarının parçacık dünyasının incelenmesinde standart modele götüren yaşamsal rolleri oldu.

**kabuk//shell//** Bkz. *elektron tabakası.*

**kabuk modeli//shell model //** Bkz. *tabaka modeli.*

**Kaluza, Theodor** (1885-1954) Bkz. *Kaluza-Klein kuramı.*

**Kaluza-Klein kuramı** Kaluza-Klein modeli tam anlamıyla kütleçekim ile elektromanyetizmanın beş boyutlu bir modelde birleştirilmesi olup ilk kez Alman Theodor Klein tarafından 1919'da önerilmiş ve 1926'da kuantum kuramının gereklerini de içerecek şekilde İsveçli fizikçi ***Oskar Klein*** tarafından elden geçirilmiştir (Kaluza ile Klein birlikte hiç çalışmamışlardır). Einstein'ın, kütleçekim dört boyutlu bir

uzay-zamanda betimleyen genel görelilik kuramının denklemlerinin beş boyutlu eşdeğeri olan bu model yalnızca Einstein'ın kütleçekim denklemlerini değil James Clerk Maxwell'in elektromanyetik ışınımı betimleyen denklemlerini de veriyor. Elektromanyetizma, "dördüncü boyuttaki çırpıntılar" olarak görülen kütleçekimin analoğu olarak "beşinci boyuttaki çırpıntılar" olarak görünüyor. Ama beşinci boyut nerede ki?

Bunun standart açıklaması beşinci boyutun büzülüp küçültülerek bizden gizlenmesidir. Bunu bir hortuma benzetebiliriz. Hortum iki boyutlu bir tabakanın üçüncü boyutta dürülmesiyle yapılır ama uzaktan bir boyutluymuş gibi görünür. Dört boyutlu uzay-zamandaki her noktayı da beş boyutlu uzayın dört boyutlu görülecek gibi sarılması olarak betimleyebiliriz, ama sarılmanın atom *çekirdeği*nden çok daha küçük bir ölçekte olması koşuluyla.

Çekirdeğin içerisinde etkin olan iki kuvvetin (bkz. ***doğa kuvvetleri***) keşfi ve çok boyut içeren ***büyük birleşik kuramları***n geliştirilmesiyle "Kaluza-Klein modeli" terimi, büyük birleştirme kuramlarının çok boyutta çalışan ve büzülme gerektiren her türü için kullanılmaktadır. Örneğin ***süpersicim*** kuramı toplam on boyut gerektirir görünmekte, doğrudan deneyimlediğimiz üç uzay ve bir zamanın üstüne fazladan altı boyut. "Fazla" boyutlar da tıpkı özgün Kaluza-Klein kuramındaki gibi dürülmeyle ortadan kaldırılırlar.

**Kammerlingh-Onnes, Heike** (1853-1926) Hollandalı fizikçi. Alçak sıcaklık fiziğinde öncü araştırmalar yaptı.

Kammerlingh-Onnes, babasının fayans fabrikasının bulunduğu Groningen'de 21 Eylül 1853'te doğdu. 1870'te Gröningen Üniversitesine başladı, 1871'de Heidelberg'de ***Robert Bunsen*** ve ***Gustav Kirchhoff***'un öğrencisi oldu. Gröningen'e döndü ve doktora araştırmalarını 1876'da tamamladıysa da resmi olarak 1879'da bitirdi. 1876 ile 1882 arasında Delft'teki Politeknik'te çalışırken Amsterdam'da profesör olan Johannes van der Waals ile tanıştı ve onunla tartışırken maddenin çok düşük sıcaklıklardaki davranışını incelemenin olanağıyla ilgilendi. 1882'de Leiden Üniversitesinde deneysel fizik profesörü oldu ve 1894'te orada kriyojenik araştırma laboratuarı kurdu. Burası *D*ünyadaki öncü alçak sıcaklık merkezi oldu.

Kammerlingh Onnes helyumu sıvılaştıran ilk kimse oldu (1908'de) ve 1911'de süperiletkenlik olgusunu keşfetti. 1913'te de Nobel Fizik Ödülünü aldı. 21 Şubat 1921'de Leiden'de öldü.

**kanal ışınları// canal rays//** Katot ışını tüplerinde (eksi yüklü katot ışınları olan ***elektron***ların yanı sıra) oluşan artı yüklü "ışınlar"ın eski moda adı.

**kaonlar** Elektrik yüklü iki mezon, $K^+$ ve $K^-$ ile nötr $K^0$ parçacığı (topluca K mezonları olarak da bilinirler). Hepsinin kütleleri 500 MeV (proton kütlesinin kabaca yarısı kadar) civarında. $K^-$'nin acayiplik sayısı –1 ve ***izospin***i –1/2 olup, acayiplik sayısı +1 ve izospini +1/2 olan $K^+$'in karşı-parçacığıdır. $K^0$'ın acayipliği +1 ve izospini –1/2 olup karşı-parçacığının acayipliği (S) –1 ve izospini +1/2'dir. Böylece bu dört parçacığın arasında ince bir simetri görülüyor. Tüm mezonlar gibi her bir kaonun, gluon değiş tokuşuyla bir arada tutulan bir kuark/karşı-kuark çiftinden oluştuğu düşünülür. $K^+$ bir yukarı kuark (*u*) ve bir karşı-acayip kuark; $K^-$ bir acayip kuark (*s*) ve karşı-yukarı kuark; $K^0$ ise aşağı kuark (*d*) ile bir karşı-acayip kuark, bunun karşı-parçacığıysa bir acayip kuark ile karşı-aşağı kuark içerir. $K^0$ ile karşı-parçacığının bozunma şekilleri arasındaki incelikli farklar 1960'ların ortalarında CP denilen simetrinin zayıf etkileşmelerde minicik mertebede bozunduklarını göstermişti (bkz. ***CP korunumu***).

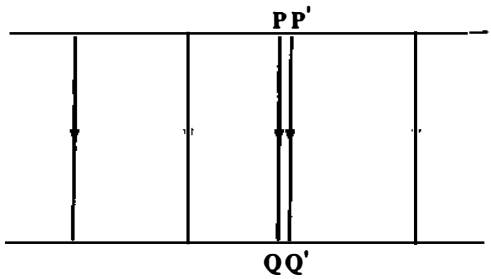
**kaos** Kesinkes belirlenimci yasalara karşı görülen önsöyülemez davranışlar. Kaotik bir sistemin belirgin bir özelliği davranışının doğrusal olmamasıdır. Öyle ki bir deneyin başlangıç koşullarındaki (ya da gerçek dünyadaki) küçücük bir değişmenin, deneyin sonucuna çok büyük bir etkisi olabilir. Bu demektir ki sistemin başlangıç koşullarına ilişkin bilgimizin kesinsizliklerinden doğan "önsöyüm hataları" zamanla büyüyerek bir noktadan sonra durumun nasıl gelişeceği hiç önsöyülemez.

Tipik bir kaotik olmayan (yani doğrusal olan) durumda hatalar hâlâ birikebilir ama bu, geçen süreyle kabaca orantılı olacağından önsöyümleri aşağı yukarı güvenilir yapacaktır. Kaotik (yani doğrusal olmayan) sistemlerin temel özelliği öyledir ki iki özdeş sisteme azıcık farklı iki dürtme yapılırsa (ya da aynı sistem aynı yerden iki kez azıcık farklı şekilde başlarsa) aralarındaki fark her saniye bir öncekindeki kadar olmak yerine üstel olarak, yani ıraksama her saniyede önceki tüm saniyelerdekilerin toplamı kadar artar durur. Küçük hatalar böylesine büyüyerek önsöyüm hesaplarının gücünü çabucak bastırır.

Bunun en iyi örneği herhangi bir yöne doğru salınabilecek şekilde asılmış olan bir sarkaçtır. Bu bir çengelden sicimle asılmış bir top olabilir. Çengel bir motorla düzgün ve yumuşak bir şekilde içeri dışa-

rı sarsılırsa top salınmaya başlar. Bir süre sonra düzgün bir desene oturarak topun yaklaşık bir elips üzerinde çengelin devinme ritmiyle aynı periyotla dolanacaktır. Ancak, çengelin bu devinimi kritik bir değerdeyken ritim azıcık değiştirilirse topun devinimi kaotik olabilir ve sarkaç önce birkaç tur saat yönünde dolanırken tersine dolanma başlar ve bu tamamen gelişigüzel bir şekilde tekrarlanır durur. Sistem öncesinde aynı fizik yasalarının etkisinde belirlenimci davranmaktayken şimdi kaotik davranmakta.

İki durum arasındaki fark bir çift diyagram yardımıyla basitçe gösterilebilir. Bir küçük kurşun top bırakıldığında, ufak bir hata mertebesinde (belki rüzgâr yüzünden) farkla bırakıldığı yerin tam altına çarpacaktır. Bırakıldığı ve çarptığı yerlerin konumları ilk diyagramda yatay çizgilerle gösteriliyor. İki çizginin noktaları birbirlerine ve karşılık gelirken P başlangıç noktasının azıcık kayması (P'), Q bitiş noktasını azıcık kaydırıyor (Q'). Başlangıç durumunu bilişimizdeki küçük bir hata son durumu önsöyüşümüze de küçük bir hata doğuruyor.

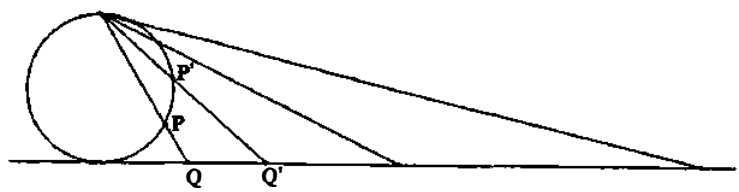



*Kaos 1. Topu düşey olarak yatay bir düzleme düşürürseniz bıraktığınız noktadaki küçük bir hata düşeceği yerde küçük bir değişme yapacaktır.*

Ama kaotik bir sistem ikinci diyagramda daha iyi temsil ediliyor. Burada başlama noktaları bir çemberle, bitiş noktaları ise yatay çizgiyle gösteriliyor. Çemberin noktaları ile çizginin noktalarının karşılıklılığı sürüyor. Ama bu iki nokta kümesini birleştiren yelpaze gibi olduğundan başlama noktasındaki ufacık bir değişme bitiş noktasında çok büyük bir değişmeye yol açabilir. Bu, sistemin başlangıç koşullarına çok duyarlı olduğu kaosu simgeliyor.

Bu, sırf insanların ne olacağını yeterince duyarlı olarak ölçebilmede yeteneksizliği yüzünden olmuyor. Doğanın kendisinin, Evrenin durumunu gereken incelikle "bilmesi" olanaksızdır. Antik Yunanda bilinen tek bir basit örnek, yani bir doğru çizgi üzerindeki noktaların her birini adlandırma düşüncesi bile gerçeğe bir yaklaştırmadır. Bir çizgideki her noktayı adlandırmak (çizgi ne denli kısa olursa olsun) sonsuz sayıda sayı gerektirir. 0 ile 1 arasındaki noktaların birçoğu

1/2 ya da 1/4 gibi bildik kesirlerle (ya da 1/137 gibi daha az tanıdık olanlarla) belirtilebilir. Ama kimi noktalar da yalnız, yani iki tamsayının oranı olmayan ve tamı tamına belirtilmek için virgülden sonra sonsuz sayıda sayı gereken irrasyonel sayılarla gösterilebilir. Kesin önsöyülebilmek, (basit örnekteki) sarkaç topunun ya da diyelim bir gezegenin Güneş çevresindeki yörüngesindeki yerinin tam incelikle belirlenmesini gerektirir. Ama yer belirlenmesindeki (gerçek dünyada hesaba katılması gereken öğelerden yalnız birisi) bu sonsuz kesinliğin edinilmesi olanaksız. Bir çizgi üzerindeki bir noktanın kesinlikle belirtilmesi sonsuz büyüklükte bir bilgisayar gerektirebilir. Evrenin kendisi bile kendi işlerini mutlak kesinlikle "bilemez" dolayısıyla ardından ne olacağını da her türlü ayrıntısıyla "önsöyemez." Kimi şeyler gerçekten rastgele (kuantum mekaniğinde içkin olan belirsizliğin üstünde). Yine de pek çok sistemin az çok doğrusal olup oldukça önsöyülebilir şekilde davranması mutlu edici; örneğin, gezegenlerin Güneş çevresindeki yörüngeleri, açıkçası kaosa maruz olsalar da milyarlarca yıllık zaman ölçeği içinde kararlıdır.




*Kaos 2. Eğer topun devindiği yön metinde betimlendiği gibi ise başlangıç koşullarındaki küçük bir değişme topun varacağı yerde çok daha büyük fark yapacaktır.*

Kimi karmaşık sistemlerin, kaotik olup olmadıkları önsöyülemez. Örneğin meteoroloji uzmanları bugünün koşullarından başlayarak yaptıkları bilgisayar benzetimleriyle (modeller) iki üç gün sonraki hava durumunu önsöymeye çalışırlar. Kimi zaman da aynı modeli farklı zamanlarda aynı başlangıç koşullarına uyguladıklarında birkaç gün sonrası için aynı sonucun çıktığı görülebiliyor. Havanın bu belli biçimlenişi için sistem bir ölçüde belirlenimcildir. Başka örneklerde ise aynı benzetim, aynı başlangıç koşullarından başlayarak uygulandığında aşırı derecede farklı tahminler de verebiliyor. Bu başlangıç koşullarında hava durumu sistemi kaotik olup birkaç gün sonrası için hava durumunu tahmin etmek gerçekten olanaksızdır.

Doğa, aslında belirlenimci olmadığından kuantum belirsizliği sayesinde kaos ile kuantum belirsizliği bir arada Evreni daha da ön-

söyülemez yapacaktır. Ama hayret verici olsa da atom ve moleküller ölçeğinde çalışan sistemler için yapılan bilgisayar benzetimleri kuantum belirsizliklerinin, hâlâ pek az anlaşılan bir şekilde sanki kaosu zayıflattığı görülüyor. Klasik (Newtoncı) mekanik düzeyinde matematiksel olarak betimlendiklerinde kaotik olan kimi sistemler hesaplamalara kuantum etkileri de katıldığında kaotik şekilde davranmıyorlar. Büyük ölçekte ise bu etkiler önemsiz olup kaos burada özetlendiği gibi yol almaktadır. Önemli husus ise bundan dolayı, bütün Evrenin davranışındaki her ayrıntıyı benzeştirebilecek yegane "bilgisayar" Evrenin kendisidir. Bu demektir ki Evrenin geleceği kurtarılamayacak gibi değildir.

Ek okuma: Paul Davies ve John Gribbin, *The Matter Myth*. John Gribbin, *Derin Basitlik*, Alfa Bilim.

**Kapitza, Piotr Leonidoviç (1894-1984)** Rus fizikçi. Alçak sıcaklık fiziğinin anlaşılmasına esaslı katkılarıyla 1978'de Nobel Fizik Ödülünü aldı.

8 Temmuz 1894'te (eski düzende 26 Haziran) Kronstadt'ta doğan Kapitza St. Petersburg'daki Politeknik Enstitüsünde okudu ve 1918'de elektrik mühendisi olarak mezun oldu; bu arada kentin adı Petrograd yapılmıştı. Petrograd'da kalarak çok zor koşullarda –karısı ve iki çocuğu 1919'daki kıtlıkta ölmüştü– araştırmaları ve öğretimini sürdürdü. 1921'de, Komünist ihtilali ve İç Savaşın doğurduğu karmaşanın ardından diğer ülkelerle bilimsel bağlantıları yenilemek için kurulan Sovyet Komisyonunun üyesiydi. Kısa süre kalmak niyetiyle Cavendish Laboratuarına gitti ama on üç yıl kaldı. Petrograd'da yaşamındaki dehşeti arkada bıraktığı için mutlu olan Kapitza mesleğini Cambridge'te sürdürmek niyetindeydi. Doktorasını 1923'te tamamladı ve yeğin manyetik alanlar üretecek teknikler üzerinde çalıştı. Metallerin alçak sıcaklıklarda yeğin manyetik alanlara tepki şekline ilgi duyuyordu. Bu da onu helyumu sıvılaştırmanın gelişkin bir yönteminin tasarımına yöneltti. Bu öylesine büyük ilgi gördü ki alçak sıcaklık ve katı hal fiziği üzerinde çalışmalar için Cambridge'te Kraliyet Derneğinin Mond Laboratuarı kuruldu ve büyük ölçüde onun varlığından dolayı 1930'da direktörlüğüne getirildi; ama bina ancak iki üç yıl sonra tamamlandı (Kapitza, 200 yıldır Kraliyet Derneğine üye seçilen ilk yabancıydı). Ancak Rusya'ya arada sırada bilimsel toplantılar ve annesini görmek için gidiyordu ve 1934'teki gidişinde dönüşüne izin verilmedi.

1936'da onun için yeni bir Fiziksel Problemler Enstitüsü kuruldu. Sıvı helyumun davranışları üzerindeki ***süperiletkenlik***'le (bu adı

1938'de koydu) sonuçlanan çalışmalarını burada yaptı. İkinci *D*ünya Savaşında savaş çalışmaları için çok büyük önemi olan sıvı hava ve oksijen üretim teknikleri üzerinde çalıştı ama nükleer silah için çalışmayı reddetti. 1946'da Kapitza Stalin'e mahut NKVD'nin (gizli polis) eylemlerini eleştiren bir mektup yazınca görevinden alındı ve taşradaki evinde ev hapsine sokuldu. Orada küçük bir laboratuar kurarak yüksek güçlü mikrodalgalar üretimi için bir tekniği icat etti. 1954'te Stalin öldüğünde Enstitünün direktörlüğüne geri getirildi ve ölünceye kadar kaldığı bu konumda yüksek enerjili mikrodalga kaynağını plazmaları çok yüksek sıcaklığa yükseltmek için kullandı.

Eski görevine dönüşü Kapitza'nın Sovyet uzay programının gelişmesine ve fenbilimi kenti Batı Sibirya-Novosibirsk'teki Akademgorodok'un kurulmasına katkısına yol açtı. Kapitza, Sovyet rejiminin kurbanı olan meslektaşları (***Andrei Sakharov*** dahil) lehine konuştuğu halde, onun Sovyet fenbiliminin kıdemli bir devlet adamı olarak ileri yaşlarında yurtdışına gitmesine izin verildi (1966'da Cambridge'e gitti). 8 Nisan 1984'te Moskova'da öldü.

**kara cisim//black body//** Üzerine düşen elektromanyetik ışınların hepsini soğuran (yani hiç yansıtmayan) ideal bir nesne. Böyle bir cisim ısıtıldığında mükemmel bir ışıyıcı, yani yalnızca kendi yapısındaki olgulardan kaynaklanan ışınları salan bir cisim olarak ***kara cisim ışıması*** yapar. Böyle bir sıcak kara cismin rengi artık kara olmayabilir çünkü görünen ışık da salmaktadır. Çok sıcak cisimlerin (Güneş dahil) ışıması uygun sıcaklıktaki bir kara cisminkiyle yaklaştırılabilir.

**kara cisim ışıması//black body radiation//** Sıcak bir ***kara cisim*** tarafından ışınım salınması. Laboratuarda bulunacak en iyi kara cisim örneği kapalı bir kabın yüzeyindeki küçük bir deliktir. Bundan içeri giren ışınımlar tutulur ve içerde kalır. Bu ışınım içerde kabın iç yüzeyinde yansımalar yapıp dururken bu yüzeydeki atomlarla etkileşerek kabın sıcaklığına göre dengeye girer ve yolu düşüp delikten tekrar dışarı çıktığında artık olay tamamen o sıcaklıktaki bir kara cisim ışımasıdır. (Bu olgunun eski adı "kovuk ışımasıydı.")

Kara cisim ışımasına ilişkin önemli husus özelliklerinin yalnızca sıcaklığına bağlı olmasıdır. Işınımın tayfını gösteren eğri düzgün bir tepe şeklinde olup sıcaklığa bağlı bir frekansta (renkte) bir tepe noktası bulunur. Işıyan cismin sıcaklığı arttıkça tepe noktasındaki frekans da yükselir. Bu, ateşe sokulmuş bir demir çubuk gözlenerek görülebilir. Ilımaya başlayan demirden kızılaltı ışımayla size ısı gelmeye başlar, ama

bunu göremezsiniz. Çubuk ısındıkça rengi önce donuk bir kırmızıya[178] sonra turuncu ve en sonunda da akkor rengine bürünür. Bu sırada da ışınımın tepesi tayf boyunca kayar. Güneşin ışıması da neredeyse kara cisim gibi olup 6000 K sıcaklığın azıcık altına karşılık gelir.

***Max Planck*** ışımanın kuantum kuramını 19. yüzyılın sonlarında geliştirinceye kadar kara cisim eğrisi, elektromanyetizmanın Maxwell denklemlerinin klasik fiziğiyle açıklanamadığı için bir gizemdi. Sorun şuradaydı: elektromanyetik dalgalar matematiksel olarak bir keman telindeki dalgalar gibi ele alındığında, bu dalgalar her uzunlukta olabiliyorlarsa, klasik kuramın önsöyümüne göre her nesneye verilen enerji (ısı) elektromanyetik dalga olarak ışıdığında her frekansta ışınan enerji miktarı frekansla orantılı oluyor. O zaman da frekans yükseldikçe oradaki enerjinin de artması gerekiyor. Öyleyse bir kara cisim, tayfın en yüksek frekanslarında, morötesi ve daha ötesinde (en kısa dalga boylarında[179]) muazzam miktarlarda enerji salmalıydı. Bu "morötesi felaketi" olarak bilinirdi.

Kara cisim ışımasıyla 1899'da ilgilenmeye başlayan Planck, 1900 yılının son çeyreğinde, morötesi felaketini ortadan kaldıracak yolu buldu. Bunu ***Karl Ludwig Boltzmann***'ın 50 yıl kadar önce geliştirdiği "***istatistiksel mekanik***" sonuçlarını kullanmak zorunda kalarak[180] yaptı. Bunu yaparken ışınımı matematiksel olarak lokmalara ya da verdiği adla ***kuantum***lara bölmesi gerekti. Belli bir $f$ frekansındaki ışınım kuantumlarının (ki bunlara daha sonra ***foton*** denilecekti) her birinin, Planck-Einstein formülü denilen $E = hf$ kadar enerjisi olmalıydı. Buradaki $h$ deneylerden elde edilmesi gereken bir sabitti.[181] Planck bunun değerini Heinrich Rubens'in deney sonuçlarıyla karşılaştırarak buldu.[182] Bunun morötesi felaketini nasıl giderdiğini göstermek kolay. Her cisimde enerjinin atomlar (ve moleküller) arasındaki sıcaklığa bağlı dağılımı istatistiksel mekanik kuralları-na göre belirlendiğinden az sayıda atoma yüksek enerjiler ve düşük enerjiler düşerken çok sayıda atom orta karar enerjiye sahip olur. Ama bu "orta karar"la kastedilen enerji sıcaklıkla yükselir. Yüksek enerjili, yani frekanslı kuantumları salacak atomların sayısı az olduğundan bu kuantumların da sayısı azdır. Aynı durum düşük enerjili kuantumlar için de geçerlidir. Bu iki uç arasındaki atomların sayısı çok olduğundan bunların saldığı kuantumların sayısı da çok olacaktır. Kara cisim ışıma eğrisinin bir tepesi olmasının temelinde yatan budur. Tepeye karşılık gelen frekans ise sıcaklık yükseldikçe daha büyük değerlere kayar, çünkü cisim ısındıkça enerjisi yüksekçe olan

atomların da sayıları artar. Bu durum kuantum fiziğine ilk adımdır. Bkz. ***foton.***

**kara delik//black hole//** Uzayzamanı tamamen kendi üzerine bükerek hiçbir şeyin, ışığın bile kaçamayacağı kadar yeğin bir kütleçekim alanı yaratacak kadar yoğun bir madde yığını. Bu ya görece büyük olmayan bir miktar maddenin çok yüksek yoğunluklara sıkıştırılmasıyla (örneğin ***D***ünya'nın bir bezelye tanesi boyutuna büzülmesi) ya da görece düşük yoğunlukta ama çok büyük kütleli ve cüsseli (örneğin kütlesi Güneş'inkinin birkaç milyon katı kadar ve Güneş sistemi büyüklüğünde bir küre olup yoğunluğu suyunkine yakın) bir madde birikimiyle söz konusudur. Bu terim bu anlamda ilk kez ***John Wheeler*** tarafından ancak 1967'de kullanılmıştı.

İkinci tür bir kara deliğin varlığına ilişkin ilk öneriyi 1783'te ***Kraliyet Derneği*** üyesi John Michell yapmıştı. Ama "karanlık yıldızlar" kavramı 19. yüzyılda unutuldu ve ancak ***Albert Einstein***'ın genel görelilik kuramı çerçevesinde canlandı; gökbilimciler bunun bir başka yolunu fark etmişlerdi. Einstein'ın kuramının neler içerebileceğini ilk çözümleyenlerden birisi Birinci ***D***ünya Savaşında doğu cephesinde görev yapan ***Karl Schwartzchild*** oldu. Schwartzchild küresel bir kütlenin yakınında uzayzamanın geometrisini matematiksel olarak inceledi ve hesaplarını Einstein'a gönderdi. O da bunları 1916 başlarında Prusya Bilimler Akademisine sundu. Hesaplar ***her*** kütle değeri için artık Schwarzschild yarıçapı denilen bir kritik yarıçap olduğunu ve bunun uzayzamanın öyle bir aşırı çarpılmasına karşılık geldiğini gösteriyor ki, kütle bunun içine sıkıştırıldığında uzay bu cismin etrafında kapanarak evrenin gerisinden kopuyor. Yani bu bir bakıma başlı başına bir evren olurken hiçbir şey (ışık bile) bundan kaçamıyor.

Güneş'in Schwarzschild yarıçapı 2,9 km, ***D***ünya'nınki ise 0,88 cm'dir de bu, Güneşin ya da ***D***ünyanın merkezinde bu boyutlarda birer (artık böyle adlandırılan) kara delik bulunduğu anlamına gelmiyor. Bunların merkezlerinden bu uzaklıklarda uzayzamanda olağan dışı hiçbir şey bulunmuyor. Schwarzschild'in hesaplarına göre, eğer Güneş, yarıçapı 2,9 km'den, ***D***ünya ise 0,88 cm'den küçük birer top içine sıkıştırılırsa bir kara delik içerisinde, bütünüyle dışarıdaki Evrenden ebediyen kopacaktır. Madde hâlâ böyle bir kara deliğin içine düşebilir ama hiçbir şey kaçamaz.

Onlarca yıl bu sırf bir matematiksel oyun olarak görüldü; çünkü gerçek bir fiziksel nesnenin kara delik olacak kadar aşırı yoğunluklara

çökebileceğini hiç kimse düşünemiyordu. *M* kütleli bir cisme karşılık gelen Schwarzschild yarıçapı $2GM/c^2$ bağıntısıyla verilir; burada *G* kütleçekim sabiti ve *c* de ışık hızıdır.

1930'larda Subrahmanyan Chandrasekhar *D*ünya boyutlarında bir beyaz cüce bile kütlesi Güneşinkinin 1,4 katından daha küçükse kararlı olabilirken bundan daha ağır ölü yıldızlar daha da çok çökeceğini ileri sürdü. Birkaç araştırmacı bunun ancak birkaç kilometre çapında yani bir beyaz cücenin yedi yüzde biri kadar olan nötron yıldızlarının oluşumuna götürebilme olanağını düşünmüşlerdi; ama bu fikir pek kabul görmedi; 1960'ların ortalarında atarcaların[183] keşfi nötron yıldızlarının varlığını gösterene dek.

Bu, kara delikler kuramına olan ilgiyi de canlandırdı çünkü nötron yıldızları kara delik olmanın tam eşiğinde bulunuyorlar. Her ne kadar Güneşin 2,9 km'lik yarıçapa kadar sıkıştırılması hayali zor görünüyorsa da kütlesi Güneşinkine yakın ve yarıçapları 10 km'den küçük nötron yıldızlarının bulunduğu bilinmekte olup artık kara deliklere görece küçük bir adım kalmış oluyor. (Aslında özgün kitabın yayımlanmasından bu yana değişik türlerde yetmişin üzerinde kara delik gözlenmiş bulunmakta.)

Kuramsal çalışmalar kara deliklerin, onları tanımlayan yalnızca üç özelliği bulunuyor: kütlesi, elektrik yükü ve dönmesi (açısal momentum). Yüksüz (daha doğrusu nötr!) ve dönmeyen bir kara delik Einstein denklemlerinin Schwarzschild çözümleriyle; yüklü ve dönmeyen kara delik Reissner-Nordström çözümü; dönen yüklü kara delikler ise Kerr-Newmann çözümüyle betimlenir. Başka özellikleri bulunmayan kara delikler ise kısaca "saçsız" deyimiyle adlandırılır. Gerçek kara deliklerin daha çok, dönenler ve yüksüzlerden oldukları düşünülmekte, dolayısıyla Kerr çözümü en çok ilgi çekenlerinden birisidir.

Hem kara deliklerin hem de nötron yıldızlarının, süpernovalar olarak patlayan çok ağır yıldızların ölüm çığlıkları arasında oluştukları düşünülmekte. Böyle bir nesne sıradan bir yıldızın çevresinde yörüngedeyse bu yıldızdan madde sıyırıp çekecek ve kara deliğe hunilenecek sıcak maddeden bir birikme diski oluşturacaktır. Bu birikme diskinin sıcaklığı X ışınları salacak kadar yüksek olabiliyor. Kara delikler böyle de gözlenebiliyor.

1970'lerin başlarından beri böylesi birçok nesne gözlendi. Ama astrofizik kuramına göre bunlar yaşamlarını nötron yıldızı ya da kara delik olarak bitirecekler. Gözlemciler de ikili sistemlerdeki sağlam adaylar arasında her ikisinden de neredeyse eşit sayıda gözlemiş bu-

lunuyorlar. Bu varsayım ise yıldız kütleli yalın kara deliklerin sayısının da yalın nötron yıldızlarınınkiyle eşit olmasını gerektirmekte; bu, kuramsal hesaplarla desteklenmektedir.

Kendi gökadamızda etkin 500'ün üzerinde atarca biliniyor. Ama kuram atarcaların kısa bir süre var olup, sonra yok olduklarını söylemekte. Dolayısıyla çevrede çok daha "ölü" atarca (durgun nötron yıldızı) bulunmalı. Gökadamızda, binlerce milyar yıllık 100 milyar parlak yıldız bulunuyor. En iyi tahminlere göre Gökadamızda 400 milyon ölü atarca ve en ölçülü tahminle yıldız kütleli kara deliklerin sayısı bunun bir çeyreği kadar yani 100 milyon gibi olmalı.

1994'te gözlemciler Hubble Uzay Teleskobunu kullanarak, Gökadamızdan 15 milyon parsek (3 milyon ışık yılı) uzaktaki M87 Gökadasının merkezi yöresinde, yörünge çapı 150.000 parsek (500.000 ışık yılı) kadar hızı saatte 2 milyon kilometre gibi olan (yaklaşık $3 \times 10^5$ m/s, ışık hızının binde biri) bir sıcak madde diski gözlediler. M87'nin merkez "motorundan" bir kiloparsekten büyük bir uzunlukta bir sıcak gaz jeti fışkırmakta. M87'nin merkezindeki birikim diskinin yüksek yörünge hızları bunun aşırı yüksek kütleli (belki güneşimizin 3 miyar katı kadar) bir kara deliğin pençesinde olduğunun inandırıcı bir kanıtını sağlıyor. Jet de birikim sisteminin kutuplarından birisinden enerji akması olarak açıklanmakta.

Daha da spekülasyon içeren bir öneri ise minik kara deliklerin uzayzamanın dokusunda solucan deliği diye bilinen tüneller oluşturması.[184] Solucan delikleri uzayzamanda iki kara deliği birleştiren birer kestirme yol, bir kozmik metro tüneli olarak düşünülebilir. Bir solucan deliğinin "açık ucu" her yerde olabilir.

Genel görelilik kuramının solucan deliklerini betimleyen çözümleri, 1916'da kuramın gelişmesinden kısa bir süre sonra bulunduysa da o sırada böyle yorumlanmamıştı. Albert Einstein'ın kendisi de 1930'larda Nathan Rosen'le birlikte Princeton'da çalışırlarken Schwartzschild çözümünün aslında düz bir uzayzamandaki iki bölge arasındaki köprü dedikleri (artık Einstein-Rosen köprüsü diye biliniyor) bir kara deliği gösterdiğini keşfetmişlerdi. Bu çözümler her ne kadar matematiksel bir merak konusu olarak inceleniyorlarsa da 1985 öncesinde Evrenin gerçek bir özelliği olarak görülmüyorlardı. Çünkü matematiksel olarak ele alınan her örnek (denklemlere göre) çok kısa bir süre için açılırken onu hiçbir şey, ışık bile aşacak zaman bulamadan kapanıyor.

Bilimkurgu yazarları bu fikri çok sevdilerse de fenbilimciler genelde doğada solucan deliklerini engelleyecek bir yasa olması gerek-

tiği düşüncesindeydiler. Ama bunu 1980'lerde kanıtlamaya çabalayan Caltech'teki görelilikçiler beceremediler. Genel görelilik kuramında (uzayzamanın, uygulanan sınavların tümünü geçen en iyi kuramı) solucan deliklerini yasaklayacak bir şey yoktu. Yine de Kip Thorne ve çalışdaşları, Einstein denklemlerinin uzun ömürlü solucan deliklerine izin veren çözümleri olduğunu buldular.

Böyle bir solucan deliğinin "ağzı" küresel bir kara deliğin olay ufkuna benzeyecek ama önemli bir farkla. Olay ufku tek yönlü bir yüzey olup içinden hiçbir şey çıkamaz. Ama solucan deliğinin yüzeyi iki yönlü trafiğe izin veriyor. Fizikçiler, doğal solucan deliklerinin ***Planck uzunluğu*** ölçeğinde bulunabilecekleri ve uzayzamanın temel köpüğümsü kumaşının kendisini solucan deliği şeritleriyle (teşbihte hata olsa da) dokuyarak sağlayabilme olanağının çıkıp çıkmayacağına merak sardılar.

Böyle ise pek çok ilginç şey olabilecektir. Örneğin böyle minik (derinliğine mikroskobik) solucan delikleri Evrenin çok büyük uzaklıktaki yörelerini bağlayarak içlerinden bilgi sızmasını ve fizik yasalarının *D*ünya'da ve uzak bir yıldızsıda aynı olmasını sağlama alacaklardı. 1995'teki bazı hesaplamalar bu minik solucan deliklerini topolojik olarak süpersicim kuramlarının ortaya çıkarttığı ve sicim kavramıyla eşdeğer olduklarını öneriyor. Bu durumda da kara delikler, peşinden koşulan "her şeyin kuramı"nı tamamlayacak eksik halka olabilecektir.

Ek okuma: John Gribbin, *In Search of the Edge of Time* (Zamanın Kıyısını Ararken); Kip Thorne, *Black Holes and Time Warps* (Kara Delikler ve Zaman Kıvrımları).

**karanlık enerji//dark energy//** Karanlık enerji bütün uzayı doldurduğu varsayılan ve en iyi son ölçümlere göre kozmolojinin standart kuramının geçerliliği ölçüsünde gözenebilen evrendeki kütle enerjisinin %74 kadarını oluşturan ve yapısı pek bilinmeyen bir enerji biçimi. 1990'lardan başlayarak işlevi evrenin ivmelenen genleşmesinin açıklanmasındadır. Çok düşük olan yoğunluğu yaklaşık $7 \times 10^{-39}$ kg/m$^3$'tür.

**karanlık madde//dark matter//** Gökbilimciler gökadaların devinim biçimlerinden Evrende görülen yıldızlarda ve gökadalarda bulunan ışıklı şeylerden çok fazla karanlık madde olduğunu (yaklaşık %20'si) anladılar. Bu karanlık madde, ışıklı madde üzerindeki kütleçekim etkisiyle kendisini gösteriyor. Bu karanlık maddenin kimisi yıldızların, gökadaların (ve de insanların) yapıldığı tür nesne olan baryonlardan yapılmış olabilir. Ama pek çok kozmoloğun inancına göre Evrenin

oluşması ve kütleçekimsel olarak kapalı olması için yeterli maddenin olması yönünde. Eğer durum buysa, çok daha fazla karanlık madde olmalı. Büyük Patlamada üretilen ve eski yıldızlarda görülen helyum, bunun ne kadarının baryonik olması gerektiğine bir sınır koymakta. Eğer Evren kapalıysa on veya yüz kat daha fazla madde olmalı. Bunların bir kısmı baryonik olamayabilir ama bir kısmı da baryoniktir. Ancak en az üçte ikisi soğuk karanlık madde parçacıkları olarak Dünya'da asla algılanmayan bir biçimde (aynı zamanda zayıf etkileşimli büyük parçacıklar veya WIMP'ler olarak bilinirler) var olabilirler. Bunun için fizikçiler heyecan verici büyük birleşik kuramlar öne sürdüler. Eğer bu kuramlar doğruysa, fotinolar ve zinolar gibi isimler verilen doğru tür parçacıklar (bkz. ***süpersimetri***), Büyük Patlamada büyük miktarlarda üretilmiş olabilirler. Parçacık fiziği ve kozmoloji arasındaki bu evlilik, 1908'lerden beri bilimdeki en önemli gelişmelerden biridir.

**karbon//carbon//** Atom numarası 6 olan element. Karbonun en yaygın izotopunun çekirdeğinde altı proton ve altı nötron bulunur ve kütlesi 12 atomik kütle birimi olarak tanımlanarak tüm atom ve molekül ağırlıkları (aslında kütleleri) için standart birim seçilmiştir.

**karbon rezonansı// carbon resonance//** Uyarılmış karbon-12 çekirdeğinde, yıldızlardaki tepkimelerle üç helyum-4 çekirdeğinin birleşerek karbon oluşmasını sağlayacak bir enerji düzeyi. Karbon rezonansı olmadan Evrende ağır elementler ve de bizler olamazdık.

Yıldızlarda elementlerin yapılmasının ana süreci bir çekirdeğe helyum-4 çekirdeklerinin (alfa parçacıkları) eklenmesidir (bkz. *çekirdek bireşimi*). Ama zincirin birinci halkasında bir sıkışıklık bulunuyor; çünkü iki alfayı bir araya getirerek oluşan berilyum-8 çekirdeği kararsız olup yaklaşık $10^{-19}$ s kadar yaşar. Bu kararsız çekirdeğe üçüncü bir alfanın bu kısa ömür içinde çarpmasının bunu iyice parçalaması beklenir. Ama 1950'lerde ***Fred Hoyle*** üç alfa parçacığının bir araya gelmesinin mümkün olabileceğini gösterdi; ama bunun için karbon-12 çekirdeğinin bu üç alfa parçacığının birleşik enerjisine karşılık gelen bir uyarılmış enerji düzeyi bulunması gerekir. Eğer böyleyse bu çifte çarpışma her şeyi darmadağın etmek yerine üç alfa parçacığı bir araya gelerek karbon-12 çekirdeğinin enerji düzeyleri merdivenindeki (***Bohr modeli***nin enerji düzeylerine benzeşik olarak) bir yüksek enerjili "basamağı"na yerleşir. Yeni oluşan çekirdek de fazlalık enerjisini ışıyıp atarak taban durumuna yerleşir. Berilyum-8 çekirdeği artı bir alfa parçacığının toplam enerjisi 7,3667 MeV olup Hoyle Caltech'teki

deneycileri karbon-12 çekirdeğinin enerji düzeylerini ölçerek bu değer dolayında bir düzey aramaları için sıkıştırdığında bulunan düzeyin enerjisi 7,6549 MeV çıktı. 0,3 MeV kadar olan fazla enerji gelen üçüncü alfanın gelirken taşıdığı kinetik enerji olup çarpışma sırasında üçlü yerleştikten sonra karbonun kinetik enerjisi olarak kalır. Hoyle'un bu sezişi bütün fenbiliminde mantıksal çıkarımın en güçlü örneklerinden birisini sağladıysa da onun önerisiyle deneyi yapan grubun önderi ***Fowler***'e daha sonra Nobel Ödülü veren Nobel komitesi bir saçmalık gösterisiyle Hoyle'u, fenbiliminin başka konularındaki alışılmışın dışındaki görüşleri yüzünden ödülün dışında bıraktı.

Ek okuma: John Gribbin, *In the Beginning*.

**karbonla yaş belirleme//carbon dating//** Organik maddenin yaşını saptamakta kullanılan teknik. Karbonun kararlı izotoplarının yanı sıra havadaki karbondioksit içinde karbon-14 halinde radyoaktif karbon bulunur. Bu atmosferdeki azot-14'ün kozmik ışınlarla etkileşmesiyle oluşuyor. Karbonun diğer izotoplarıyla birlikte karbon-14 de bitkiler tarafından fotosentez sırasında soğurularak dokularına yerleşir. Radyoaktif karbon-14 (radyokarbon da denir) bitkilerden de onları yiyen hayvanların dokularına geçer.

Canlı organizma öldüğünde artık kalıntılarına atmosferden başka karbon geçmeyecektir. Kalıntılardaki karbon-14 oranı (kararlı izotoplara özellikle de karbon-12'nin oranına göre) zamanla azalacaktır. Karbon-14'ün yarı ömrü 5730 yıl olup ilke bakımından örnekler içinde kalan karbon-14 miktarı bunların yaşını 45.000 yıla kadar (sekiz yarı ömür süresi olup kalan karbon-14 başlangıç miktarının 1/256'sı kadardır) oldukça iyi belirleyebilir. Uygulamada işler biraz karışıktır, çünkü geçmişte farklı zamanlarda kozmik ışın akıları değişebileceğinden farklı miktarlarda karbon-14 üretilmiş olabilir. Ancak, son binyıllarda karbon-14 takvimi, ağaç örneklerde halka sayımıyla saptanan doğru tarihlemeyle kalibre edilebilmektedir. Ağaç halkaları ve karbon-14 verilerinin karşılaştırılması aynı zamanda atmosfere gelen kozmik ışın miktarının değişimlerine ilişkin bilgi de verir.

**karışım açısı//mixing angle//** Karışmış bir duruma iki *özdurum*un ne oranda katıldığının bir ölçüsü. Bu karışım sürecinin betimi için dönme fikri iyi bir benzetim olabilir (örneğin bkz. ***izospin***), sanki bir ibrenin sapmasının karışımdaki her özdurumun oranını göstermesi gibi. Bir $\theta$ açısı için $sin\theta$ ve $cos\theta$ fonksiyonlarının kareleri toplamı 1 olduğundan iki bileşenin oranları bir sinüs ve bir kosinüs olarak gös-

terilebilir. Eğer karışık durumun genliği $C$ ve karışımdaki iki durumun genlikleri $l$ ve $m$ ile gösterilirse karışım için

$$C = l\ sin\theta + m\ cos\theta$$

yazılabilir ve $l$ ile $m$'nin karışımları, tek bir $\theta$ parametresinin (karışım açısı) uygun bir seçimiyle gösterilebilir.

**karışmış durum//mixed state//** İki ya da daha çok kuantum durumunun üst üste binmiş hali. Bkz. *özdurum, Schrödinger'in kedisi, Kopenhag yorumu.*

**karmaşık eşlenik//complex conjugate//** Bir ***karmaşık sayı***nın, sanal kısmındaki işaretinin ters olanı, yani $(x + iy)$ sayısının eşleniği $(x - iy)$ olacaktır.

**karmaşık eşlenikleme//complex conjugation//** Bir karmaşık sayının eşleniğini yapma işlemi, yani sayının sanal kısmının işaretinin değiştirilmesi.

**karmaşık sayı//complex number//** İki bileşenden kurulu bir sayı. Bileşenlerinden birisi bildik sayılar (1, 2, 3, ... gibi ama tamsayı olması gerekmiyor), diğeri ise sanal, yani yine bir bildik sayının $i$ ($i^2 = -1$) ile gösterilen $-1$'in karekökü (sanal birim!) ile çarpılmışıdır. Buna göre bir karmaşık sayı, $x$ ve $y$ bildik sayılar olmak üzere $(x + iy)$ şeklinde gösterilir. $x$ karmaşık sayının "gerçel kısmı," $iy$ ise "sanal kısmı"dır. $x$ ile $y$ dik iki eksen üzerinde sayılar olarak gösterilirse başlangıçla aralarındaki doğru parçaları üzerine kurulacak dik üçgenin hipotenüsünün boyunu gösteren sayıya bu karmaşık sayının mutlak değeri denilir. Bu, $(x + iy)$ gibi bir karmaşık sayının, kendi eşleniği olan $(x - iy)$ ile çarpılması sonucu elde edilen pozitif sayı. Bir karmaşık sayının karesi yine karmaşık bir sayıdır: $(x + iy) \times (x + iy) = (x^2 + 2ixy - y^2)$, mutlak değeri ise eşleniğiyle çarpımı, $(x + iy) \times (x - iy) = (x^2 + y^2)$ olup kesinlikle gerçel ve pozitif bir sayıdır. Bunun, olasılık dalgalarının kuantum dünyasındaki davranışlarının anlaşılmasındaki önemi büyüktür. Çünkü bu dalgalar $(x + i\ vt)$ şeklinde ($v$ hız) olup sanal kısım zaman ilerledikçe dalganın nasıl değiştiğini gösteriyor. Bu dalgalar olasılık dalgaları olup dalga fonksiyonu adını alırlar. Bunlar örneğin kuantum mekaniğinin Kopenhag yorumunun özgül bir içeriği olup tüm kuantum olasılıkları zamanda geri giden dalgaları otomatik olarak zamanda ileri gidenler kadar ele alıyor. Bu durum John Kramer'in önerdiği, kuantum mekaniğinin *işlemsel yorumu*nun temelidir. (***Wheeler-Feynman soğurma kuramı***na da bakınız)

karşılığı bulunma ilkesi//correspondence principle// Kuantum mekaniğinin ilk günlerinde ***Niels Bohr***'un ortaya koyduğu bir fikir. Buna göre, fiziğin klasik yasaları tek tek atomlardan çok daha büyük (yani makroskopik) sistemlerde işe çok iyi yaradıklarından, küçük ölçekli (yani mikroskobik) sistemleri betimlemekte çok başarılı olan kuantum mekaniği yasaları da yeterince büyük sistemlere uygulandıklarında klasik mekaniğin yasalarından ayırt edilmez olmalıdır. Sapına kadar apaçık bir önerme olsa da bu ilke, Bohr'un atom için tahminler ve kuantum kuralları (bkz. ***Bohr modeli***) uygulayarak bir model geliştirmeye çabaladığı ilk günlerde ona çok büyük destek sağladı; çünkü bu onun büyük ölçekli davranışa götüremeyen küçük ölçek tahminlerinden sıyrılıp doğru büyük ölçekli davranışlara varabilmesine çok yardımcı olmuştu.

karşı-madde//antimatter// Maddenin, içindeki her parçacığın kuantum sayılarının (elektrik yükü gibi), bildik dünyadaki karşılıklarının tam zıddı olan bir biçimi. Karşı-maddenin (karşı-parçacık olarak) en bilinen örneği, elektronla aynı kütlede ama yükü eksi yerine artı olan karşı-elektron, yani pozitrondur.

Karşı-elektronların varlığını, 1920'lerin sonlarında, elektronun hem kuantum mekaniğine hem de özel görelilik kuramına uyan tam bir betimini veren denklemi elde eden ***Paul Dirac*** önsöymüştü. Denklemin iki çözümü bulunuyor, birisi eksi yüklü parçacıklar, diğeri ise artı yüklü parçacıklar için. Bunun kesin anlamı 1932'de Carl Anderson kozmik ışınların izleri arasında pozitronları kozmik ışın dedektörü olarak kullandığı ***sis odası***nda keşfedene dek ortaya çıkmadı.

Gözlenebilir Evrenimizdeki nesnelerin hemen hemen hepsi madde olup, Evreni doğuran ***Büyük Patlama***'dan bu yana pek az karşı-madde var oldu. Bir parçacık karşı-parçacığıyla (örneğin elektron pozitronla) karşılaştığında kütlelerini Einstein'ın $E = mc^2$ bağıntısı uyarınca bütünüyle enerjiye dönüştürerek yok olurlar. Bu sürecin tersinde de karşı-parçacıklar oluşabilir ama parçacık karşılıklarının da üretilmesi koşuluyla. Bu kozmik ışınlardaki yüksek enerjili süreçlerde doğal olarak, Yeryüzündeki hızlandırıcılarda yapılan yüksek enerjili deneylerde gerçekleşmektedir. Böyle oluşan karşı-parçacıklar ise, dünya ezici çoğunlukla maddeden yapıldığından kısa sürede karşılığı olan bir parçacığa rastlayarak yok olur.

Tüm madde parçacıklarının karşı-protonlar, karşı-nötronlar, vb karşı-parçacıkları olduğu artık apaçık bilinmekte. Bunların hepsinin hız-

landırıcılarda üretimi sıradanlaşmıştır. 1995 Eylülünde CERN'deki bir araştırmacı takımı bir karşı-atom (en basit element olan hidrojen) oluşturmayı ilk kez başardı. Eksi yüklü karşı-protonlar ile artı yüklü pozitronları ilişkilendirdiler. Bu ilk deneyde dokuz karşı-hidrojen oluşmuş ve her biri sıradan maddeyle çarpışıp yok olana dek saniyenin milyarda 40'ı kadar dayanmıştı. Araştırmacılar yakında bu karşı-atomları yeterince uzun süre tutuklayıp inceleyerek (örneğin lazer ışınlarıyla yoklayarak) eldeki fizik yasalarının karşı-madde için de madde için olanlar gibi aynen geçerli olduğunu gösterebilmeyi umuyorlar.

Ek okuma: John Barrow, Frank Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle*; John Gribbin, *Companion to Cosmos*.

**Kasım devrimi//November revolution//** Parçacık fizikçilerinin 1974 Kasımındaki olaylar için –Rusya'da Gregoryen/Rumî takvimle 7 Kasım 1917'de olan Sovyet Devriminden esinlenerek– kullandıkları şaka yollu bir adlandırma. O yıl, bir .si ***Samuel Ting***'in diğeri ***Burton Richter***'in önderliğinde iki ayrı ekip J/psi[185] (kimi zaman da sırf $\psi$) diye bilinen parçacığı bağımsız olarak bulduklarını açıkladılar. Richter ve Ting bu keşiften dolayı iki yıl içinde, 1976'da Nobel Ödülü aldılar. Bunun, ödülün en çabuk verildiği durumlardan birisi olması keşfin önemini de gösteriyordu.

Kasım devrimi öncesinde bilinen parçacıklar, sırf yukarı, aşağı ve acayip olarak bilinen üç kuarkın bileşimi olarak açıklanabiliyordu; ama 1970'lerin başlarında geliştirilen ***elektrozayıf etkileşme***nin birleşik kuramı (bkz. ***doğa kuvvetleri***) (tılsımlı adı verilen) dördüncü bir kuark türü gerektiriyordu. Bu daha gözlenmemişti. J/psi parçacığının özellikleri bunun bağlı bir tılsım/karşı-tılsımlı kuark çifti olduğunu göstermekte. Bu duruma göre kuarklar "aileler" halinde geliyorlar, öyle ki yukarı/aşağı (*u/d*) bir aile olurken acayip/tılsımlı (*s/c*) bir diğeri oluyor. Derken üçüncü aile olan tepe ve alt kuarklar da (*t/b*) saptandı. Bunlar ve karşılık gelen ***lepton*** çiftleriyle toplam 12 parçacık, etkileşmeleriyle birlikte parçacık fiziğinin standart modelinin temelini oluşturur.

*Inward Bound* (İçe Doğru) adlı kitabıyla fizikçi ve tarihçi Abraham Pais J/psi'nin keşfinin açıklanmasından sonraki durumu "genel bir curcuna" olarak betimlerken yeni keşif ***tılsımlı***yla açıklanıncaya kadar kargaşanın aylarca sürdüğünü söylüyordu. "Bu, ***KREDİ*** (*k*uantum *re*nk*di*namiği) ve ***elektrozayıf kurama*** olan inancı pekiştirdi." Dört kuark (o sırada bilinenler) kuramının ilk kez "standart model" olarak nitelenmesi 1975'te oldu.

**karşı-parçacıklar//antiparticles//** Bkz. ***karşı-madde.***

**katıhal aygıtları//solid state devices//** Bütünüyle katı olan transistörler ve diyotlar gibi kristal halinde ***yarıiletken*** malzemeden yapılmış ve işleyişlerinde tünelleme gibi kuantum olgularından yararlanan aygıtlardır. Farkı, eski usul elektroniklerde termiyonik (ısıtarak iyon salan) tüplerin kullanılmasıydı (bunlar gerek boyutlarıyla çok yer kaplamakta gerekse çok ısı üretip ve yüksek akımla çalışıyorlardı). Bunun en uç kullanımında elimizdeki elektronik aygıtlarda çalışan elemanlar (transistörler, dirençler vb) hep tek bir malzeme (genellikle silikon[186]) parçasının üzerinde kuruludur (kırmık-çip). Bu, onların farklı bileşenlerin tellerle ya da baskılı devrelerde bağlandığı klasik aygıtlara göre küçük, hafif ve hızlı yapar.

**katılımcı evren//participatory Universe//** Büyük ölçüde ***John Wheeler***'in geliştirdiği fikir, yani Evrenin sırf biz ona baktığımız için varoluşu fikri. Bu, kuantum mekaniğinin elektron gibi bir varlığın olasılıkçı dalga fonksiyonu yalnızca ölçüldüğünde ya da gözlendiğinde gerçek bir parçacığa dönüştüğünü söyleyen Kopenhag yorumunun aşırı ama mantıklı bir uzantısıdır.

*Some Strangeness in the Proportion* (Orantıda Biraz Tuhaflık) adlı kitaba yaptığı katkıda Wheeler, seçtiğimiz, Evrene ilişkin sorularımızın, kendi yanıtlarını nasıl da seçmiş olabileceğini gösteren bir örnek veriyor. Bir salon oyunu betimliyor: bunda bir kişi, diğerlerinin düşündüğü bir nesnenin ne olduğunu bulmak için "evet" ya da "hayır" ile yanıtlanacak sorular soruyor. Oyunun bilinen şeklinde soruları soracak kişi dışarıda beklerken geri kalanlar düşünülen nesneyi seçmek için görüşüyorlar. Yeni durumda ise o dışarıdayken dostları onu uyarmadan oyunun teması üzerine çeşitleme yapmışlar ve sorduğu sorular dizisi "bulut mu?" ve yanıtı da "evet" olduktan sonra ona, bir nesne seçmek yerine sorularına tutarlı yanıtlar vermeye, öyle ki her yanıtın öncekilerle mantıksal tutarlılık içinde olmasına ama başta belli bir nesne tutulmamasına karar verdiklerini söylemişler. Wheeler'in sorgulayıp durması yanıt seçeneğini zorlayarak son sorusunun yanıtının da olumlu olması zorunda bırakmıştı.

Aynı şekilde Evrene ilişkin sorularımız, Evrenin doğasına ilişkin temel gerçekliğe işaret edici olarak algıladığımız yanıtları "yaratabilir." Wheeler, "'Foton ne yapıyor?' demeye, o kayda geçene kadar hakkımız yok; tıpkı söz konusu oyunda 'odadaki kelime neydi' sorusunu oyun ve yanıtı sonuçlanıncaya kadar soramayacağımız gibi!" diyor.

Benzeri fikirleri Andrew Pickering *Constructing Quarks*'da (Kuarkları Oluşturmak) ele alıyor.

Tarihin, kimi filozofların çoktandır üzerinde durduğu gibi bu resimde yeri yok; geçmişin bugün için deney verileri ya da anılarımız gibi kayıtlardakinden başka varlığı yok. Evren bütünüyle, içinde ne olup bittiğini algılayan gözlemcilerin varlığının her şeyin kökenine elle tutulur bir gerçeklik aktaran bir ***gecikmiş seçme deneyi*** olarak düşünülebilir.

**katot** Eksi (negatif) yüklü elektrot; örneğin, vakum tüpleri (eski tip elektronik tüpleri) ya da piller, akülerdeki gibi. Elektronlar eksi yüklü oldukları için katottan uzaklaşmak istediklerinden eski adlarının kökeni katot ışınlarıydı.

**katot ışınları//cathode rays//** Elektronların eski adı. Aslında katottan salınan elektron akışı olan "ışıma"ya ilk başta bu ad verilmişti.

**kaynaşma/füzyon//fusion//** Hafif çekirdeklerin kaynaşarak daha ağır bir çekirdek yaptıkları ve açığa enerji çıkarttıkları süreç.

Bu süreçten enerji çıkar çünkü çekirdeklerde kütle-enerji depolamak için en verimli yol demir çekirdekleri ve ilişkin elementler biçimindedir (bkz. ***bağlanma enerjisi***). En hafif elementlerden demire kadar sürekli denilebilecek bir enerji depolama verimliliği artışı bulunuyor. Dolayısıyla hafif çekirdeklerin kaynaşarak daha ağırlarını (demire kadar) oluşturduğu her süreç enerji bakımından avantajlıdır. Hafif elementlerin çekirdekleri kararlı olarak bulunabiliyor; bu çekirdekler yeteri kadar kuvvetle (örneğin yıldızların içindeki aşırı yüksek basınçlar) sıkıştırılırsa her birisindeki artı elektrik ***yük***ünün sebep olduğu itmeyi aşarak birbirleriyle birleşirken enerji açığa çıkarırlar.

Yıldızların içlerinde kaynaşmadan enerji salınması, karbon çevrimi ve proton-proton tepkimesi olarak bilinen iki ana süreçle oluyor. Çekirdeklerin kaynaşmaya zorlanması için gereken aşırı koşullar kaynaşmayı denetimli olarak *D*ünyada gerçekleştirmeyi çok zorlaştırıyor; ama hidrojen bombasının patlaması için gerekli enerjiyi sağlayan bu süreç olup tetiklenmesi atom (fisyon/bölünme) bombası patlatılarak tetiklenmekte. Elektrik üretiminde de ilgili reaktörlerde becerilecek denetimli çekirdek kaynaşmasından yararlanılması umulmaktadır.

Bir çift döteryum çekirdeğinin kaynaşması tek bir uranyum-235'in bölünmesinden çıkan enerjinin yüzde ikisi kadar enerji verir. Ama her bir uranyum-235 çekirdeğinin kütlesi bir döteryum çekirdeğinin yak-

laşık 100 katı kadar olduğundan bir kilogram döteryum içinde, bir kilogram uranyumdakinden 100 kat fazla döteryum çekirdeği bulunur. Dolayısıyla bu döteryumun hepsi çift çift kaynaşırsa bir kilogram uranyum-235'in bölünmesiyle çıkacak enerjiye yakın ve 3 milyon ton kömürün yanmasına eşdeğer enerji çıkacaktır.

**Kaynaşma bombası//fusion bomb//** Bkz. ***hidrojen bombası.***

**KEDİ (QED)** Bkz. ***Kuantum Elektrodinamiği.***

**kedi çelişkisi//cat paradox//** Bkz. ***Schrödinger'in kedisi.***

**KEK (Ko Enerugi Kaskokuki Kenkyu Kiko)** Japonya'nın fenbilimi kenti Tsukuba'daki parçacık fiziği araştırma laboratuarı.

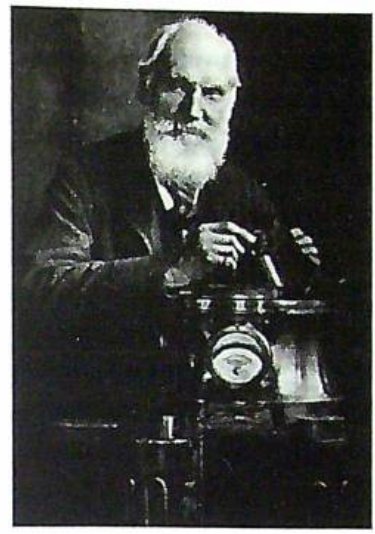
**kelvin** ***Kelvin Ölçeği***ndeki sıcaklık birimi. 1 K, Celcius ölçeğindeki 1°C ile aynı sıcaklık değişimine karşılık gelir ancak simgenin sol üstüne "derece" işareti konulmaz.

**Kelvin, Lord William Thomson, Baron Kelvin of Largs (1824-1907)** Britanyalı fizikçi; Artık Kelvin Ölçeği olarak bilinen mutlak sıcaklık ölçeğini geliştirdi. Termodinamik üzerine çalışmalara ve elektrik ve manyetizmanın anlaşılmasına öncü katkılar yaptı. Atlas Okyanusunu aşan ilk telefon (aşağıda düzeltilerek telgraf deniliyor) kablosunun çalışmasını (bu gerçekten büyük bir başarıydı) sağlayan kişiydi.

26 Haziran 1824'te Belfast'ta doğan William Thomson, James Thomson'un (Belfast Üniversitesinin öncülü olan) Belfast Akademik Enstitüsünde matematik profesörüydü. William gibi fizikçi olan kardeşi James (1822-1892) babaları tarafından evde eğitildiler. Aile 1832'de babaları Glasgow Üniversitesine matematik profesörü olarak atanınca oraya taşındı ve William 1834'te Glasgow Üniversitesine o sıralarda doğa felsefesi denilen disipline kaydolduğunda 10 yaşındaydı. Üniversiteye erken giriş o zamanlar bugünkü kadar yadırganacak bir durum değildi, özellikle de aile bağlantısı göz önüne alınınca; ama pek de sıradan sayılmazdı. Glasgow'dan mezun olmadı ve 1841'de 16 yaşındayken gittiği Cambridge'i 1844'te bitirdi.

Paris'te bir yıl çalıştıktan sonra Thomson 1846'da Glasgow'da doğa felsefesi profesörü oldu ve İngiliz üniversitelerindeki, fiziğe özgü ilk laboratuarı kurdu.

Cambridge'te hâlâ bir lisans öğrencisiyken öğrenmeye başladığı elektrik ve manyetizma onu 1847'de elektrik ve manyetik alanların uzayda dağılmış olacağı fikrini öne sürmeye götürdü. Bu, kısa bir süre sonra ***James Clerk Maxwell***'in geliştirdiği elektromanyetizma alan



*Lord Kelvin (1824-1907)*

kuramına ilk adım sayılabilir. (Bu bağlamda Thomson *Michael Faraday* ve Maxwell arasındaki bilimsel bağlantıydı.) Paris'teyken Thomson Sadi Carnot'un (1796-1832) termodinamiğe ilişkin fikirleriyle tanıştı. Bunlar onu termodinamiği incelemeye, 1848'de mutlak sıcaklık ölçeğini tanımlamaya götürdü. Termodinamiğin ikinci yasasını 1851'de dile getirdi ve de fiziğe enerji kavramını (modern anlamda) getirdi.[187] İlgi konuları astronomiye de (astrofizik?) uzanıyordu ki *D*ünya ile Güneşin yaşlarına bir tahmin getirdi: Güneşin sürekli enerji yitirirken kütleçekimsel çökmeye uğrayacağını ve bunun 25 milyon yıl alacağını hesaplamıştı. Bu ise jeologlar ve evrimcilerle (özellikle Charles Darwin) arasında acımasız bir tartışmaya götürmüştü. Çünkü bunlar çok daha uzun bir zaman ölçeği gerektiriyordu. Doğaldır ki 19. yüzyılda bu tartışmanın iki yanı da Güneş'te ısı üretiminin çekirdek kaynaşmasıyla olduğunu ve bunun ömrünü evrimin rahatlıkla işini göreceği milyarlarca yıla çıkaracağını bilemezlerdi.

Fizikteki çarpıcı edimlerine karşın Victoria dönemi Britanya'sında en büyük etkisini çok daha uygulamalı bir şekilde yaptı. Atlas Okyanusunu aşacak bir telgraf kablosu bağlantısının başkalarınca denenmesi iki kez başarısız olmuştu. Thomson'un önerdiği ilkelerin (daha doğrusu türettiği *telgrafçının denklemi*) kullanıldığı 1866'daki üçüncü deneme başarılı oldu. Bu yaptığıyla 1866'da şövalyelik, 1892'de de lordluk verildi. Unvan olarak Largs Baronu Kelvin adını seçti (Kelvin, Glasgow Üniversitesi yerleşiminden geçen küçük bir akarsunun adıydı). Bu kablodan ve diğer elektronik aygıtlardan aldığı patent haklarıyla küçük bir servet edinmişti. Ayrıca yüzer bir laboratuar gibi olan *Lalla Rookh* adında özel bir yat sahibiydi. Glasgow'daki kürsüsünden 75 yaşındayken 1899'da emekli olur olmaz bağlantısını kesmemek için üniversiteye araştırma öğrencisi olarak kaydoldu; böylece Glasgow Üniversitesinin hem en genç hem de en yaşlı öğrencilerinden birisi oldu. 17 Aralık 1907'de Ayrshire'deki Largs'da öldü ve Westminister Katedralinde toprağa verildi. (J. J. Thomson ve oğlu George Paget Thomson'la akrabalığı yoktu.)

**Kelvin ölçeği//Kelvin scale//** William Thomson'un (sonraları ***Lord Kelvin***) kurduğu ve başta mutlak sıcaklık ölçeği olarak bilinen, termodinamik sıcaklık ölçeği adıyla da tanınan sıcaklık ölçeği. Termodinamiğin ilkelerinden giderek Thomson sıcaklığın mutlak bir alt limiti olduğunu hesapladı. Bu, –273,16 °C'a (artık 0 K) karşılık gelir. Kuantum terimleriyle atom ve moleküllerin olabilecek en düşük enerjiye, yani onların ***sıfır noktası enerjisi***ne karşılık gelir.

**Kendall, Henry Way (1926-1999)** ABD'li fizikçi. 1990 Nobel Fizik Ödülünü nötron ve protonların içlerindeki parçacıklar olan ***kuark***ların varlığını doğrulayan deneysel çalışmaya katkısıyla paylaştı.

Kendall 9 Aralık 1926'da Boston'da doğdu. Amherst Kolejini 1950'de bitirdi ve doktorasını 1955'te MIT'den aldı. 1956-1961 arasında Stanford Üniversitesinde çalıştıktan sonra MIT'ye geçti 1960'ların sonunda MIT'den ayrılmadan ***SLAC***'ta (***Jerome Taylor Friedman*** ve ***Richard Taylor*** ile birlikte) ***nükleon***ların (nötron ve protonlar) iç yapılarını yüksek enerjili elektron huzmelerini kullanarak yoklayan deneylerde çalıştı. Bu deneyler, ***James Bjorken*** ve ***Richard Feynman***'ın sağladığı kuramsal yorumlarla birlikte nükleonların iç yapısının noktasal parçacıkların varlığından ileri geldiğini gösterdi. 1970'lerde yapılan daha başka deneyler bu parçacıkların kuarklarla özdeşleştirilebileceğini ortaya koydu. Bkz. ***partonlar***.

Bir dalma meraklısı olan Kendall 15 Şubat 1999'da gerekli önlemlere özen göstermediği bir dalış sırasında Florida'da öldü.

**kendisiyle etkileşme//self interaction//** Bir parçacık ile kendi oluşturduğu ***alan*** arasındaki etkileşme. Örneğin bir elektronun elektrik yükü olduğundan ona ilişkin bir elektrik alanı bulunur. Elektron bu alanla etkileşir. Etkileşmenin şiddeti alanın kaynağından uzaklığın karesiyle ters orantılı ve de elektronun kendisinden uzaklığı sıfır olduğundan kendisiyle etkileşme, bu basitleştirilmiş resme göre sonsuz olup elektrona sonsuz bir özenerji ve kütle verecektir. Tamı tamına eşdeğer sorunlar kütleçekim gibi diğer alanlarda da çıkar. Alan kuramının (hem klasik hem de kuantum sürümlerinde) bu can alıcı zorluğu yeniden boyutlandırmayla çözülür. Bkz. ***kuantum elektrodinamiği.***

**kendiliğinden salım//spontaneous emission//** Enerji ya da parçacıkların, salınmayı tetikleyecek bir dış etki olmadan salınması; örneğin atomlarda elektronların bir ***yüksek enerji***li durumdan alçak enerjiliye düşerken enerji salınması ya da radyoaktif bozunmada parçacık salınması gibi. Kendiliğinden salım şans ve olasılık yasalarına uyar. Bu,

kuantum dünyasının bir özelliği olup Einstein'ın ünlü sözü "Tanrının zar attığına inanamam" bunu yansıtıyor. Oysa Einstein yanılmış.[188]

**kendiliğinden simetri kırılması//spontaneous symmetry breaking//** Bir sistemin en düşük enerjili durumunun (***taban durumu***) en yüksek simetrili durumundan daha düşük simetrili olduğunda fiziksel dünyada ortaya çıkan bir olgu. Yüksek enerjilerde sistem simetrikken taban durumuna düştüğünde simetrisi kendiliğinden bozulur.

keV 1000 (yani kilo) ***elektron volt.***

**kırık simetri//broken symmetry//** En iyi açıklama bir örnekle olacak. Bir mıknatıs çubuğunu muazzam sayılarda minicik mıknatıslar içerdiğini düşünebiliriz. Çubuk ısıtıldığında içteki mıknatısçıklar sallanıp yuvarlanırlar ve birbirleriyle itişirler. Böylece ortada çubuğa ilişkin genel bir manyetik alan kalmaz. Durum manyetik bakımdan simetrik olup artık iki ucunu ayırt edecek bir şey yoktur. Ama çubuk soğuduğunda mıknatısçıkların itişip kakışmaya yetecek enerjileri olmayacağı için birbirlerini etkileyerek dizilirler ve çubuk bütünüyle mıknatıslanır ve bir ucu güney diğer ucu kuzey kutup olur. Simetrisi kırılmıştır.[189]

Kırık simetriye ilişkin bir diğer örnek bir çıkıntı üzerinde dengeye getirilmiş bir top (ya da sivri ucunda dik duran bir kalem) olabilir. Top bir yöne yuvarladığında simetri kırılmış olur.

Fizikte ***doğa kuvvetleri***yle ilişkili yüksek enerji simetrileri vardır. Yüksek enerjilerde elektromanyetik kuvvet ile zayıf kuvvet aynı şiddette olup elektrozayıf kuvvet olarak tek bir denklem takımıyla betimlenirler. Alçak enerjilerde simetri kırılır ve kuvvetler başka başka şekillerde davranırlar. Simetri ve simetri kırılması tüm kuvvetleri aynı matematiksel paket içinde betimlemeye uğraşan kuramların önemli bir bileşenidir.

**kırılma//refraction//** Işık ya da ses yayılırken optik ya da akustik özellikleri farklı olan iki ortamın birisinden diğerine geçerken bükülmesi. En tanıdık örnek ışığın hava ile su arasındaki sınırdan geçerken bükülmesi olup bu havuza daldırılan bir çubuğun ya da bir içeceğin içindeki kamışın bükük görülmesidir.

Kırılma klasik fizikte dalgaların değişik ortamlarda farklı hızlarla yayılmasıyla açıklanır. Işık daha hızlı olduğu bir ortamdan (hava gibi) daha yavaş gittiği bir ortama (cam gibi) girerken gelen ışının yüzeyin dikmesiyle yaptığı açı (gelme açısı), kırıldıktan sonra aynı dikmeyle yaptığı açıdan (kırılma açısı) büyüktür. Eğer ışık camdan havaya geçiyorsa durum tam tersi olur. Kuantum elektrodinamiğinde çok daha

karmaşık olup klasik fizikteki görünürde basitlik ışığın birçok değişik yoldan gitmesi ve bunların çoğunun birbirini yok etmesi olarak anlaşılabilir (bkz. *yol integrali, faz*). Ayrıca bkz. *eylem*.

**kırınım//diffraction//** Dalgaların köşelerden sapması ya da büyüklüğü dalgaların dalga boyu mertebesinde olan deliklerden geçerken oluşan durum. Kırınımın oluşunu bir havuzdaki dalgacıklarda ya da denizden sürekli gelirken bir engele çarpan dalgalarda kolayca görebiliriz. Ses dalgalarının kırınımı, sesin köşelerin öte yanlarında nasıl işitildiğini de açıklıyor.

Işığı köşelerin öte yanlarında göremeyiz çünkü ışığın dalga boyu ses dalgalarınınkinden çok daha küçük olup yalnızca bir jilet kadar keskin köşelerdeki kırınım görülebilir. Ama 19. yüzyılın başlarında bu gibi koşullarda kırınım sonucu oluşacak girişim desenlerini araştırmak için deneyler yapıldığında beklenen desenler ortaya çıkınca ışığın gerçekten de dalga olduğunun kanıtı olarak sunuldu (bkz. *Fresnel* ve *Thomas Young*). Aslında bunu siz de görebilirsiniz. Elinizi, avuç içi yüzünüze dönük olarak ışığa tutup parmaklarınızı aralıkları ışık ancak görünebilecek kadar yaklaştırın. Daracık aralıkta bir ya da şanslıysanız birkaç karanlık çizgi göreceksiniz. Bu, kırınımdan oluşan girişimin sonucu olarak belirmekte.



*Kırınım, Su dalgalarının bir engeldeki iki aralıktan geçişi, hem kırınımı (bükülerek yarı çember dalgaların deliklerden öteye yayılması) hem de girişimi (iki takım yarı çember dalganın etkileşmesi daha karmaşık bir desen yapıyor) gösteriyor. Bkz. çift yarık deneyi.*

Kırınım desenleri örneğin X ışınlarının kristallerde düzenli aralıklarla yerleşmiş olan atomlarla etkileşmeleriyle de oluşur. Ortaya çıkan kırınım deseni ise çözümlenerek kristalin yapısını verecek bilgiyi sağlar. Bu tekniğin önemli bir uygulanımı DNA'nın yapısının belirlenmesi olmuştu.

**kırınım ağı/şebekesi//diffraction grating//** Işığın (ya da başka dalgaların) kırınımına sebep olan bir dizi düzenli aralıklı yarık. Standart kırınım şebekesi bir elmas uçla üzerine milimetresine 1000 kadar çizik yapılmış bir cam plakadır. Şebekeden geçen ışığın kırınım miktarı dalga boyuna bağlı olduğundan kırınım deseni gökkuşağı gibi renklenir. Bu sebeple kırınım şebekeleri tayf ölçümünde bir kaynaktan gelen ışığın çözümlenmesinde kullanılır.

Kırınım, ışığın bir dizi çizgisel düzgün çıkıntıdan yansımasında da olur. Sıradan bir derli diskin (CD) yüzeyinin gökkuşağı görünümünün sebebi budur.

**kırınım deseni//diffraction pattern//** Bkz. *kırınım.*

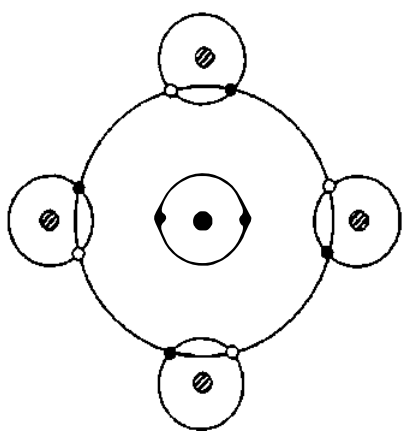
**kıvılcım odası//spark chamber//** Bir tür parçacık dedektörü olup 1960'larda geliştirilmiştir. Aralıkları birkaç milimetre olan ve neon gibi soygaz içine daldırılmış metal levhalardan yapılmıştır. Elektrik yüklü bir parçacık odadan geçerken iyonlaşan gazdan bir iz bırakır, tıpkı böyle bir parçacığın *sis odası*nda bıraktığı iz gibi. Eğer levhalara birer atlayarak yüksek voltaj uygulanırsa bu iyonlaşmış izler boyunca oluşan kıvılcımlar minik birer şimşek gibi çakarak parçacıkların rolünü ortaya koyarlar. Odanın hemen dışındaki Işıltı sayaçları yüklü parçacıkların geçişini saptayıp elektrik boşalmasını tetikler.

**kızılaltı ışınımı//infrared radiation//** Dalga boyları görünen ışığınkinden uzun ve görünen ışık *tayf*ının ötesinden başlayan *elektromanyetik ışınım*lar. Genellikle üç banda ayırılırlar: dalga boyları 0,8 mikrometre ile 8 mikrometreye kadar olan yakın kızılaltı, 8-30 mikrometre arası orta kızılaltı, 30-300 mikrometre arası uzak kızılaltı. Elinizi sıcak bir cismin yakınına dokunmadan getirdiğinizde sıcaklığı veren şey kızılaltı ışımadır.

**kızılaltı tutsaklığı//infrared slavery//** Bkz. *asimtotik özgürlük*

**kimya//chemistry//** Atomların birleşerek molekülleri oluşturma şeklini ve moleküllerin nasıl etkileştiklerini inceleyen fizik dalı. Bkz. *Kuantum kimyası.*

kimyasal bağ//chemical bond// Atomları moleküller oluşturmak için bir arada tutan, özünde kuantum etkileri olan bağlantılar. Bunu en basit şekilde ***Bohr modeli***yle düşünebiliriz. Bunda elektronlar atomun merkezindeki çekirdeğin çevresindeki farklı enerji düzeylerinde "tabakalar"da bulunurlar. Tabakalar soğan katmanları gibi düşünülebilirken her biri belli sayıda elektron içerir. Her tabakanın en kararlı (en düşük enerjili) kurulumunda, kuantum kurallarının bıraktığı en yüksek sayıda –en içtekinde 2, diğerlerinin çoğunda 8– elektron bulunabilir. Kimyasal bağlanma, atomların bu duruma erişmeye kalkışmalarından doğar.

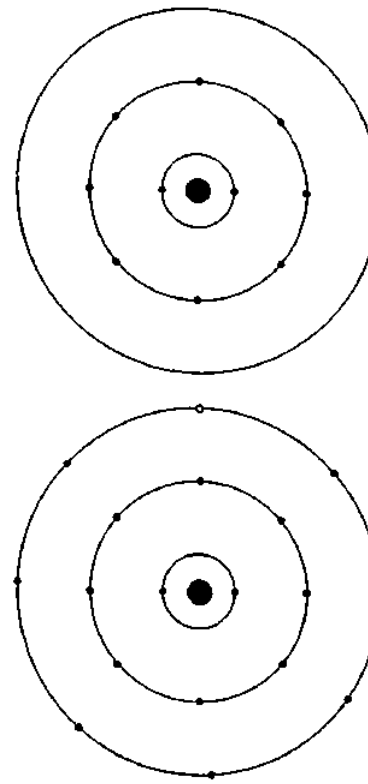


*Kimyasal bağ 1. Metan gibi moleküllerde atomlar arası bağlantılar elektron çiftlerinin paylaşılmasıyla oluşmuş olarak düşünülebilir.*

Buna erişmenin bir yolu iki atomun aralarında elektron paylaşmalarıdır. Örneğin her hidrojen atomunun bir elektronu olup tabakasını doldurmak için iki olmasını "ister." Her karbon atomunun altı elektronu olup ikisi en içteki dolu tabakada, dördü de yarı dolu dış tabakadadır. Eğer dört hidrojen atomu uygun bir şekilde bir karbon atomunu çevrelerse karbon atomunun dört elektronunun her biri, dört hidrojenin elektronlarını paylaşabilir. Böylece oluşan molekülün (metan, $CH_4$) tüm atomları dolu birer dış kabuk edinmiş gibi olur. Bu bir kovalent (ortak-değer) bağdır.

Bir diğer bağ türü sodyumla kloru bağlayarak sofra tuzu yapar. Bir sodyum atomunun on bir elektronu vardır, ikisi en iç tabakada, sekizi bir diğer dolu tabakada biri de en dışarıda tek başına. En dış elektronu yitirirse dış dünyaya bakan yüzünde enerji tasarruflu bir tabakayla kalacak. Öte yandan bir klor atomunun ise en içteki dolu tabakasında iki, izleyen dolu tabakada sekiz, ve en dışındaki tutulu ta-

bakasında yedi elektronu bulunur ve bunu doldurmak için bir elektrona daha gereksinir. O zaman da sodyumla klor birleştiğinde sodyum atomları birer elektronlarını klor atomuna terk edince her biri en dışlarında dopdolu birer tabaka edinerek isteklerinin doruğuna varırlar. Ama bu durumda her bir sodyum atomu bir birim artı yükü bulunan bir artı iyon olurken klor atomları da birer birim eksi yükle birer eksi iyon olurlar. Böylece bu yüklü iyonlar birbirlerine elektrik kuvvetleriyle bağlanarak düzenledikleri bir kristal örgüde yerleşirler. Bu bir *iyon bağı*dır.



*Kimyasal bağ 2. Sodyum klorür gibi moleküllerde atomlar arasındaki bağlantının bir elektronun (içi boş çembercik) atomların birisinden diğerine bütünüyle aktarılmasıyla oluştuğu gözüyle bakılır.*

Aslında tüm kimyasal bağlar bu iki basit yapının karışımı olup durum elektronların çekirdek çevresindeki yörüngelerde dolanan yüklü minik parçacıklar olmayıp, daha çok biçim ve yönelimleri kuantum olasılıklarıyla belirlenen yaygın yük bulutları gibi göz önüne alınırlar. Kimyasal bağın bu biçimdeki tam betimini 1920'lerde Linus ***Pauling*** yapmıştı. Bkz. ***kuantum kimyası.***

**kinetik enerji//kinetic energy//** Bir nesnenin, deviniminden dolayı edindiği enerji. Bkz. ***enerji.***

**kiralite/sol-sağ ellilik//chirality//** Bir kuantum parçacığının "sol veya sağ-elliliği." Kiralite kuantum spini özelliğiyle ilişkilidir. Sağ-elli bir parçacığın spini parçacığın devinim yönüne, sol-ellininki devinimin tersine yönelmiştir. Tüm nötrinolar solak, tüm karşı-nötrinolar sağ-ellidir. Diğer parçacıklar ise her iki durumda da olabilir.

**Kirchhoff, Gustav Robert (1824-1887)**[190] *Tayf ölçümü*nün önderlerinden olan Alman fizikçi.

12 Mart 1824'te Königsberg'de doğdu, Königsberg Üniversitesinde okudu ve 1850'de Robert Bunsen'le ilk işbirliğini yaptığı Breslau Üniversitesinde fizik profesörü oldu. 1854'te Bunsen'in peşinden Heidelberg'e gitti. 1875'te Berlin Üniversitesinde matematiksel fizik profesörü oldu ve 17 Ekim 1887'deki ölümüne dek orada kaldı.

Güneş tayfında ***Josef von Fraunhofer***'in gözlediği karanlık çizgilerin açıklamasını 1859'da yaptı ve ***Bunsen*** ile birlikte izleyen yıllarda tayf ölçümsel çözümleme tekniklerinin öncülüğünü yaptı. Dinamik, elektrik devreleri ve ışığın kırınımı, sesin kuramı üzerinde incelemeler yaptı. Salım yasası (***Kirchhoff yasası***) ***kara cisim*** kavramına götürecek ve kuantum kuramının ilk gelişimine önemli bir katkıda bulunacaktı.

Kirchhoff yasası//Kirchhoff's law// ***Termodinamik*** dengede olan bir cismin verilen bir sıcaklıkta belli bir dalga boyundaki (frekanstaki) elektromanyetik enerjiyi salım ve soğurum hızları eşittir. Bu yasayı 1859'da ortaya koyan Gustav Kirchhoff 1861'de de bunu kanıtladı. Bu aynı zamanda 1862'de ***kara cisim*** ve ***kara cisim ışıması*** fikirlerini geliştirmesine yol açtı; bu da ***Max Planck***'ın fiziğe getirdiği ***kuantum*** fikrine götürdü.

klasik fizik Bkz. ***klasik mekanik***.

klasik mekanik Kesin konuşmak gerekirse, cisimlerin ***Newton'ın devinim yasaları*** çerçevesinde devinip etkileşmesini betimleyen fizik yasaları. Ancak bu terim çoğu zaman Newton yasalarının görelilik kuramının gereklerine göre evirilmiş şekillerini içererek kullanılır. Bu klasik mekanik ile kuantum mekaniği arasındaki ayrımı apaçık ortaya koyar; öyle ki klasik mekanik değişimleri sürekli olan değişkenlerle (***momentum*** ve ***enerji*** gibi) ilgilenirken kuantum mekaniği ise temel bir birimin yani kuantumun katlarıyla değişen değişkenlerle ilgilenir ki bunlar da momentum ve enerjiyi içerir. Nasıl klasik mekaniğin en sağlam biçimi görelilik kuramının betimlediği etkilerin katılmasını gerektiriyorsa kuantum mekaniğinin en sağlam biçimi de görelilik kuramının betimlediği etkilerin katılmasıyla ***göreli kuantum mekaniğ***ini oluşturmasını gerektiriyor. Klasik mekanik ile kuantum mekaniği arasındaki kolay ayırt edici kuantum mekaniğinin moleküller, atomlar ve daha küçük varlıklar ölçeğinde olanları betimlemek için temel olurken klasik mekaniğin görülebilecek kadar büyük nesnelerin davranışlarını betimlemek için iyi bir araç olmasıdır. ***Planck sabiti***nin çok küçük olmasına dayanan bu göz kararı kural, çok yeğin kütleçekim alanlarının bulunduğu durumlarda yani ***Kara Delik***lerde ya da Evre-

nin doğduğu ***Büyük Patlama*** koşullarında çöker ama Evrenin geri kalanında iyi işler.

**Klein, Oskar (1894-1977)** Bkz. ***Kaluza-Klein kuramı.***

**Klitzing, Klaus von (1943- )** Alman Fizikçi; kuantum ***Hall olayı*** üzerindeki çalışmaları için 1985 Nobel Fizik Ödülünü aldı. Bu dert etmeniz gereken bir şey olmayıp çok ince bir malzeme tabakası –örneğin alan etkili denilen ***transistör***ün yarıiletken yüzeyi gibi– içinde devinen elektronların davranışıyla ilgilidir. Bunların elektronikte çok önemli uygulamaları vardır.

1963'ten sonra Fizik Nobel Ödülü verilen ilk Alman olan von Klitzing 23 Haziran 1943'te Almanya'da Schroda'da doğdu, Brunswick'teki Teknik Üniversitede ve Würzburg Üniversitesinde okudu. Stuttgart'taki Katı Hal Fiziği Araştırmaları yapılan Max Planck Enstitüsünde çalışmaktadır.

**büyük birleşik kuramlar (BBK)//grand unified theoeries (GUT)//** Elektromanyetik kuvvetin, zayıf çekirdek kuvvetinin ve yeğin çekirdek kuvvetinin betimlerini tek bir matematiksel pakette birleştirmeye çalışan herhangi bir ***ayar kuramı***na büyük birleşik kuram denilir. Bir adet büyük birleşik kuram yoktur çünkü incelenmiş olan tüm aday kuramlar kusurlu bulunmuştur. Dolayısıyla, büyük birleşik kuramın aranmasına 19. yüzyılda ***James Clerk Maxwell*** hem elektriği hem de manyetizmayı betimleyen bir denklem takımı bulup bunları tek bir kuramda birleştirdiğinde başladığı söylense de "o" büyük birleşik kuramdan "o" elektromanyetizma kuramından (ya da kuantum mekaniği çerçevesindeki "o" kuantum elektrodinamiği, QED) söz edildiği gibi söz etmek, henüz mümkün değil. Ayrıca bu gösterişli ad biraz yanıltıcı çünkü hiçbir büyük birleşik kuram kütleçekimi pakete almaya kalkışmadı bile. Kütleçekimi bilinen dört ***doğa kuvvetleri***nin paketine katma girişimleri oldu ama bunların adları değişik (örneğin bkz. ***süpersimetri, sicim kuramı, her şeyin kuramı***).

Elektromanyetizma (tam söylenirse, KEDİ) ve zayıf etkileşme kuramı, 1960'larda Sheldon Glashow, Abdüsselam ve Steven Weinberg'in çalışmalarıyla elektrozayıf kuramda güzelce birleştirilmişti. Bu bir ayar kuramı olup elektromanyetik kuvvet ile zayıf kuvvet arasındaki farkları açıklamak için kırık simetri fikrini kullanıyor ve bu yaklaşımın o bağlamdaki başarısı sayesinde bir büyük birleşik kuram bulmak için tüm modern girişimler aynı yolu (kütleçekim ve elektromanyetizmanın ayar kuramları oldukları zaten biliniyor) izliyorlar. Yeğin etki-

leşmenin işleyişinin –bilinçli olarak KEDİ ile modellenmiş olan– kuantum kromodinamiği (KREDİ) kuramı cinsinden iyi (ama mükemmel olmayabilir) bir betimi de bulunuyor. Dolayısıyla bir büyük birleşik kuram oluşturma çabaları esasen yalnızca iki başarılı kuramı, elektrozayıf ve KREDİ'yi tek pakette birleştirme girişimidir.

Tüm böyle kuramların altında yatan temel fikir değişik doğa kuvvetlerinin çok yüksek enerjilerde birbirlerinden ayırt edilemez olmalarıdır (kırık simetrinin bütünlenmesi). Bu ise değişik etkileşmeyi taşıyan ulak parçacıklar –aracı bozonlar– cinsinden anlaşılabiliyor.

Elektromanyetik etkileşmenin aracıları olan fotonların kütleleri sıfırdır. Dolayısıyla elektromanyetik kuvvetler (ilke bakımından) sonsuz erimlidir. Zayıf kuvvet üç aracı bozonla, $W^0$, $W^+$, $W^-$, taşınır. Hepsinin kütlesi vardır, iki W parçacığının yaklaşık 80 GeV, Z'nin ise 90 GeV kadar. Zayıf etkileşmeyi bir parçacıktan diğerine taşımak için uygun ulak bozon vakumdan ödünç alınacak enerjiyle yoktan var edilmelidir. Buna ise izin veren belirsizlik ilkesi olup ancak enerjinin çok çabuk geri ödenmesiyle mümkündür (işin içindeki kütle ne denli büyükse borcun ödenmesi o denli çabuk olmalıdır). Zayıf kuvvetin ulakları bu yüzden kısa erimlidir.

Ancak, 100 GeV'in epeyce üzerindeki enerjilerde (diyelim 1000 GeV ve üstü) W ve Z parçacıkları vakumdan enerji ödünç almadan da oluşturulabilir. Bunlar da gerçek parçacıklar olup ömürlerinin de erimlerinin de sonsuz olması da mümkün olarak artık tam olarak fotonlar gibi davranırlar (W parçacıklarının yük taşımalarının dışında). Bu koşullar altında elektromanyetizma ve zayıf etkileşme birbirleriyle tam aynı şekilde davranırlar. Bunların hepsi elektrozayıf kuram tarafından güzelce açıklanmakta olup W ve Z parçacıklarının –daha sonra CERN'deki yüksek enerji deneylerinde bulunacak olan– kütlelerini bile önsöyülebiliyor. W ve Z parçacıklarını bol bol yapacak kadar serbest enerjinin bulunabildiği diğer yer ise Evrenin erken tarihinde, Büyük Patlamadaydı. Yani Evren çok gençken eşit koşul ve davranışta olan elektromanyetizma ve zayıf etkileşme, soğuyup genişlerken (simetriyi kırarak) ayrıştılar.

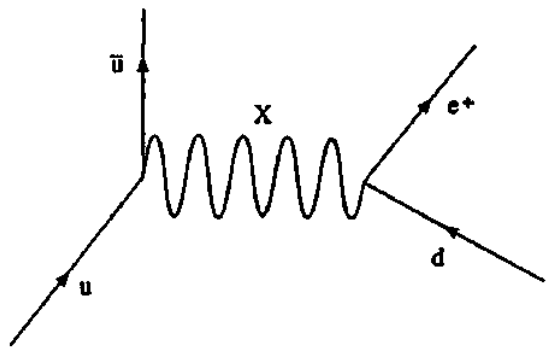
Elektromanyetizma ve zayıf etkileşmeleri birleştirmenin doğru şeklini bulmanın 1960'ları uzamasının sebebi kısmen zayıf etkileşmenin KEDİ'den daha karmaşık olmasıdır. KEDİ'de yalnız bir tür aracı bozon varken zayıf etkileşmede üç bozon vardır. Kuantum renkdinamiğinde işler daha da karışıyor, çünkü bunda sekiz ayrı gluon olup bunlar iş görürken KREDİ'nin kendisini çok daha karmaşık yaparak KREDİ'yi elektrozayıf kuramla birleştirmeyi daha da zorlaştırıyor.

Yine de elektrozayıf kuramı KREDİ ile birleştirme çabasına aynı hileyi uygulamak çok çekici geliyor. Böylesi bir büyük birleştirici kuram kuarkları (yeğin kuvveti algılar) ve leptonları (algılamaz) eşit koşullarda karşılamak durumundadır. Kuarklar ile leptonların bir bakıma aynı parçacık ailesinin (bir üst aile) mensubu olduklarına inanmak için kuvvetli bir fiziksel gerekçe bulunuyor, çünkü her iki tür parçacık için de üç ***aile*** bulunuyor, lepton çiftleri yükselen kütle basamaklarında kurk çiftleriyle eşleşiyor.

Bu bir rastlantıdan daha ciddiyse bir bakıma kuarklar leptonlara leptonlar da kuarklara benzer. Bu, kuarkları leptonlara, leptonları da kuarklara dönüştüren bir tür aracı bozon bulunmasıdır; tıpkı zayıf kuvvetin nötrinoyu elektrona dönüştürdüğü gibi (bkz. ***beta bozunması***). Ama böyle bir etkileşmenin taşıyıcıları (takılan ad X bozonu) $10^{15}$ GeV civarında muazzam bir kütlesi ve şimdi fotonlar kadar yalnız $10^{16}$ GeV'de etkin olmalı. Beteri, üstelik onlardan epeyce olmalı; büyük birleşik kuramların görece basit bir sürümünde bile 12. Öyleyse bu gibi enerjilerde tüm aracı bozonlar fotonlar kadar gerçek, KREDİ, KEDİ ve zayıf etkileşmenin hepsinin eşit durumda oldukları varsayılsa ve de maddenin böyle yüksek enerjilerde nasıl davranacağına ilişkin önsöyümler yapabilecek kuramlar kurulabilse bile bu kuramların burada *D*ünya üzerinde sınanmasının bir yolu yok. Bu, W ve Z bozonlarını saptayan hızlandırıcıdan 1000 milyar ($10^{12}$) kat güçlü olmak gerektiği gibi bütün Güneş Sistemi bile bu işi yapabilecek bir makineyi sığdıracak kadar büyük değil. Böylesi enerjilere erişilmesi en son Büyük Patlamanın ilk $10^{-35}$. saniyesinde olmuştu; parçacık fizikçilerinin artık kozmolojiyle çok sıkı ilgilenmelerinin sebebi bu. Onlar gökleri, yaradılışın ilk anlarında olan etkilerden kalan izler için araştırıp kendi koca birleşik kuramlarını sınayabilme umuduyla çalışıyorlar.

BBK'ların hepsi, burada Yeryüzünde gözlenebilir vargıları olabilecek bir tek önsöyüm yapıyor. İyice seyrek olarak belki bugün bile bir proton ya da nötron içindeki bir kuark vakumdan bir X bozonu yapacak kadar enerji ödünç alabilir ve kendisini bir lepton artı piona dönüştürebilir. Daha sağlam olarak, bir proton iki yukarı (*u*) ve bir aşağı (*d*) kuarktan oluştuğundan, yukarı kuark bir sanal X bozonu salar ve bir karşı-kuarka dönüşür; X bozonu da bir aşağı kuark tarafından yakalanır ve bir pozitron olur; arta kalan kuark/karşı-kuark çifti de pionu yapar. Genel etki ise proton ya da nötronun yok olup bir pion ve pozitrona dönüşmesidir. Bunun gerçekleşme hızı ise bozonunun kütlesine ve seçilen BBK'nın diğer ayrıntılarına bağlıdır. Bu

hileyi yapabilmek için vakumdan yeterince enerji borçlanmak öylesine zordur ki tek bir protonun ortalama ömrü $10^{30}$ yılın iyice üzerindedir; yani 100 milyar milyar kere Evrenin yaşı kadar. Ama eldeki topakta yeterince proton varsa her yıl birinin bozunması beklenebilir.




***Büyük birleşik kuramlar.*** *Protonun çoğu büyük birleşik kuramlara göre bozunmasını oluşturan süreç.*

Büyük birleşik kuramın bir sürümü protonun ömrünü $10^{31}$ yıl olarak önsöyüyor. 100 ton maddede (su, demir, reçel) yaklaşık $5 \times 10^{31}$ proton ve nötron bulunur. Öyleyse bu topak bir yıl gözlense beş bozunma görülmesi beklenebilir. Böyle deneyler yapıldı ve bu kadar bozunma gözlenemedi (bu arada ortalama bir insanda yaklaşık $10^{29}$ proton bulunduğundan gövdemizdeki protonlardan birisinin ömrümüz boyunca bozunma olasılığı yok gibidir). Bir protonun ömrü artık $5 \times 10^{32}$ yıl olup bu kimi BBK'ların bazılarını silerken diğerleri için kapı hâlâ açık. Özellikle bu, başta kütlesiz sanılan nötrinonun minicik bir kütlesi olmasıyla (0,001 eV ile 10 eV arasında) uyuşuyor. Bu da astrofizikçileri ve kozmologları memnun ediyor, ama bu başka bir öykü (bkz. *Companion to the Cosmos*).

BBK'lar için karar hâlâ beklenmekte ama "asıl" büyük birleşik kuram hiç bulunamayabilir. Yine de birçok fizikçi bunu aramaktan keyif alıyor.

Ek okuma: G. D. Coughlan and J. E. Dodd, *The Ideas of Particle Physics*; Yuval Ne'eman ve Yoram Kirsch, *The Particle Hunters*.

**kompleks//complex//** Bkz. ***karmaşık.***

**komütatiflik (sıra değiştirme) yasası//commutative law//** Bkz. ***sıra değiştirme yasası.***

**Kopenhag yorumu//Copenhagen interpretation//** Kuantum dünyasında olanların standart "açıklaması" olup 1930'lardan 1980'lere dek başı çekmiş, hâlâ da çoğu ders kitabından ve birçok üniversite dersinde öğretilmektedir. Bu, kuantum mekaniğinin hiçbir şekilde tek yorum biçemi olmayıp (bkz. ***kuantum yorumları***) bu önsaygınlığı büyük ölçüde ***Niels Bohr***'un zorlu kişiliğiyle edinmişti. Bu ad ise Niels Bohr Kopenhag'da çalıştığı için takılmıştı. Ancak yorumun ana kısımları, özellikle de kuantum olasılıklarıyla ilgili kısmı ***Max Born*** ve çalışdaşları tarafından Göttingen'de geliştirilmiş, dalga fonksiyonunun çökmesinin betimine ilişkin matematiksel biçimlenmesi ise daha sonra ***John von Neumann*** tarafından Princeton'da geliştirilmişti.

Kopenhag yorumu Bohr'un fiziğe faydacı yaklaşımının klasik damgasını taşırken altında yatan gerçek kuram olmadan iş görebilir bir huzme yapıp her şeyi uyumlu olarak açıklamak için değişik fikirleri kaynaştırıyor. Gerçekten de bu yorum hiçbir zaman belirli ve uyumlu bir şekilde ortaya konulmadı. Buna en yakın biçim, Bohr'un Eylül 1927'de Como'da (İtalya) yapılan bir konferansta sunduğu henüz adı konmamış demetti. Kopenhag yorumu birçok bakımdan yetersiz görünüyorsa da bu konferans, kuantum mekaniğinin he usta fizikçinin atom ve moleküllere ilişkin problemleri temeller üzerinde pek durmadan kuantum yönergeler kitabını izlemeyi kabullenip istenen yanıtları bulabileceği tutarlı bir kuramının tamamlandığına işaret ediliyordu. Yarım yüzyıl kadar bütün bunların ne demek olduğunu bir ikisi dışında pek dert eden olmadı ama Kopenhag yorumunu söze dökmeye girişildiğinde tuhaflığı hemen ortaya dökülüyor.

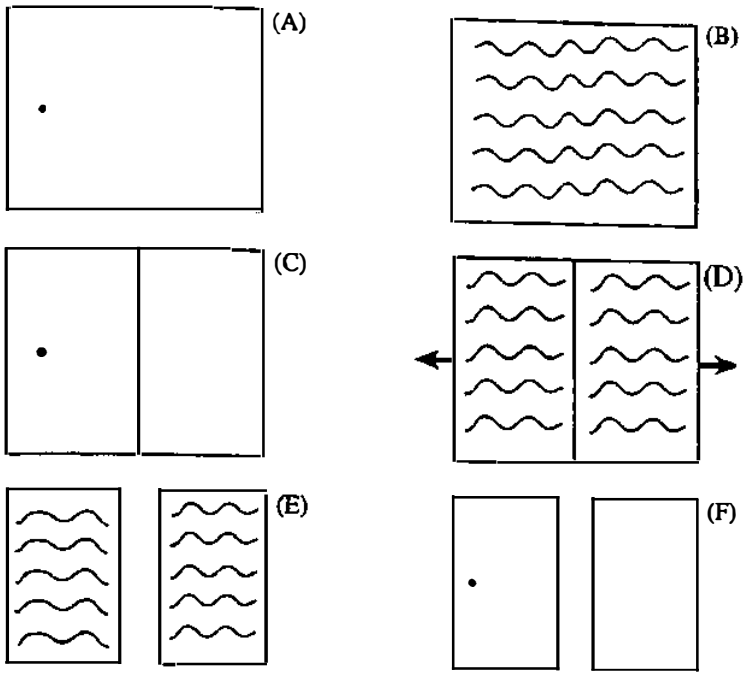
Bohr kuantum dünyasını yoklama girişimlerimizdeki deneylerin önemini vurgulamıştı. Bütün bildiklerimiz aygıtlarımızla ölçtüklerimiz, aldığımız yanıtlar ise sorduğumuz sorulara bağlı. Sorduklarımızın sıradan deneyimlerimizle renklenmesi kaçınılmaz; diyelim ki elektronun ***momentumunu*** ölçeceğimiz bir deney hazırlıyoruz. O zaman elektronun momentumuna yoracağımız bir yanıt alırız. Başka bir deney elektronun "dalga boyunu" ölçebilir; ama gerçekten tek bildiğimiz sistemi belli bir şekilde yoklarsak belli yanıtları alırız, örneğin metrelerimiz ve düğmelerimizden okumalar ya da bir dedektördeki ışıldamalar. Deneyler aslında klasik fizik dünyasının parçalarıdır, oysa klasik fizik, kuantum dünyasının bir betimi olarak işlemiyor. Ve de Bohr herhangi bir şeyi ölçmenin tek yolunun kuantum dünyasını kurcalamak, aygıtlarımızla yoklamak olduğunu da vurgulamıştı. Böylece Kopenhag yorumuna göre atomların ve diğer kuantum varlık-

larının biz onlara bakmadığımızda ne yaptıklarını sormak anlamsız. Tek yapabileceğimiz, Born'un açıkladığı gibi belli bir deneyin belli bir sonuç vermesinin olasılığını (hiç de *kesinliğini* değil) hesaplamaktan başka bir şey değil.

***Heisenberg***'in; örneğin, bir kuantum varlığının aynı andaki konum ve ***momentumunu***m kesinkes bilinemeyeceğini söyleyen belirsizlik bağıntısı da, aslında kuantum varlıklarına hem parçacık hem de dalga nitelikleri atfeden tamamlayıcılık gibi, Kopenhag yorumunun esaslı bir içeriğidir. Schrödinger dalga denklemi ilkin elektron gibi varlıklar için fiziksel dalga olarak matematiksel betimi niyetiyle çıkarılmışken, elektronun (ya da her neyse) belli bir durumda bulunma olasılığının matematiksel betimi olarak yeniden yorumlandı. Mümkün tüm dalga fonksiyonları (tüm mümkün olasılıklar), bir ölçme yapılana dek ***durumların üst üste binmesi*** denilen birbirleriyle karışmış olarak bulunurlar. Ölçme eylemi kuantum varlığını bir tek duruma (şansın, olasılıkların istatistiksel kuralları çerçevesinde) zorlayarak deneyin belirlediği soruya tek bir yanıt verir. Bu yorumun tutarsızlığı ünlü ***Schrödinger'in kedisi*** örneğiyle zorlu bir şekilde ortaya konuluyor. Ayrıca iki delik deneyiyle de özetlenebiliyor (bkz. *çift yarık deneyi*).

Kopenhag yorumuna göre deneyin bir yanındaki bir elektron tabancasından çıkan bir elektron anında bir dizi üst üste binmiş olasılık dalgasına, üst üste binmiş durumlara çözülüyor. Elektronu belli bir yerde bulma (bunu istediğimizi varsayalım) olasılığı ilgili dalga fonksiyonunun değerinin mutlak karesiyle belirlenir. Dalgalar deneydeki her iki delikten de geçip birbirleriyle girişerek yeni bir üst üste binmiş durumu oluşturur; bu da deneyle ilgili bilgiyi (iki yarık/deliğin düzenlenişini) taşıyacaktır. Yani, artık elektronun belli bir yerde bulunma şansıyla ilgili yeni bir bilgi kümesi bulunacak. Deneyin bu tarafındaki dedektör ekranının yaptığına kuantum sisteminde bir ölçme denilebilir. Bu noktada durumların üst üste binmesini temsil eden dalga fonksiyonu çöker ve elektron ekranda belli bir noktada gerçek bir parçacık olur. Ama bu tam belirli durumda kalmaz ve yeni bir üst üste binme durumu vermek üzere ölçme yapılır yapılmaz (gene bir olasılıklar takımı vermek üzere) çözülmeye başlar.

Heinz Pagels'in (New York Bilimler Akademisinin başkanıyken) *Cosmic Code* adlı kitabında ifade ettiği gibi, Kopenhag yorumuna göre "bir elektronun uzayda belli bir noktadaki (örneğin iki delikten birisinde) nesnel varlığının gerçek gözlemden bağımsız olarak pek bir anlamı yok. Elektronun gerçek bir nesne olarak varoluşa sıçraması yalnızca gözlenmeyle olur" ve "gerçeklik kısmen gözlemciyle yaratılır."




***Kopenhag yorumu.*** *Sağduyumuz bize bir elektronun, nerede olduğunu bilmesek de belli bir konumu olduğunu söylüyor (A). Kopenhag yorumu elektronun kutuyu dolduran bir dalga olduğunu söyler, kutunun içinde herhangi bir yerde olabilir (B). Elektrona baktığımız anda dalga fonksiyonu belli bir yere çöker (A). Sağduyumuz kutuya hiç bakmadan bir bölme soksak elektronun kutunun bir yarısında olduğunu söylüyor (C). Kopenhag yorumu ise biz bakmadıkça elektron bölmelerin her ikisinde de bulunabilir (D) ama içine baktığımızda duvarın bir yanına çökecektir (C). Bakmadığımız kadar, eğer yarımları birbirlerinden çok uzaklara taşıdığımızda dalga hâlâ her iki kutuyu doldurmaktadır (E). Kutular arası, ışık yıllarınca uzaksa bile birisine baktığımızda elektron dalga fonksiyonu anında çökecek ve hangi yarımda olacağına elektron "karar verecektir" (F).*

Kopenhag yorumu denilen şey şu fikirler huzmesidir: belirsizlik, tamamlayıcılık, olasılık, dalga fonksiyonunun sistem bir gözlemci tarafından dürtüklendiğinde çökmesi. Erwin Schrödinger, dalga fonksiyonunun kaçırılarak yarı gizemli olasılık dalgasına dönüştürüldüğünü gördüğünde "Hiç hoşlanmadım, keşke bununla hiç ilgim olmasaydı" demişti. Bkz. ***kuantum yorumları.***

**korunum yasaları//conservation laws//** Bir niceliğin toplam büyüklüğünün bir etkileşme sırasında değişmeyeceğini söyleyen yasalar. Örneğin elektrik yükü böyle bir korunum yasasına uyduğundan bir nötron, bir proton ve bir elektrona bozunduğunda (bir de karşı-nöt-

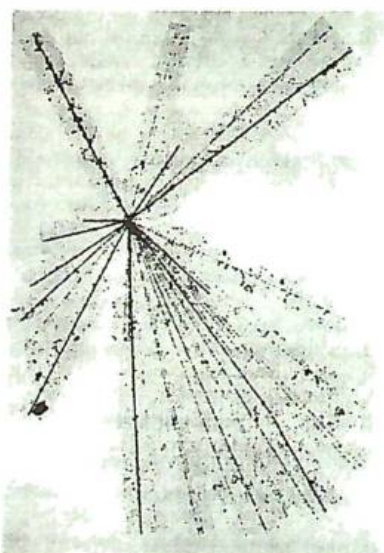
rino) sıfır net yükle başlar ve bir birim artı yük ve bir birim de eksi yükle biter; bunlar da birbirlerini tamamen götürür. Başka hususları bir yana bırakırsak, bir nötron bir proton bir elektron ve bir pozitrona bozunamaz, çünkü sonuçtaki net yük +1 olacak; bu ise nötronun başlangıçtaki sıfır yükü dengeleyemez. İlk anlaşılan korunum yasalarının başında momentum korunumu gelir Bkz. ***değişmezlik.***

**kovalent bağ (değerlik paylı bağ)//covalent bond//** Bkz. ***kimyasal bağ.***

**kovuk ışıması/ışınımı//cavity radiation//** Bkz. ***kara cisim ışınımı/ışıması.***

**kozmik ışınlar//cosmic rays//** Uzaydan gelen –elektron ve protonlar dahil– enerjik parçacıklar (birincil kozmik ışınlar). Bunların bir kısmı atmosferdeki atomların çekirdekleriyle etkileşerek, *D*ünya yüzeyine nüfuz eden ***mezon***ların baskın olduğu ikincil kozmik ışın sağanakları doğururlar. Birincil kozmik ışınların da bir kısmı yüzeye erişir. Parçacık hızlandırıcıları geliştirilmeden önce fizikçilerin araştırmaları için biricik yüksek enerjili parçacık kaynağı olup (pozitron böyle bulundu) bu araştırmaların doruk yaptığı 1920'lerde ve 1930'larda Robert Millikan (bu ışınlara "kozmik ışın" adını o koymuştu) gibi öncüler dağ tepelerine tırmanarak atmosferin üstlerine yaklaşıp dedektörlerini kurarak veya daha da yüksek irtifalara insansız balonlarla göndererek çalışıyorlardı.

Kozmik ışınların ipuçlarını ilk önce 1910'da Theodor Wulf Eiffel Kulesinin dibine ve tepesine koyduğu birer erken dönem dedektörle



*Fotoğraf emülsiyonundaki izler bir kozmik ışının (burada bir magnezyum çekirdeği) sol üstten gelip emülsiyondaki brom çekirdeğiyle çarpışıp çekirdekler paralanırken birçok parçacık (çoğu proton) püskürtüyor.*

doğal ardalan ışınımlarını ölçtü ve tepedekinin daha yüksek olduğunu buldu. 1911 ve 1912'de de Avusturyalı Victor Hess insanlı balon uçuşlarıyla 5000 m yükseklikte ışınım şiddetinin deniz düzeyindekinden beş kat yüksek olduğunu gösterdi ve bu konu 1920'lerde insansız balonlar ve Geiger sayacı gibi gelişkin dedektörler sayesinde yüksek irtifa çalışmalarının gelişmesiyle çabucak ilerledi.

**kozmik sicim//cosmic string//** Büyük Patlamadan arta kalan ve içinde Evrenin doğduğu varsayımsal varlıklar. Evren süpersıcak bir durumdan başlayan bir süper kuvvetten faz geçişi denilen süreçle soğurken donarak çeşitli doğa kuvvetlerine dönüşür. Bu, demir gibi bir ferromanyetik malzemenin yüksek (Curie noktası sıcaklığın üstünde) sıcaklıkta mıknatıslığı yokken, soğurken Curie noktasında birdenbire olan faz geçişiyle mıknatıslanmasına benzer. Demir tekdüze bir manyetik yönelim göstermeyip farklı farklı manyetik yörelere bölünür. Her bir yörenin kendi manyetik yönelimi (kendi kuzey ve güney kutupları) varken komşularının yönelimleri bambaşka olabilir. Yöreler kusur denilen keskin duvarlarla ayrılmıştır. Kozmik sicimler de, Büyük Patlamanın ilk aşamalarında Evren daha $10^{-35}$ saniyelikken ferromanyetik malzemelerde yöre duvarlarının kusurlarına topolojik olarak benzer şekilde oluşmuş olabilirler.

Kozmik sicimi anlamanın en basit şekli onu, Evren $10^{-35}$ saniyelikken enerjiyle dolu minicik (çapı bakımından) bir tüp olarak düşünmektir. Böyle sicimlerin uçları açık olamaz yoksa enerji dışarı sızar. Dolayısıyla ya kapalı halkalar şeklinde olurlar ya da bütün Evren boyunca uzanırlar. Sicimlerin çapı bir atom çekirdeğinin $10^{-14}$'ü kadar olsa da içerdiği enerji öylesine büyüktür ki bir metrelik parçasının kütlesi *D*ünya'nınki kadardır. Birkaç yüz ışık yılı çapında bir halka, erken Evrende bir gökada oluşturacak bir gaz bulutunu tutuklayabilecek kadar yeğin kütleçekim alanı için bir "tohum" sağlayabilir. Ancak ne yazık ki kozmik sicimlerin varlığını gösteren hiçbir doğrudan delil yok.

**kozmoloji//cosmology//** Bkz. ***kuantum kozmolojisi.***

**kozmolojik sabit//cosmological constant//** İlksel bir süperkuvvetin, bugün bildiğimiz dört doğa kuvvetine ayrılmasıyla ilişkili kimi kuramlarda doğal olarak çıkan bir itme kuvveti (bir tür karşı-kütleçekim). Bu kozmolojik sabitin etkisi; Evreni, ilk anı içinde, kendisi sönüp yok olmadan aşırı derecede çabuk (üstel) genleştirip (şişme olarak bilinir) yerini şimdilerde görülen daha dingin genleşmeye bırakmaktır.

**KREDİ//QCD//** Bkz. ***kuantum renkdinamiği.***

**kristal top//crystal ball//** *SLAC*'taki bir küresel parçacık dedektörü olup parçacık etkileşmelerinden çıkanları saptamak için sodyum iyodür kristalleri kullanır.

**kritik kütle//critical mass//** Belli bir radyoaktif maddenin, kendi kendisini sürdüren zincirleme tepkimeyi gerçekleştirebilmesi için gerekli en küçük kütlesi. Uranyum-235 için kritik kütle 16 kg olup 12 cm çaplı bir küreye karşılık gelir.

**kritik tepkime//critical reaction//** Bkz. ***zincirleme tepkime.***

**Kronig, Ralph de Laer (1904-1995)** Elektron ***spin***i fikrini 1925'te ilk düşünen ancak görüştüğü ve hepsi bu fikre kuşkuyla bakan ***Wolfgang Pauli, Werner Heisenberg*** ve ***Hendrik Kramers*** tarafından yayımlamaktan caydırılan fizikçi. Bu da yolu ***Samuel Goudsmit*** ve ***George Uhlenbeck***'e bırakmış oldu; anlaşılan uzmanların görüşüne güvenmek her zaman doğru değilmiş. Nobel Komitesinin Goudsmit ile Uhlenbeck'in yaptıklarını değerlendirmemesinin sebebini, bu fikri, yayımlanmamış olsa da ilk Kronig'in düşünmüş olmasına bağlayanlar var. Kronig bu fikrin yanı sıra matematik ve fizikte önemli katkılar yapmıştır. Fizikte en çok bilinen katkısı kristallerin kuantumsal (elektronik) davranışlarının anlaşılmasında büyük yararı görülen Kronig-Penney Modelidir.

**kuantum aşçılık//quantum cookery//** Kuantum denklemlerinin (***Erwin Schrödinger***'in dalga denklemi gibi) kuantum varlıklarına ilişkin problemleri çözmek için, aldırmadan ve kuantum dünyasında neler olduğuna ve denklemlerin aslında ne anlama geldiklerini anlamadan tarifler olarak kullanılması.

**kuantum nokta//quantum dot//** Bkz. ***kuantum bilgisayarı.***

**kuantum şifreleme//quantum cryptogrphy//** Kırılamayan bir şifre yaratmak için kuantum fiziğinin kullanılması. Bir rasgele sayı takımını "anahtar" olarak kullanıp iletilecek metin sayılara dönüştürülür (basitçe A harfini 1, B'yi 2 vb şekilde göstermek gibi). Önceden saptanmış bir rasgele sayı kitabının önceden saptanmış bir sayfasından seçilen rasgele sayılar ileti gönderilmeden ona karşılık gelen sayılara eklenir. Diğer uçta da aynı rasgele sayılar kitabı bulunduğu ve ilgili sayfa bilindiğinden iletiyi çözmek için hangi sayıların çıkartılacağını bilerek metni elde eder.

Bunun bityeniği ise elinde rasgele sayılar kitabı olan herhangi birinin bunu yapabilmesi. Bu yüzden alıcıya hangi kitabın kullanılacağını

bildirmenin bir yolu olabilmeli. Kuantum şifrelemede rasgele sayıların kendileri kuantum biçimlerinde, örneğin ***kutuplanmış foton*** akışı olarak gönderiliyor. Üçüncü kişilerin araya sızabilmesinin tek yolu fotonların ***kutuplanma***sını okumalarıdır; bu kutuplanmayı değiştireceği için sızanı iş üstünde yakalatır. Hatta sızma sürecinin kuantum bilgi karıştırması böylece iletinin okunamaz hale gelmesi de mümkün. Bu teknik işe yarıyor ama uzun süre yalnız laboratuar ölçeğindeyken 2007'den beri ciddi kullanıma girebilmiştir.

**kuantum//quantum//** Bir ad olarak kullanıldığında bir şeyin sahip olabileceği en küçük miktarı (Latince aslı zaten "miktar" demektir). Örneğin elektrik yükü, temel birimi olan yük kuantumunun tam katları olarak bulunuyor. Genel amaçlarda bu yük kuantumu büyüklük bakımından elektronun yükünün büyüklüğüne eşittir. Özgür bir kuark hiç gözlenmemişse de kuarkların temel yükleri bunun 1/3'ü olarak düşünülebilir. Bkz. ***kuantumlama***.

**kuantum alan kuramı//quantum field theory//** Dediği neyse tam o, yani ***alan***ların ***kuantum*** kuramı. İlk karşılaşıldığında bu teknik terim ürkütücü gelebilir ama kavramsal olarak kuantum alan kuramı çok basittir (hesaplamalarındaki matematiği pek de basit değildir, ki burada bununla uğraşmayacağız).

Klasik fizikte alanlar bir nesneden uzanarak yaygınlaşan ve bir kuvvet aktaran bir şeydir (klasik fizikte yalnız iki kuvvet bulunur, kütleçekim ve elektromanyetizma). Kuvvet alandaki çırpıntılar ya da dalgalar olarak betimlenebilir. Ama kuantum fiziğinde dalgaların parçacıklar cinsinden betimlendiğini biliyoruz (bkz. ***dalga-parçacık ikiliği***). Böylece klasik anlamdaki kuvvet kavramı, diğer kuantum varlıkları arasında alınıp verilerek kuvvet taşıyan parçacıklar kavramıyla yer değiştirir. Bunun klasik örneği elektromanyetik kuvvete aracı olan ***foton***dur. Üç ***aracı vektör bozon*** zayıf kuvveti ve sekiz ***gluon*** da ***kuark***lar arasındaki ***renk kuvveti***ni taşır. Kütleçekim kuvvetinin taşıyıcısı olan ***graviton***lar henüz doğrudan doğruya gözlenemediler.

Bu kuvvet taşıyıcılarının hiçbirisi bu işi yaparlarken saptanamazlar, hepsi ***sanal parçacıklar*** olup örneğin kabarcık odalarında iz bırakamazlar; bıraksalardı iki başka kuantum varlığı arasında kuvveti taşıyamazlardı. Ama fotonlar da aracı vektör bozonları da enerjiden yapılabilirler ve böylece bağımsız parçacıklar (***bozon*** ailesinin üyeleri) olarak gözlenebilir yapılabilirler; gluonlar ise özel nesneler olup tek başlarına bulunamıyorlar (bkz. ***kuantum renkdinamiği***).

Bu fikri genişleterek, madde parçacıkları olarak düşündüğümüz varlıklar da (elektronlar gibi) dalgalar şeklinde betimlenebilir. Bu dalgalar da (her parçacık için farklı) başka bir tür alandaki çırpıntılar, parçacıklar ise tıpkı kuvvet parçacıklarının olduğu gibi bu alanların kuantumları olarak betimleniyor. (Kuvvet taşıyıcıların alan kuramı fikri daha önce çıktığından madde parçacıklarının alan kuantumları olması fikrine "ikinci kuantumlanma" da deniliyor.) Kilit fark bu parçacıkların ***fermiyonlar*** olmasında; dolayısıyla bunlar başka tür bir alanla betimlenirler ama ilke aynı. Kuantum alan kuramında düşünülmesi gereken *yalnızca* alanlar olup tüm parçacıklar ister elektron gibi madde parçacıkları, ister foton gibi kuvvet taşıyıcıları olsunlar, ilgili alanların uyarılmış durumları, yani alan kuantumlarıdır.

**kuantum sıçramaları//quantum leaps//** Kuantum sıçramasının önemli özelliği bunun kuantum durumları arasında süreksiz geçiş olmasıdır. Örneğin bir ***atom***un bir ***enerji düzeyi***nin "içindeki" bir elektron bir anda enerji salarak ya da soğurarak bir diğer düzeye atlar. Hiçbir *aradaki durum* olmadığı gibi atlamanın olması için zaman da geçmez.

***Planck sabiti*** çok küçük olduğundan bu geçişler esasta yalnızca çok küçük ölçeklerde olur. Dünyanın bize pürüzsüz ve sürekli görünmesinin sebebi budur (bkz. ***kara cisim ışıması***). Ayrıca bunlar, kuantum varlığına olasılığın kesin kurallarına uyarak sunulan seçeneklerden seçilerek gelişigüzel gerçekleşir. Yani bir sistemdeki bir kuantum sıçraması çok küçük ölçekte ve rastgele olmakta. Bu da kimilerinin bu terimi kullanışlarını amaçlanandan farklı bir görünüme koymaktadır.

**kuantum sıçraması//quantum leap//** Kuantum sıçramasının önemli özelliği bunun kuantum durumları arasındaki süreksiz geçiş olmasıdır. Örneğin bir atomun bir kuantum düzeyinde "bulunan" bir elektron ansızın bir diğer enerji düzeyine atlar ve bu sırada enerji salıp soğurur. Ancak arada başka bir duruma uğramadığı gibi atlama gerçekleşirken hiç süre geçmez.

***Planck sabiti*** çok küçük olduğundan bu geçişler gerçekte yalnızca çok küçük bir ölçekte gerçekleşir. Dünyanın bize pürüzsüz ve sürekli görünüşünün sebebi budur (bkz. ***kara cisim ışıması***). Bunlar üstelik kuantum varlıklarına elverişli seçeneklerden gelişigüzel seçerek, olasılığın kesin kurallarına uyarak gerçekleşirler. Demek ki bir kuantum sıçraması bir sistemde birdenbire olan bir değişiklik olup çok küçük bir ölçekte ve rastgele gerçekleşir. Bu da, bu terimi, kimi reklamcıların reklamlarında amaçladıkları savlarından bambaşka bir görünüme sokmaktadır.

**kuantum belirsizliği//quantum uncertainty//** Bkz. ***belirsizlik.***

**kuantum bilgisayarı//quantum computers//** Kuantum ilkeleri çerçevesinde işlemek üzere önerilen bilgisayarlar. Bunların, en uçuk yaratılışlarında *çoklu dünya yorumu*nun almaşık gerçekliklerinin çok büyük (sonsuz olma potansiyeliyle) sayılarda bilgisayarın birlikte çalışarak problemlerin sıradan bilgisayarlarda aldığı sürenin bir kesri içinde çözebileceği beklenmekte.

Bu bilimkurgu gibi senaryo kısmen, başarısı kanıtlanmış paralel işleme düzeneğinden geliyor. Bu düzenekte birçok bilgisayar işlemcisi bağlanarak problemin değişik yanları üzerinde çalışır. Örneğin bir öbekteki 1000 yıldızın karşılıklı kütleçekim etkileşmelerinin etkisi altındaki yörüngeleri hesaplanmak istendiğinde bunun bir yolu 999 yıldızı kımıldatmayıp kalan yıldız üzerindeki kuvvetleri hesaplanır bunun doğurduğu ufak bir devinme bulunur; sonra bunu durdurup yeni kuvvet düzeninde diğerlerinden birisi devindirilir ve böyle sürdürüp gidilir.

Paralel işlem çalışıyor. Bu 1980'lerde Cambridge, Massachussets'deki Danny Hillis ve Thinking Machines (düşünen makineler) Corporation'daki çalışdaşları tarafından geliştirildi. Adı üstünde Thinkig Machines ilk başta yapay zekâyla ilgileniyordu (hâlâ da öyle). Aslında fizik problemlerinin çözümlerinde paralel işlemenin gücünün değerini ilk fark eden ***Richard Feynman*** olmuştu. Oğlu Carl, Thinking Machines'de çalışırken, kendisi de 1980'lerin ortalarında orada danışmanlık yapmıştı. 1982'de de kuantum ilkeleriyle çalışacak bir bilgisayar olabileceğine ilk işaret eden Richard Feynman'dı. Dahası bir kuantum bilgisayarının "evrensel kuantum benzeşimcisi" olarak davranabileceğini de savlamıştı. Bu, herhangi bir kuantum sisteminin davranışını, sıradan mantık kuralları yerine kuantum dünyasının kurallarını izleyerek benzeşimleyecekti. Bu savın doğru olduğu ancak 1996'da MIT'den Seth Lloyd tarafından kanıtlanarak kuantum bilgisayarları dahil çeşitli kuantum sistemlerinin, dinamikleri yerel etkileşmelerle belirlenen gelişigüzel kuantum sistemlerinin davranışlarını benzeştirecek şekilde "programlanabileceğini" gösterdi (*Science*, c. 273, s. 1073, 1996).

Kanıtı çok teknik olup böyle bir makinenin yapılması şimdilik uzak görünse de çabalamaya değer görülüyor; Lloyd'un açıklamalarına göre otuz-kırk kuantum bitlik bir bilgisayar yirmi-otuz adımlık benzetişim için klasik bir bilgisayarda ***Avogadro sayısı*** kadar bellek birimi ve işlem gerektirecektir. Dolayısıyla bu gibi sistemler bize ku-

antum dünyasında neler olduğunu anlamamız için en yüksek umudu verebilecektir. Son yıllarda bu konuda yapılan ciddi ilerlemeler 20 yıla kadar sonuç alınabileceği yönünde.

Her zamanki gibi, kuantum bilgi işlemenin ne olduğuna (özellikle Oxford Üniversitesinden David Deutsch'un heyecanla önayak olduğu kuantum paralelciliği) ilişkin bir sezgi edinmek için en iyi benzetişim *çift yarık deneyi*dir. Deutsch; tek bir fotonun deneydeki her iki hattan birden gidişiyle aynı şekilde, tek bir kuantum bilgisayarının paralel evrenlerdeki tüm mümkün hatlar boyunca hesaplayabileceğini öneriyordu (***yol integrali***ne de bakınız; ancak kuantum bilgisayarı yandaşları, çoklu dünyalar yorumunun dilini kullansalar da her şey yol integrali yöntemiyle eşit kolaylıkla betimlenebiliyor, yani bir kuantum bilgisayarında olanlar ile ışık ışınları ve benzerlerinin gerçek kuantum dünyasında olanların yakın benzerlikleri apaçık ortaya çıkıyor).

Tüm çağdaş bilgisayarların özünde şöyle ya da böyle iki bazlı anahtarların –bilgi depolamak ve işlemekte bir dizi bir ve sıfır ("açık" ve "kapalı" konumları için)– kullanımı yatıyor. Bir kuantum bilgisayarında bu bir atomdaki elektronun 0'ı (elektron taban durumunda) ya da 1'i (elektron uyarılmış durumda) göstermesi olabilir. Elektronu uyarmanın bir yolu, üzerine bir lazer ışığı tutmak olur ama ışık tam gerektiği kadar uzun süre tutulursa üst üste binmiş durumlar yaratır ve elektronun temsil ettiği kuantum noktasının 1 ya da 0 göstermesinin şansı 50-50'dir (bkz. ***Schrödinger'in kedisi***). Çoklu dünya yorumunda ise bunun anlamı bir dünyada kuantum noktasının 1'e, diğer dünyada ise 0'a kurulmasıdır. Bu basit fikri genişletmek (iyice!), bir kerede tüm olabilirlikleri birden hesaplamakta olan tek bir bilgisayar hayalini doğurmaktadır (örneğin, her birisi tek bir yıldızın yörüngesini hesaplayan bin durumun üst üste binmesi). Tabii ki tüm değişik çözümler değişik gerçekliklerde bulunup ancak birbirleriyle girişiklerinde bize görünürler, tıpkı çift yarık deneyinde asıl gördüğümüz şeyin son ekrandaki ***girişim*** deseni olması gibi. Kendi dünyamızdaki kuantum bilgisayarının ekranında göreceğimiz ise bu tür bir girişimin, bilgisayar üzerindeki çabaların meyvesini ve paralel gerçekliklerdeki tüm hayaletleri temsil eden sonucu olacaktır.

Böyle bir aygıt ancak AT&T Bell Laboratuarlarından Peter Shor'un keşfettiği bir özellik sayesinde kullanışlı olabilecektir. Shor, bir kuantum paralel bilgisayarın belli türlerde kırılması sanal olanaksız şifreleri kırmakta kullanılmasının mümkün olup olamayacağıyla ilgileniyordu. Bu şifreler çok büyük asal sayıların çarpılmasına dayanıp,

kırılmaları da ancak, çıkan çok daha büyük sayının çarpanlarına ayrılabilmesine bağlıdır. Bu, ilke bakımından yapılabilir ama çok yüksek güçlü sıradan bir bilgisayar gerektirdiği gibi, aylar hatta yıllar gerektirebilir. Shor 1994'te, 1990'ların ortalarından bir kişisel bilgisayardan daha güçlü olmayan bir kuantum bilgisayarının bunu birkaç saniyede çözebileceğini gösterdi. Şunu kanıtladı: kuantum paralelciliği işe yarıyorsa o zaman almaşık gerçekliklerdeki tüm hayalet bilgisayarlar problem üzerinde birlikte çalışırlar, yapılan her birinin bir sayı tutarak bunun büyük sayının bir çarpanı olup olmadığını aramak; tüm yanlış tahminler ise yıkıcı girişimle birbirlerini götürür. Yalnızca doğru yanıta giden kuantum gerçekliklerinden geçen hatlar birbirlerini pekiştirir ve birleşerek problemin gerçek dünya olarak gördüğümüz tek çözüme götürür.

Bu eldeki problem için makinenin (belki, kuantum noktası olan elektronların tutulduğu kristallerdeki kusurlardan ileri gelen) hatalar yapmasının bir önemi yok. Bu, doğru yanıtı bin kerede bir kez bulsa bile, o denli hızlıdır ki bin kere çalıştırılıp sırf çıkan sonuçları çarparak doğru yanıtın hangi büyük sayı olduğu kısa sürede bulunabilir!

Böylesine besbelli askeri/siyasal/endüstriyel casusluk uygulamaları olunca kuantum bilgisayarı araştırmalarının süreceği kesindir. Bunlar yakında gerçekleşebilecek hakiki olabilirliklerdir. Japon bilgisayar endüstrisi bu (tünelleme gibi) kuantum etkilerini, bildik bilgisayarları daha etkinleşmede kullanmak için çalışmaktadır. Buradan gerçek bir kuantum bilgisayarına geçiş için küçük bir adım kalabilecek.

**kuantum cebiri//quantum algebra//** Kuantum mekaniğinin *Paul Dirac* tarafından, ***Heisenberg***'in, kuantum varlıklarının sıra değiştirmeyen değişkenlerle betimlenebileceğini (bkz. ***Abelyen grup***) fark etme başarısını öğrendikten sonra 1925'te geliştirdiği tarzı. Dirac, bunun kuantum dünyasının anlaşılması için temel olduğunu ve bu gibi varlıkların matrislerle gösterilebileceğini Göttingen grubundan bağımsız olarak fark etti. Dirac tarzı da kuantum mekaniğinin hem matris mekaniğinden hem de dalga mekaniğinden farklı bir matematiksel biçimlenmesi var ama sonradan, teması üzerine diğer iki çeşitlemeyi de içinde barındırdığı gösterildi. Dirac tarzında da ***klasik mekanik***; tıpkı matris mekaniğindeki gibi kuantum mekaniğinde ***Planck sabiti*** sıfır alındığında ya da ***kuantum sayı***larının büyük değerleri için bir özel hal olarak içeriliyor.

Kuantum cebiri Dirac'ın "*q* sayıları"[191] dediği varlıklarla işlem yapmayı içeriyor. Bunun, sıradan dünyanın standartları ölçüsünde tuhaf özellikleri bulunuyor; örneğin *a* ve *b* gibi iki sayıdan hangisinin büyük olduğunu söyleme olanağı yok, kuantum cebirinde sayıların birbirlerine göre büyük ya da küçük olma kavramı bulunmuyor. Ama kuantum teması üzerine diğer çeşitlemelerde de olduğu gibi bu matematiksel sistemin kuralları atomik süreçlerin davranışıyla ilgili gözlemlerle uyuşuyor. Dirac, özel görelilik kuramının etkilerini de ekleyerek denklemlerin başka şeylerin yanı sıra atomların ışık saldıklarında geri teptiklerini de önsöysüdüğünü buldu (bkz. ***Compton olayı***). Kuram, daha başından bir de buçuklu spin kuantum sayılarını içeriyordu ve Dirac'ın daha sonra karşı-***madde*** fikrini geliştirmesi kuantum cebirini kullanarak olmuştu. Dirac'ın anahtar kuantum cebiri makalesi 1925 bitmeden gönderilen Heisenberg, övgüsünde cömertti:

> Kuantum mekaniği üzerine güzelim makaleni büyük ilgiyle okudum. Sonuçlarının hepsinin doğru olduğundan kuşkum yok... [Makale] bizim buradaki girişimlerimizden, gerçekten de daha iyi yazılmış ve daha derli toplu.

Yazık ki 1926'dan sonraki yıllarda fizikçilerin çoğu, ***Erwin Schrödinger***'in dalga mekaniğinin (ki aslında kuantum dünyasının tuhaflığını örterek asıl anlaşılırlığını onyıllarca geciktirdi) açıkça rahat gelen tanıdıklığının[192] ayartıcılığıyla kuantum cebiri (hatta matris mekaniği) yaklaşımından uzaklaştılar.

**kuantum çırpıntısı//kuantum fluctuation//** Enerjili parçacıkların ***kuantum belirsizliği***nin izin vermesiyle geçici olarak yoktan var olması. Klasik örneği *çift oluşumu*dur. Bkz. ***vakum çalkalanması***. Burada "geçici" demekle insan ölçülerinde kısa ömürlü (gene de çoğunlukla öyledir) denmek istenmiyor; bütün Evrenin bile bir kuantum çalkalanması olarak yoktan var olması ve birkaç milyar yıl içinde yok olması mümkün. Bkz. ***kuantum kozmolojisi***.

**kuantum elektrodinamiği, KEDİ//quantum electrodynamics, QED//** Elektrik yüklü parçacıkların birbirleriyle ve manyetik alanlarla foton değiş tokuşuyla nasıl etkileştiklerini betimleyen kuram. Kısa adıyla KEDİ,[193] kuantum fiziğinin tacındaki mücevher olup deneysel olarak virgülden sonra çok sayıda haneye dek sınanmış ve hepsinden geçmiştir.

KEDİ, fotonlarla (ışık) yüklü parçacıkları, özellikle de elektronları ilgilendiren tüm etkileşmeleri betimler. Atom ve moleküller arasın-

daki etkileşmeler elektronların çekirdekleri çevreleyen bulutlardaki düzenine bağlı olduğundan atom ve moleküller arasındaki kuvvetler elektrik kuvvetleridir. Dolayısıyla bütün kimyayı açıklamak için tek gereken KEDİ'dir. Bu, yayların nasıl uzadığını, dinamitin nasıl patladığını, göğün neden mavi olduğu ve gözünüzün nasıl çalıştığını açıklamakta. Bu, ***Richard Feynman***'ın aynı konudaki kitabının alt başlığı gibi ışık ile –çok büyük maddelerin etkileşmelerini açıklamakta kütleçekimin de gerekli olduğu düşünüldüğünde– günlük yaşamdaki anlamıyla maddenin kuramıdır. Çekirdeğin dışına çıkıldığında atomlar ölçeğinde ve üstünde etkili olan hep KEDİ ve kütleçekimdir.

KEDİ'nin kökleri 1930'larda ***Hans Bethe*** ile ***Enrico Fermi***'nin yüklü parçacıkların arasındaki etkileşmenin fotonlar aracılığıyla olması şeklinde betimlenebileceğini (1932'de) önermelerine gider. Bir fotonun fiziksel olarak bir çift yüklü parçacığa dönüşmesi olan *çift oluşumu* da ışık ve madde arasındaki yakın bağları gösterirken ***Paul Dirac***'ı (ve diğerlerini) KEDİ'nin, ***pozitron***ların bir negatif enerjili elektron denizindeki "deşikler" olduğu fikrine dayanan bir türünü geliştirmeye yönlendirdi. Bunun korkunç karmaşık ve sonsuzluklarla zedelenmiş olduğu anlaşıldığı gibi bu fikirlerle yürüyen çalışmalar İkinci Dünya Savaşıyla kısır kaldı. Yine de ***Hideki Yukawa***'nın 1935'te, yeğin çekirdek kuvvetlerine bozon değiş tokuşunun aracılık ettiğini önermesinin KEDİ benzeşmesine dayanmasının otuz yıl kadar sonra ***kuantum renkdinamiği***nin modern KEDİ ile benzeşmesini düşündürmesi ilginçtir.

Artık KEDİ olarak bilinen şey 1940'ların ortalarından sonlarına kadar üç büyük fizikçi tarafından bağımsız olarak geliştirildi. İkisi, ABD'de ***Julian Schwinger*** ve Japonya'da *Şin-İtiro Tomonaga* kuantum mekaniğinin o sıralardaki geleneksel matematiksel yapısını ve 1930'daki yaklaşımıyla; üçüncüsü olan Richard Feynman ise bütünüyle farklı bir yaklaşım kullandı. Bu, olup bitenler için daha iyi bir fiziksel kavrayış getirdiği gibi Feynman diyagramları yardımıyla KEDİ'deki problemlerin çözümü için çok daha güçlü bir hesap aracı sağladı. (Aslında kuantum mekaniğini sıfırdan başlayıp yeniden yaratarak bütün işi çok daha berraklaştırdı ve klasik mekanikle nasıl ilişkilendiğini gösterdi.) Feynman'ın yaklaşımına yoğunlaşacağız ama matematiğinin derinliğine inmeyeceğiz.

KEDİ'nin, 1940'larda geliştirildiği sıralardaki güç ve önemini görmenin en açık seçik yolu deneysel bulmacalara nasıl çözüm bulduğuna bakmaktır. 1947'nin başlarında Columbia Üniversitesinden ***Willis Lamb*** ve çalışdaşı Robert Retherford hidrojen tayfında ***Lamb kayma-***

*sı*nı gözlediler; hidrojen atomundaki elektronun çeşitli kuantum durumlarının enerji düzeyleri arasındaki açıklığı ölçmekteydiler. Elektronun Dirac kuramına göre elektronun belli iki durumun ikisinde de enerji değerleri özdeş olmalıyken Lamb bu iki kuantum düzeyinden birisinin enerjisinin diğerininkinden azıcık büyük olduğunu dolayısıyla bu iki enerji düzeyi arasında minicik bir fark olduğunu buldu. Tam o sıralarda ***Isidor Rabi*** de elektronun ***manyetik moment***inin çok keskin ve tam bir ölçümünü yapmıştı ki bunun da KEDİ'nin geliştirilmesinde anahtar bir rolü oldu.

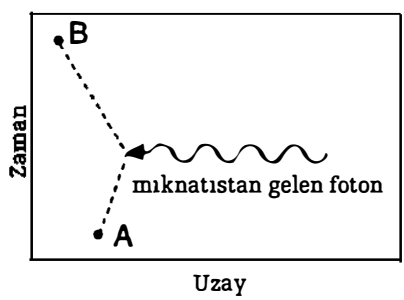
***Lamb kayması***nın keşfi, Dirac kuramının tamamlanmamış olduğunu gösteriyordu. Ama bu gerçek bir sürpriz değildi çünkü fizikçiler Dirac kuramında (ve de klasik kuramda) elektronun ***kendisiyle etkileşmesi***nin sonsuz çıktığını zaten bilmekteydi. Bir elektron başka bir elektromanyetik alana (bir hidrojen atomunda protonla ilişkili alan gibi) yerleştirildiğinde bu enerji düzeylerinde sonsuz bir kaymaya, sonsuz bir Lamb kaymasına karşılık gelir. Kendisiyle etkileşmeyi yok saymak (ki bu, Lamb ve Retherford, Lamb kaymasını ölçene dek standart süreçti) hiç Lamb kayması vermeyecek, kendisiyle etkileşmeyi işin içine en belirgin şekilde katmak sonsuz Lamb kayması verecektir. Öyleyse küçük Lamb kaymasının ölçülmesi doğru yönde bir adım olmuştu. Lamb kaymasının ölçülmesi daha iyi bir KEDİ kuramında bulmaları gereken şeyin sıfır ya da sonsuz değil küçük, makul ve incelikle bilinen bir sayı olmalıydı. Feynman'ı, ***yol integrali*** ve ***Feynman diyagramlarına*** dayanan yeni fikirlerini (***Hans Bethe***'nin teşvikiyle) bu probleme uygulamaya yöneltti (bkz. ***faz***). Zorlukları sürdürüp duran sonsuzlukların arta kalanını gidermek için ***budama*** yardımıyla her şey çok güzel gitti. Schwinger kendi tekniğiyle eşdeğer sonuçlar elde etti ve bu her ikisine de doğru yolda olduklarında güven verdi. Bu arada her iki yaklaşımın (ve de Schwingwr'inkine benzeyen Tomonaga'nınkinin) matematiksel olarak eşdeğerliğini ***Freeman Dyson*** gösterdi ve bu atılımı 1949'daki bir makaleyle duyurdu.

KEDİ'nin, önsöyümlerinin keskinliğinin klasik örneği elektronun manyetik momentinin büyüklüğüdür (birçok başka örnek de var ama biri durumu saptamak için yeterli). Dirac kuramında bunun değeri birimlerin uygun seçimiyle tam 1 çıkıyor. Ama deneysel belirlenmesi 1,00115965221 (son hanede ±4 kadar belirsizlikle) verirken KEDİ'nin önsöyümü 1,00115965246 (son iki hanede ±20 kadar belirsizlikle). Kuram ve deney onuncu hanede bir birimlik yani yüzde 0,00000001 kadar

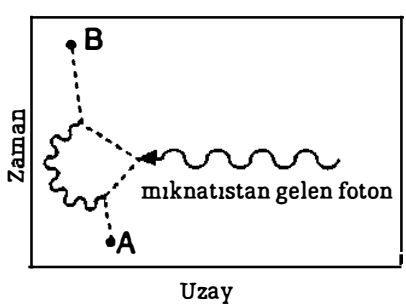
bir farkla uyuşmakta. Feynman *QED* (*KEDİ*) adlı kitabında bunun Los Angeles'tan New York'a uzaklığın bir saç kalınlığı hatayla ölçülmesine denk olduğunu söylüyor. Bu ayrıca Yeryüzünde bugüne dek yapılmış her türlü deney ve kuram arasında en keskin uyuşmayı göstermektedir. Size bu çarpıcı uyuma nasıl ulaşıldığına ve KEDİ'nin nasıl işlediğine ilişkin Feynman diyagramlarıyla bir fikir verebiliriz.

1988'deki bir röportajda (bkz. Jagdish Mehra, *The Beat of a Different Drum*) Feynman şunları vurgulamıştı:

> Diyagramlar fiziksel süreçleri ve bunları betimleyecek matematiksel bağıntıları göstermek için amaçlanmıştı. Her diyagram bir matematiksel bağıntıyı belirtiyor. Matematiksel nicelikler uzay ve zamandaki noktalarla ilişkili. Elektronların gittiklerini, bir noktada saçıldıklarını sonra bir diğer noktaya gidip orada saçıldığını ve bir foton salındığını fotonun da şuraya gittiğini görüyorum. Tüm bunların küçük resimlerini yapıyorum; bunlar matematiksel terimlerin fiziksel resimleri. Bu resimler zihnimde ancak zamanla evrildi ... fiziksel ve matematiksel olarak betimlemeye uğraştığım süreçler için stenografi oldu ... bu gülünç görünüşlü resimleri *Physical Review*'da[194] görmenin keyif vereceği düşüncesinin bilincindeydim.




*Kuantum elektrodinamiği 1. A'dan B'ye giden bir elektron mıknatıstan gelen bir fotonla etkileşiyor.*




*Kuantum elektrodinamiği 2. Daha incelikli bir düzeyde elektronun A'dan B'ye giderken sanal bir foton salarak kendisiyle etkileşirken onu hemen soğurması.*

Bu diyagramların önemli bir niteliği parçacıklar ile karşı-parçacıklara eşit muamele yapması. Bu, kuramın özel görelilik kuramının gereklerine uymasını kendiliğinden sağlama aldığı (Lorentz değişmezliği olması[195] demektir) gibi KEDİ'nin belası olan tekilliklerin doğasını da aydınlatır. Feynman diyagramlarıyla betimlenen etkileşmelerden doğan sonsuzlukların hep sonlulaştırılabileceğini ***Freeman Dyson*** göstermişti. Bu dramatik keşif, diğer fizikçileri Feynman'ın yolundan gitmeye ikna etmekte rol oynadı. Artık parçacık fiziğindeki yeni bir fikrin izlenmeye değer olup olmadığına karar vermek için ana ölçüt bunun sonlulaştırılıp sonlulaştırılamayacağı, yani Feynman diyagramlarıyla gösterilip gösterilemeyeceğidir. Böyle değilse hemen bırakılır (yani bir tek kuantum kütleçekim dışında; bunun ödülü öylesine yüksek ki fizikçiler yeniden boyutlandırmadaki büyük zorluklara karşın kuramı oluşturmaya ısrarla çabalıyorlar).

Matematiği bırakıp diyagramları nitel olarak kullanarak bir elektronun manyetik alanla etkileşmesini aşağıdaki ilk şekildeki gibi bir diyagramda betimleyebiliriz. Manyetik alandan gelen bir foton elektron tarafından soğurulur.

Aslında bu basit süreç Dirac kuramının Feynman tarzı olup eğer doğa bu kadar basit olsaydı elektronun manyetik momenti tamı tamına 1 olurdu. Böylesine basit, halkasız Feynman diyagramları parçacık ve alanların tamı tamına klasik davranışını betimler.

Ama elektronun kendisiyle etkileşmesi de olup bunda bir sanal foton salıp yeniden soğurarak diyagramda bir halka yapar. İkinci şekil bunun elektron manyetik alanla etkileşirken nasıl olabileceğini ve KEDİ'yi kullanarak manyetik moment üzerindeki etkisinin nasıl hesaplanabileceğini gösteriyor (tek bir Feynman diyagramının bu türdeki, olabilecek her etkileşmeyi gösterebileceğini hatırlayın). Bu, hesaplanan manyetik momenti 1'den azıcık büyük ve ölçülen değere yakın verir. İşte yeni kuramın fizikçilere güven vermesini 1940'larda hesabın bu basit biçimi sağladı.

Sonraki adım elektronun art arda iki foton salıp onları geri soğurmasıdır. Hesaplaması daha zor olup tamamlanması iki yıl aldı. Ama sağladığı önsöyüm manyetik momentin ölçülen değerine daha da yakın çıktı. Üç sanal foton içeren sürecin daha da karmaşık hesaplarının tamamlanması 1980'lerin ortalarını buldu ve yukarıda verdiğimiz değerleri[196] verdi. Kuram ile deney arasında çok daha keskin uyuşma olmaması dört, beş, altı ve daha çok sayıda sanal fotonu içeren süreçlerin etkilerinin katılmamasıdır. Ama teknik çok iyi işliyor –***tedirgeme***

***kuramı*** iş başında– çünkü düzeltmeler (bir sanal fotonun eklendiği) her aşamada daha da küçülüyor. Mertebesi ilerledikçe hesaplamanın deneysel değere "yakınsadığı" söylenir. (Bir kuantum kütleçekim kuramını bu yaklaşımla elde etmeye uğraşırken karşılaşılan sorunlardan birisi mertebeler ilerledikçe düzeltmelerin *büyüyerek* yakınsama yerine ıraksama doğurması yüzünden karmaşıklığın bir basamak artmasıyla bir öncekinden iyice farklı bir yanıt çıkmakta, böylece hesaplanan şeye belirgin bir önsöyüm bulunamıyor.)

Henüz hiç hesaplanamayan daha da karmaşıklıklar var ama bunlar diyagramlar yardımıyla Feynman yaklaşımının gücüne örnek olarak resimlenebilmektedir. Kuantum ***belirsizlik*** ilkesi sayesinde elektronun kendisiyle etkileşmesinde karşılaştığımız tek bir sanal elektron bile kendisini çok kısa bir süre için bir elektron-***pozitron*** çiftine (ya da başka bir ***sanal parçacık*** çiftine) dönüşebilirken bu çift de başka sanal süreçlere *karışabiliyor*. Aslında her "gerçek" elektron sürekli varlık ile yokluk arasında gidip gelen sanal foton ve başka varlıklardan oluşan bir köpük bulutuyla kuşatılmıştır. Elektronun bir ***yalın yük*** olarak davranmasını önleyerek kendisiyle etkileşmeyi sonsuzluktan Lamb kaymasından sorumlu küçük değere indiren işte elektronu çevreleyen bu sanal parçacık bulutudur.

Bu resim bütünüyle, gluonlar ve kuark ve dolayısıyla ***proton*** gibi ***hadron*** bulutlarıyla ***KREDİ***'ye taşınabilir. (Tabii ki protonun da yükü olduğundan onun da çevresinde sanal fotonlar ve ilgili varlıklar bulunuyor.) Protonun KREDİ kulanılarak hesaplanan manyetik moment değeri 2,7(±3)'nin karşılaştırılacağı deneysel değer 2,79275 [son ölçülere göre 2,792847350(±9)] bu fena değil ama KEDİ'ninkiyle kıyaslanamaz.

KEDİ'nin kalan büyük kavramsal sorunu yeniden boyutlandırma işi olup bunun işe yaramasının sebebi sırf bulunacak yanıtın ne olduğunun bilinmesi. Dirac bu fikirle hiç de mutlu değildi. Feynman "bu uçuk bir süreç!" demişti. Yine de işe yarıyor. Feynman'ın sözleriyle "neredeyse Doğadaki geniş tür çeşitlerinin tümü değişip duran sırf üç temel etkinin monotonluğundan gelmekte: fotonun bir yerden diğerine gitmesi, elektronun bir yerden diğerine gitmesi ve bir elektronun bir fotonla etkileşmesi."

Buradaki anahtar kelimenin "etkileşme" olduğunu vurgulamaya değer. İki elektron bir foton değiş tokuşuyla etkileştiğinde ya da bir elektron kendi kendisiyle bir foton salıp soğurarak etkileştiğinde sıradan dili kullanarak fotonun *önce* salındığını ve *sonra* soğurulduğunu söylemek çok doğal. Ama KEDİ'de bu olgunun sırasıyla ilgili hiçbir şey

yok; fotonun "gelecekte salındığını" ve "geçmişte soğurulduğunu" söylemeye yetkimiz var. "Zamanda ileri giden" bir elektron ile "zamanda geri giden" bir pozitron tamı tamına aynıdır. KEDİ zamanda bütünüyle simetriktir, tıpkı aslında bütün kuantum mekaniğinin de olduğu gibi. Bkz. ***işlemsel yorum***.

***Kuantum alan kuramı***nın diliyle KEDİ bir ***ayar kuramı*** olup simetrisi bir boyutlu üniter grup olan U(1)'dir (bkz. ***grup kuramı***). Bu ayar simetrisinin en ortadaki örneği elektrik potansiyelinin kendisinin anlamlı bir nicelik olmamasıdır; ölçülebilen tek şey potansiyel farkı. Bu ***simetri grubu***nun KEDİ'de hesaplamaları kolaylaştıran yanı basitliğidir.

Ek okuma: Richard Feynman, *Kuantum Elektrodinamiği* (*KEDİ*), 3. Baskı, Pan Yayınları 2010; John ve Mary Gribbin, *Richard Feynman: A life in Science*; Silvan Schweber, *QED and the Men who Made It*.

**kuantum fazı//kuantum phase//** Bkz. ***faz (kuantum)***.

**kuantum fiziği//quantum physics//** Dünyanın davranışını çok küçük ölçeklerde, atom ve moleküllerin ölçeklerinde ve altındaki davranışını betimleyen fizik. Kuantum dünyasının kuantum fiziğini adlandıran özelliği bu düzeydeki fiziksel olguların süreksiz olup ***kuantum atlamaları*** ile gerçekleşmesidir. Ama bu süreksiz sıçramalar çok küçüktür çünkü ***Planck sabiti*** çok küçüktür. Dolayısıyla mikroaltı düzeyde süren bu muazzam sayılardaki kuantum atlamaları bize değişmenin sürekli ve pürüzsüz olduğu bir dünya izlenimi vermekte.

Kuantum dünyasının başka kendisine özgü özellikleri de var. Bir kere şans yasalarına göre çalıştığından bir kuantum varlığı, el altındaki seçeneklerden birisini gelişigüzel seçer. Bu buluş Albert Einstein'ın öyle tersine gitmişti ki buna karşı inancını ünlü "Tanrı zar atmaz" diyerek belirtmişti. Ama kuantum dünyasının rastgeleliği sayısız deneyde kendisini gösteriyordu. Kuantum dünyası ***yerel olmamak***tan da etkilenmekte. Aynı sistemin parçaları olarak bir kere etkileşen iki kuantum varlığı artık hep dolanık kalırlar ve birbirlerinin durumundan ve bundaki olan her değişikliğin "farkına varırlar" (bkz. ***Aspect deneyi***). Ve de kuantum fiziğinin denklemlerinde geçmişi gelecekten ayırt ederek Evrende ***zaman oku***nu gösterecek hiçbir şey yoktur ama bu ***klasik mekanik*** ile paylaştığı son özelliktir.

Bu kitap bütünüyle kuantum fiziği üzerine olduğundan hepsini burada birkaç bin kelimeyle özetlemeye niyetim yok. Ama bu, kuantum mekaniğinin esrarlı olsa da işe yaradığını vurgulamak için iyi bir fır-

sat olarak görünüyor. Bu, yalnız fizikçilerin kendilerini eğlendirmek için oynadıkları oldukça soyut ve çapraşık kuramlar ve varsayımlar topluluğu değil, modern toplumun hazıra konduğu birçok yanını taşıyan çok başarılı pratik bir pakettir. Birkaç örneği şöyle.



*Kuantum fiziği. Günlük yaşamda kuantum fiziğine örnek: kütüphanedeki çizgili kod okuyucu, ilk Einstein'ın açıkladığı kuantum ilkeleri üzerine çalışan lazerden yararlanıyor.*

Kuantum fiziğinin evlerdeki en sıradan uygulama örneklerinden birisi ***lazer***dir. Hemen herkesin bir CD çalıcısı vardır. Bu, içinde bilgi (sözler, müzik, filimler vb) yüklenmiş olan bir diskin bir lazer ışınıyla taranmasıyla çalışır. Kuzeni ***mazer*** gibi lazer de temel kuantum fiziği ilkeleri üzerine kurulmuştur. Bunların başında atomlardan ışımanın uyartılmış salımı gelir. Albert Einstein 1916'da ***kendiliğinden salımı*** inceleyerek kuantum kuramının temel istatistiksel kurallarını (bunları yıllar sonra iğrenç bulacaktı) yerleştirirken daha sonra, uyarılmış bir atomun bir enerji kuantumu (foton) salarak taban durumuna geri gitmesinin aynı dalga boyundaki bir diğer fotonun varlığıyla tetiklenebileceğinin farkına varan ilk kişi olmuştu. Zincirleme tepkimedeki sıra sıra nötronlar gibi lazerler de bir dizi uyarılmış atomdan gelen sıra sıra fotonlardır.

Bu tema üzerine pek çok çeşitleme bulunuyor ama tümü aynı ilkeyi kullanır. Uyumsuz enerji (tüm fotonların karmakarışık çıkarak bir foton dalgalarının komşu atomlardan gelenlerin kimisiyle kısmen yeğinleştiği kısmen de söndüğü ışınım) atomları uyarır, lazer (ya da dalga boylarının daha uzun olduğu aynı yapı) düzeneği ise bu enerjiyi içindeki fotonların uygun adım gittiği (yani her dalga diğerleriyle yapıcı ***girişim*** yaparak yeğinleşir) uyumlu bir huzme halinde salar. Kimi lazerler arazi ölçümü için en elverişli "cetvel" olarak kimileri de sert cisimlerde delik açacak kısa süreli ve güçlü enerji darbeleri oluştururlar. Lazerli kesici aygıtlar mikrocerrahiden giyim sanayisinde kumaşları topluca kesmeye kadar kullanılır. Bunları market kasala-

rında ürünlerin çizgi kodlarını okurken de görürsünüz. Bunlar hep kuantum fiziğidir.

Nükleer enerji de, hem silah hem de güç üretimi olarak kuantum fiziğinin etkin uygulamalarından birisidir. ***Bölünme*** ile de uğraşsak ***kaynaşma*** ile de; ***tünelleme*** gibi süreçler, çekirdeklerin kendiliğinden ya da (örneğin bölünmeyle çalışan elektrik üreten santrallerde) dışarıdan bir darbeyle bozunma istatistiğiyle birlikte, can alıcı önemdedir.

Bilgisayarlara gelince; kuantum bilgisayarlarının egzotik gerçekleşme olasılığını kenara bıraksak da, çamaşır makinenizdeki devrelerden kişisel bilgisayarınıza ve dünyadaki en büyük elektronik süper beyine kadar tüm modern bilgisayarlar hep ***yarıiletkenler***in özelliklerine dayanıyor; bunlardaki iletkenlik elektronlarının özellikleri ise ***Fermi-Dirac istatistiği***ne dayanmakta. Gelecek kuşak bilgisayarlarının kullanacağı umulan bir diğer kuantum olgusu ise süperiletkenliktir (***Josepson kavşağ***ma da bakın).

Peki ya yaşam? Kuantum kimyası (aslında kimya bütünüyle) kuantum fiziğinin atom ve moleküller arasındaki etkileşmelerle ilgilenen dalıdır ki yaşam da kimyadan ibarettir. 20. yüzyılın ortalarında yaşam molekülü DNA molekülünün ve genetik şifrenin anlaşılmasındaki pek çok büyük ilerlemeyi yapanların (Erwin Schrödinger *What is Life*? adlı bir kitap yazmıştı) ve DNA'nın yapısını James Watson'la birlikte keşfeden ve büyük ölçüde anılan kitabın etkisiyle moleküler biyolojiye geçen Francis Crick'in, ve de kuantum fiziğine birçok katkısı varken genetik şifrenin çözümünde rolü olan ***George Gamow***'un fizik eğitimi görmüş olmaları kuantum kimyacısı ***Linus Pauling***'in de moleküler biyolojiye geçmesi şaşırtıcı değil. Genetik mühendisliği ve klonlama gibi sonraki gelişmelerin gerçekleşmesi DNA'nın nasıl işlediğinin anlaşılması sayesinde, o da kuantum fiziğinin biyolojiye doğrudan uygulanmasıyla gerçekleşti. Ama kuantum fiziğine geçip de bu alanda kendisini gösteren bir biyolog bilmiyorum. Bu sırf biyolojinin fizikten daha kolay olduğu için değil (hoş, havacılık mühendisi olarak eğitilmiş olan biyolog John Maynard Smith'e göre öyle) ama kuantum fiziğinin biyolojiden daha *temel* olmasından. Gerçekten de kuantum fiziği fenbiliminin olabileceği kadar temeldir.

Ama altını çizmeye değer ki bunların hepsi ***kuantum aşçılık***tan geliyor. Bilgisayar teknolojisi, lazerler, nükleer güç, genetik mühendisliği ve fazlası eminiz ki kuantum fiziğine dayanıyor; ama bunu yemek tarifeleri gibi yapıyor, yani ne demek olduğuna pek aldırış etmeden yararlanıyor. Sıradan bir kuantum makinisti kuantum fiziğinin felsefi

imalarına ve yorumlarına sıradan bir araba sürücüsünün arabanın motorunun içinde olup bitene aldırışından daha fazla aldırmaz. Çalıştığı kadar bunların tutumları "nasıl çalıştığını niye dert edeyim ki?" gibisinedir. Ama motorun içinde neler olduğunu öğrenmek isterseniz çift yarık deneyi girdisine bir bakın ve burnunuzun doğrusunda gidin.

**kuantum ışınlaması/taşınması//quantum teleportation//** Kuantum sisteminin mükemmel kopyalarının, "Uzay Yolu"nun ışınlama sisteminin stilinde ("Beni ışınla Scotty" gibi) uzay boyunca (belki laboratuarın öbür yanına) gönderilmesi (henüz düşüncede). Bunu makroskopik cisimler için yapmak –olabilecekse de– çok uzun bir süre mümkün olmayacak. Ama atomik ölçekteki varlıklar için mümkün olabilmeli. Belli bir kuantum durumunda bulunan bir elektronu Evren boyunca ışınlamak istenirse ilkin daha önce birbirleriyle etkileşmiş olan ve dolanık durumdaki bir çift kuantum varlığı hazırlanması gerekir (bkz. ***EPR deneyi***). Bu dolanık elektronlardan birini çıkarıp ona bakmadan bir kutuyla alıp diğerini partnerinizin yanında kendi kutusunda bırakın. Çok sonra, iyice uzaklardayken partneriniz bir elektronu yanındaki dolanık elektronla etkileştirir (bu elektronun baştaki kuantum durumunu bozar) ve etkileşmenin sonucunu ölçer. Bunun sonucunda sizin kutunuzdaki elektron anında değişir ama siz henüz bilmiyorsunuzdur. Geride yapılan deneyin sonucu size uygun bir şekilde gönderilince bu bilgiyi kullanarak dolanık elektronun etkilemesini "dışarı çıkarıp" özgün elektronun tıpatıp kopyasıyla bırakır; bu her bakımdan özgün elektronun kendisi*dir*.

Bu süreç uğraştırıcı olup dışarı çıkarmanın yapılabilmesi için bilgi gönderiminin ışıktan yavaş olmasını gerektirir. Ama bu, kopyanın nasıl yapılacağı bilgisini göndermek (örneğin fakslama) gibi kolay değil, çünkü özgün olanı, süreç içinde yok olur. Buna kimi zaman "ışınlanma ama bildiğimiz gibi değil" deniliyor.

**kuantum istatistiği//quantum statistics//** Bkz. ***Bose-Einstein istatistiği*** ve ***Fermi-Dirac istatistiği***; bilinen tüm kuantum varlıkları bu sistemlerin birine ya da ötekine uyarlar.

**kuantum kimyası//quantum chemistry//** *Atom*ların birleşerek ***molekül***leri oluşturmasının ve moleküllerin birbirleriyle etkileşme biçiminin ***kuantum fiziği*** kuralları kullanılarak betimlenme biçimi. Kuantum kimyasının kilit sezişlerinden birisi, elektron uzayda belli bir noktada yerleşmiş bir klasik parçacık olmadığından tek bir elektronun bile atomun çekirdeğini, nerdeyse atomun bütün hacmini doldurarak "çev-

releyebilmesidir." Belli bir elektronun bulunduğu bölgeye ***yörüngesel*** denilir. Ama elektronların, soğanlardaki gibi iç içe tabakalarda yerleşik olarak bulunmaları yerine bu tabakaların birbirlerine girmiş çırpıntılı bir su yüzeyi gibi olduklarını ve çekirdeğe –kimileri daha sıkı– değdiklerini düşünmek daha doğru olur. En önemli farklılık kimi yörüngesellerin çekirdekten diğerlerine göre daha uzaklarda iyice yoğuşmuş olmasıdır. Bu, atomla ilişkilendiren enerji merdivenindeki daha yüksek basamaklarda bulundukları için alt basamaklardaki elektronlara oranla daha kolay koparılabilmelerine karşılık gelmektedir.

Kimi elektronlar çekirdek çevresine simetrik olarak yerleşmişken birçok elektron yörüngeseli birbirlerine göre belirli bir biçim ve yönelime sahiptir. Pek çok vakada yörüngeseller atomun dışına doğru, kuantum fiziğinin yasalarının belirlediği apaçık bir yönelme yaparlar. Bir atomun elektron bulutu, bir diğer atomun "gördüğü" ve etkileştiği şey olduğundan atomun kimyasal davranışını ortaya koyar. Her yörüngeselde ise iki elektron için yer var, birisinin ***spin***i yukarı diğerinin aşağı.

Enerji merdiveninde yörüngesellerin enerji aralıkları olmasının sebebi çekirdeği yakınlarında tüm yörüngesellerin sığmasına yetecek yer bulunmamasıdır. En yakın en sıkı bağlı yörüngesele ancak iki elektron sığabiliyor. Bir sonrakinde (bir bakıma çekirdekten az ötede) dört yörüngesel için yer olup hepsi dolu olduğunda sekiz elektron içerirler. Böylece aslında enerjileri aynı olan yörüngesel takımları eski elektron tabakası fikrine karşılık geliyor. Dolu tabakalar özellikle kararlı olup, bunun sonucu olarak atomlar kendilerini dış tabakalarını dolu tutmaktan "hoşlanırlar." Bu demektir ki, örneğin helyum (iki elektronu tek tutulu tabakasında) ile neon (toplam on elektronu iki tutulu tabakasını tamı tamına doldurur), ikisi de kararlı, tepkimeyen elementler olarak asal gazlar ailesinde bulunurlar. Bunun bir anlamı da tek tutulu tabakasındaki tek elektronla (başka şeylerin arasında) bir diğer hidrojen atomuyla birleşmek ister ve böylece iki çekirdek, paylaştıkları bu iki elektronla birer dolu tabakaları olduğu görünümünü verir (bkz. ***kimyasal bağ***).

Bu, kuantum kimyasının dayanağıdır. Atomlar, istenen olabildiğince tutulu dış tabakaları olan durumları edindirecek elektronları böyle değiş tokuş ederler ya da paylaşırlar. Bunun nasıl olduğunu betimleyen kuantum kuralları kuantum fiziğinin kendisi ortaya konulduktan kısa süre sonra büyük ölçüde ***Linus Pauling*** tarafından geliştirildi. Atomların elektron paylaşması fikri daha öncelere 1916'ya ABD'li Gilbert Lewis'e gider. Ama o sıralarda elektronun ***spin***i fikri henüz

hayal bile edilmiyordu ki, çiftlenmiş elektronların ve dolu tabakaların niçin kimyasal bağlanma için önemli olduğuna ilişkin bir açıklama da yoktu. Bu, 1925'ten sonra kuantum mekaniğinin gelişmesini bekleyecekti. Kuantum kuralları, evet, enerji düzeylerinin niçin böyle olduğunu ve dolu tabakaların niçin özellikle kararlı olduklarını açıklıyor. Ve de başka sezgiler sağlıyorlar. Örneğin, en basit şekliyle bir hidrojen molekülünde iki hidrojen çekirdeğinin paylaştığı iki elektrona iki çekirdek arasında oturup bunlar arasındaki bağı oluşturmak demek değil her iki çekirdeği de sarmalayan tek bir uzunca bulut (moleküler yörüngesel) oluşturmak demektir.

***Erwin Schrödinger***'in kuantum mekaniksel dalga denklemini yayımlamasını bir yıl geçmeden iki Alman fizikçi Walter Heitler ve Fritz London bu matematiksel kurulumu, iki hidrojen atomunun birer tek elektronlarıyla bir çift paylaşılmış elektronu olan bir molekül oluşturmak için birleştiğinde olacak enerji değişimi hesaplamakta kullandılar. Enerji değişmesi iki çekirdeğin oluşturduğu elektrik alanında yeniden yerleşimine bağlıdır (bu bir nesne kütleçekim alanında yer değiştirdiğinde oluşan ***potansiyel enerji*** değişmesini andırıyor). Heitler ile London iki hidrojen atomuyla bir hidrojen molekülünün enerji farkını hesapladığında kimyacıların bir hidrojen molekülünü iki hidrojen atomuna parçalamak için deneylerden elde etmiş oldukları enerjiye çok yakın bir değer buldular. Sonraki hesaplar, Pauling'in getirdiği rötuşlarla birlikte kuram ve deney arasındaki uyumu daha da pekiştirdi (öyle ki bu uyum kuantum mekaniğinin hangi biçiminin kullanıldığından bağımsız oluyor).

Bu, 1927'de çarpıcı bir gelişmeydi ve de kuantum mekaniğini genelde, dalga mekaniğini de özelde kullanışlı bir araç olarak yerleştirdi. Sırf, elektronların, bilinmeyen sebeplerle çiftlenmekten, atomların tabakalarının dolu olmasından "hoşlandıklarını" söylemekle yetinmek yerine, fizikçiler elektronların çiftlenip tabakalar dolduğunda enerjideki değişmeyi hesaplayabildiler. Hesaplar, atomların birbirlerine tepki gösterme süreçlerinin keyfi olmayıp moleküllerde atomların hep en kararlı ve en düşük enerjili düzenlenmesini sağladıklarını daha baştan ve kesinlikle gösterdi. Kuramsal kimyanın, sırf bir nitel betimleme değil de gerçek bir nicel bilim olarak fiziğin tartışılmaz bir parçası haline gelmesi 1927'de oldu.

İlke bakımından aynı tarz hesaplamalar herhangi bir moleküle de uygulanabilir. Uygulamada ise işin içine daha çok sayıda elektronun girmesi bunu bir hidrojen molekülüne göre çok daha karmaşık bir şey

için aşırı derecede zorlaştırmaktadır. Bu hesapları kolaylaştıracak çeşitli yaklaştırma teknikleri[197] kullanılmakta; burada bunlara değinmeyeceğiz. Ama yine de kuantum kimyasının nasıl daha karmaşık moleküllerin kimyasına bir seziş gücü sağladığına ilişkin biraz ayrıntıya girmekten kendimizi alamıyoruz. Bunların başında karbon esaslı organik kimya ve yaşamın temelindekiler var.

Bir karbon atomunun altı elektronu bulunur, ikisi dolu iç tabakada diğer dördün her biri de sonrakinde boşta olan dört yörüngeselinin her birinde. Bunlar özdeş olup her biri basit kuramın, enerji merdiveninin bu basamağında olabileceğini söylediği birer küresel (*s*) ve üçer uzatılmış ve birbirlerine dik (*p*) yörüngesellerin karışımıdır. Pauling, kimyanın kuantum kuramının 1931'deki bir erken utkusunda bu dört yörüngeselinin bu dört melez (*sp*) yörüngeseli nasıl oluşturduğunu gösteriyor. Bunlar karbon çekirdeği merkezli bir düşsel dörtyüzlünün köşelerine yönelmiştir. Bu yörüngesellerin her birisi bir diğer atomdan bir elektron yakalayarak ya da paylaşarak bir kimyasal bağ oluşturabilir. En basit örnekte her yörüngesel bir diğer hidrojen atomunun tek elektronunu kaparak bir metan molekülü ($CH_4$) oluşturur.

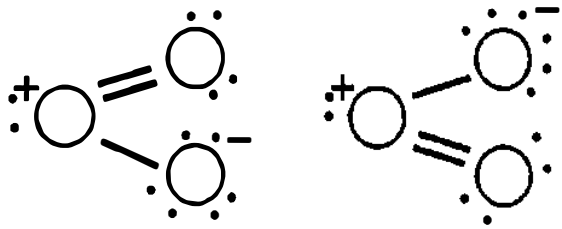
Kuantum mekaniği hesaplamaları metan gibi moleküllerde karbonun, gerçekten, her biri aynı büyüklükte ve sanki bir düzgün dörtyüzlünün köşelerine uzanan dört bağı olduğunu açıklıyor. Bu bağların her birindeki elektronlar da birer melez, yani *s* ve *p* yörüngesellerin karışımı olan durumda hem dalga hem de parçacık birlikteliği halini gösteriyorlar.

Bu fikir Pauling'i rezonans fikrini geliştirmeye yöneltti. Bu bağlamda, bir molekül iki (ya da daha çok) eşit olabilirlikle (yani enerjileri eşit olan düzenlemeler) açıklanabiliyorsa bu molekülün tüm bu durumlarda birden bulunduğunun düşünülmesi gerekmektedir. Ozon örneği, görece basit bir molekülde neler olduğunun bir resmini sağlayabilir.

Oksijenin en dış tutulu tabakasında altı elektron bulunuyor. Dolayısıyla ***değerlilik*** derecesi iki olup tabakayı doldurmak için iki elektron daha yakalamak "ister." Çok kararlı su molekülünü (kimyasal formülü $H_2O$) oluşturma sebebi budur. Bir su molekülündeki iki hidrojen atomu birer tek elektronlarını oksijen atomuyla paylaşarak her üç atomun da dış tabakalarının dolu olduğu (oksijende 8, hidrojenlerde 2'şer) yanılsamasını verir. Bu temanın azıcık daha karmaşık çeşitlemesinde, oksijen molekülü bir çift oksijen atomunun her biri bağlanma sürecine ikişer elektron katabilerek çifte bağ oluşturuyor. Ama oksijenin üç atomlu moleküler biçimi olan $O_3$'ün varlığını nasıl açıklayabileceğiz?

Pauling'in –ozondaki bağlarla ilişkili enerjileri doğru olarak veren kuantum mekaniği hesaplamalarıyla desteklenen– sezgisi, bunun rezonansa bir örnek olması. Henüz değinmediğimiz bir olanak da, bir oksijen atomunun bir elektronunu bir diğerine temelli vermesidir. İlk oksijen atomu net artı yükle kalır ki böylece bir diğer (net eksi yüklü) atoma çekilebilir (yani ***iyon bağı***). Bu ilk atom ayrıca en dışta beş elektronlu (üç eksikli) bir tutulu tabakayla kaldığından üç ***kovalent bağ*** (yukarıda tanımlanan gibi) yapabilir. İkinci oksijen atomunun en dış tutulu tabakasında ise şimdi yedi elektronu olup tek bir elektrona yeri kaldığından yalnızca bir kovalent bağ yapabilir. Bu durumda zaten açıkça artı iyon olan ilk atomun, üçüncü bir oksijen atomuyla çift bağ yapabilirken eksi iyon halindeki ikinci atomla da tek bağ yapma yetisi olur.

Bu, bir molekül ozon yapmak için diyagramda gösterildiği gibi iki yol sağlıyor. Bir çift bağ, tek bağdan daha yeğin olup ilgili atomlar arasında daha sıkı bir bağlantı sağlar. Ama tayf ölçümüyle incelendiğinde ozon molekülündeki iki bağ arasında şiddet bakımından hiçbir fark görülmemekte. Bağların her biri sanki "bir buçuk şiddet"teymiş gibi davranıyor. Gerçek yapılım, burada gösterilen mümkün iki kuantum durumu arasında bir rezonans; iki eşit büyüklükte bağ ve elektrik yükünün yeni düzeniyle molekülün bir ucu hafifçe artı bir ucu da hafifçe eksi. Ve de vurgulayalım ki bağların tayf ölçümüyle belirlenen şiddetleri kuantum mekaniği hesaplamalarıyla tamı tamına örtüşmektedir.



*Kuantum kimyası. Üç oksijen atomunun klasik fikirlere göre bir ozon molekülü yapmak için bir araya gelişi. Aslında kuantum süreçleri elektronların katkılarını bir ozon molekülündeki bağların ikisine de sıradan bağlarınkinin bir buçuk katı, yani tek ve çift bağların ortalaması kadar şiddet verecek şekilde sıvıştırır.*

Çok benzer bir şey karbonat iyonunun ($CO_3$) oluşmasında da var. Bu yapılımın bir çift eksi yükü var çünkü başka atomlardan iki elektron

almış olup bununla iyon bağı yapar (örneğin kireç taşı gibi karbonatlı kayalarda). $CO_3$'ün yapısının kendisi oksijen atomlarına melez bağlarla tutunan ve her birinin şiddeti sıradan bağ şiddetinin 1,333 katı olan bir rezonanstır; ayrıntılarıyla siz uğraşın.

Özellikle önemli olan bir rezonans örneği benzen halkasında görülüyor. Bu, bir halka halinde birbirlerine bağlanmış altı karbon atomundan kurulu bir yapılımdır. Bunda komşu karbon atomlarının aralarındaki her bir bağın şiddeti sıradan bağlarınkinin 1,5 katına eşdeğerdir. Öyle ki her karbon atomu kendisini halkada tutmak için iki yanında birer buçuktan üç bağ kullanırken bir bağını da halkanın dışındaki bir şeye takılmak üzere serbest bırakır. Bu yapılım birçok organik molekülün –kimi amino asitler, şekerler ve proteinler gibi– öz yapısında bulunuyor. DNA, RNA ve bunlara takılı ve genetik kod taşıyan bazların halkalarında karbon dahil başka atomlarla değişiklikler olur ama bunlarda da melez bağlar bulunacaktır. Kendileri de bir kuantum olgusu olan ***hidrojen bağ***ları DNA çifte helislerinin iki dizisini bir arada tutar (bkz. ***moleküler biyoloji***). Yaşamın kimyası tam anlamıyla bir kuantum olgusu olup yalnız kuantum fiziği çerçevesinde anlaşılabilir.

Ek okuma: John Gribbin, *In Search of the Double Helix*.

**kuantum kozmolojisi//quantum cosmology//** ***Kuantum fiziği***nin, ***büyük birleşik kuramlar***la (***BBK***) birlikte Evrenin yaşamındaki en ilk anları ve kimi modellerde de Evrenin yoktan var oluş kökeninin betimine uygulanması. İlgilendiği çağ şimdi bütün görülen Evrenin bir atomunkinden büyük olmadığı dönemdir. Daha önce felsefe ve metafiziğin (hatta dinin) ilgi alanında olan soru ve fikirlerin fiziğin saygıdeğer sınırlarının içine getiren bu çarpıcı gelişme 1980'lerde büyük ölçüde kozmolojik şişme fikrinin öne sürülmesiyle ortaya çıktı.

Bütün kozmolojideki kilit bilgi Evrenin genişliyor olmasıdır. Bu genleşmenin geriye sarıldığını hayal edersek bunun anlamı 15 milyar yıl kadar önce Evren aşırı sıcak ve aşırı yoğun bir durumdaydı (büyük patlama). Bu kaçınılmaz bir vargıya götürüyor: Genleşme, Büyük Patlamanın kendisi "zamanın sıfırı"nda sıfır hacimden (tekillik) çıkmıştır. Standart (istenirse klasik) kozmoloji 1960'larda ve 1970'lerde gelişti ama Evrenin genleşmesinin keşfedildiği 1920'lerin sonlarına geri gitti. Bu; genleşmenin gözlemlerini (başlıcası uzak gökadaların ışıklarındaki kızıla kayma) ve kozmik ardalan ışımasını (Evreni doğuran Büyük Patlamadan arta kalan elektromanyetik ışıma) artı genel göre-

lilik kuramını (başka şeylerin yanı sıra genleşen uzayzamanı betimler) kullanarak, kabaca bir atom çekirdeği yoğunluğundan (yaklaşık suyun yoğunluğunun $10^{14}$ katı) bu yana Evrende neler olup bittiğinin iyice ayrıntılı bir resmini yapıyordu.

Bu, zamanın sıfırından yaklaşık 0,0001 saniye sonra sıcaklık 1000 milyar kelvin iken oluyordu. Böyle aşırı uç koşullarda (ve de izleyen, Evrenin genleşip soğuduğu daha az aşırı koşullarda) neler olduğunu adamakıllı anlıyoruz. Çünkü çekirdek maddesiyle ilgili deneyler burada Yeryüzündeki hızlandırıcılarda yapılabildiğinden proton ve nötron gibi nesnelerin nasıl davrandıklarını biliyoruz. Kozmolojinin bu standart modeli Evrenin varoluşunu izleyen ilk birkaç dakikada ilksel proton nötron ve elektronların "pişerek" kabaca %75 hidrojen, %25 helyum karışımını nasıl (ve de iz miktarda döteryum gibi çok hafif elementler) oluşturduğunu gösteriyor. Bunlar yıldızların ilk kuşağını yapan hammaddeler olup sonuçta bugün Evren boyunca gördüğümüz gökadaları ürettiler.

Tabii ki bu, hidrojen ve helyumun erken Evrende pişmesi, *çift oluşumu* ve yok oluşu, *kaynaşma*, tersine beta bozunumu ve beta ***bozunumu*** gibi kuantum süreçlerini içermekte. Ama bu süreçler öyle sıradan ve öylesine tam anlaşılmıştır ki özellikle kuantum kozmolojisinin parçası olarak değil sırf fiziğin standart alet takımının parçası olarak düşünülür. Kuantum kozmolojisinin karşılaştığı soru, bu hızla dönen ve çekirdek maddesi yoğunluğundaki (bugün bilinen ve doğallıkla olan en uç yoğunluk değeri) ateş topunun bu duruma zamanın sıfırından 0,0001 saniye içinde nasıl eriştiği.

Kuantum kozmolojisinin anahtar fikirlerinden birisi (hatta belki *asıl* anahtar fikir) bir sıfır zamanının hiç olmamış olması. Evren, bildiğimiz kadarıyla olabilecek en kısa süre olan ***Planck süresi***ne eşit bir yaşta doğmuş, yoğunluğu ise ***Planck yoğunluğu*** kadar olmalı. Evrenin böyle bir tohumu, bir kuantum çırpıntısı olarak, ***kuantum belirsizliği***nden enerji ödünç alıp hiç yokluktan yapılmış olabilir. Her ne kadar Evrenin böylesine bir tohumunun kütle enerjisi[198] muazzam olmak gerekirse de bunun kütleçekim alanının eksi olan gene muazzam potansiyel enerjisi tamı tamına bunu götürür. Elde net bir enerji kalmayacağı için sonsuz ömrü olan bir "sanal[199] parçacık" olarak yaratılmış olabilir (bkz. ***belirsizlik, belirsizlik ilkesi***).

Böyle aşırı yoğun bir varlığı, ona ilişkin muazzam kütleçekim alanının, kuantum belirsizliği ne derse desin anında çökertip yok edeceği düşünülebilir. İşte burada bir sırf ***kuantum alan kuramı*** olan

kozmik şişme kendisini gösterir. Büyük birleşik kuramların dediğine göre Evrenin yaşı Planck süresine eşitken bulunan aşırı koşullar altında tüm doğa kuvvetleri aynı ayardaydı. Dolayısıyla yalnızca bir tek evrensel kuvvet bulunuyordu. Kütleçekim diğerlerinden sıfırdan Planck süresi ($10^{-43}$ s) sonrasında ayrılmış olmalı. Ama yine de ***kuantum kütleçekimi***n nasıl çalıştığına ilişkin tam anlamıyla doyurucu bir kuram yok. Evren soğurken yeğin kuvvetin $10^{-35}$ s kadar sonra falan ayrılmış olmalı ve bu süreç, en azından ana hatlarıyla çok daha iyi anlaşılmıştır.

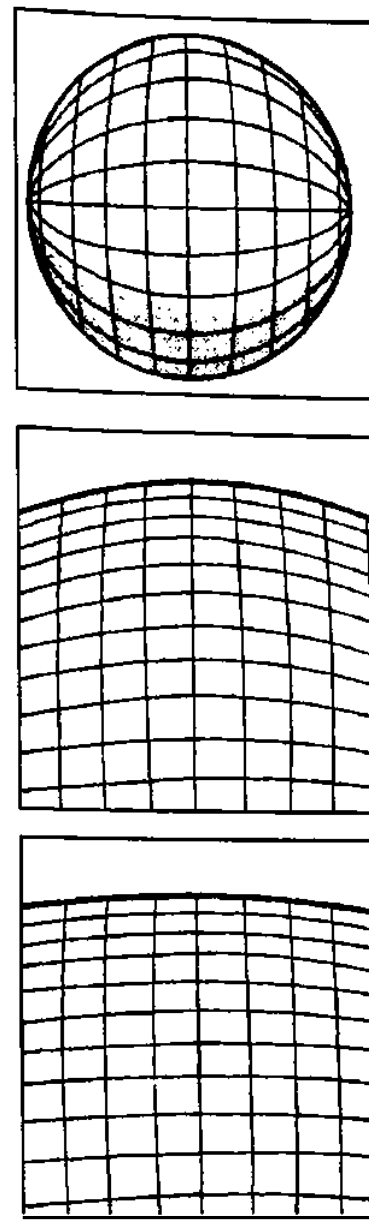
Kilit husus şu ki, başlangıçtaki büyük birleşik kuvvetin bileşenlerine ayrılması bir tür karşı-kütleçekim olarak davranan ve Evrenin genleşmesine enerji akıtan (özünde baştaki kütle enerjinin bir kısmı) ***skaler alanlar***la ilişkilidir. Bugün Evren aşağı yukarı düzgün bir hızla doğrusal şekilde genleşmektedir (kütleçekim etkisiyle hatta azıcık yavaşlamakta olduğu sanılırken 20. yüzyılın sonlarına doğru ***karanlık madde*** ve ***karanlık enerji***nin anlaşılmaya başlanmasıyla genleşmenin aslında ivmelendiği ortaya çıkmıştır. Ama bu konuyu burada bırakabiliriz). Bu yolda yürürken her adımın bir öncekiyle aynı uzunlukta (ve de sürede) olmasına benzer. Ama çok erken evrende, değinilen skaler kuvvetler üstel genleşmeye sebep oluyordu. Bu, yürüyüşte ikinci adım ilkinden iki kat daha, üçüncü ise dört kat ... daha uzağa götürüyor. $10^{-35}$ saniye aşıldığında artık Evrenin boyu her $10^{-34}$ s içinde iki katına çıkmaya başlıyor (şişmenin kimi çeşitlerinde/sürümlerinde çok daha çabuk genleşiyor).

Bu hesaplı görünse de, sırf $10^{-32}$ s içinde Evrenin tohumu 100 kat büyümüş olacak demektir. Yani bir protondan $10^{30}$ kat küçük bir kuantum çırpıntısını sırf $1{,}5 \times 10^{-32}$ s içinde 10 cm çapına çıkartmaya yeter (tabii ki bu sayılar kaba ve nicel olmaktan çok nitel). Bu noktada skaler alanlar işlerini yapmış olacak. Sönüp giderlerken geride sıcak bir enerji dolu ateş topu, görünen evren olacak şeyi içeren greyfurt kadar bir yumru bırakıyor. Bu öyle çabuk büyüyor ki kütleçekim genleşmeyi hemen yavaşlatmaya başlasa da bunu durdurup geri çevirmeye başlayarak her şeyi (önünde sonunda) bir Büyük Çökmeye (Büyük Patlamanın ayna görüntüsü) doğru fırlatması için yüzlerce milyar yıl gerekecek (tabii ki ivmelenme dolayısıyla bu çökme belki hiç olmayacak).

Kuantum kozmolojisi yaşadığımız Evrenin doğasına ilişkin birçok yararlı önsöyümde bulunuyor. Bir kere, çabuk şişme dönemi uzayzamanı düz yapmalıydı, tıpkı bir oyuncak balon Dünya boyutlarına şişirilse yüzeyinin insan ölçeğinde düz görüneceği gibi. Bu, genel

görelilik kuramının çerçevesinde Evrenin, sonu olmayan bir genleşmeyle yukarıda betimlenen Büyük Çökme arasındaki sınırın kıl payı kadar yakın olduğunun söylenmesine eşdeğer. Şişme kuramının icadından önce Evrenin gerçekten bu durumda oluşu, yani çizginin hangi yanında olduğunu eldeki hiçbir sınamanın gösteremeyeceği tamı tamına düzgün olmanın dibinde kozmolojinin en büyük gizemlerinden birisiydi.

İkincisi, bütün görünen Evren, bir protondan çok daha küçük, dolayısıyla içinde diyelim yoğunluk değişmeleri için hiç yer olmayan bir tohumdan genleştiğine göre iyice pürüzsüz ve tekdüze olmalıdır. Bu, sıradan insanlar için görünen Evrenin pek açık bir niteliği değil; çünkü parıldayan nesnelerin yıldızlarda ve gökadalarda yoğuşmuş görünmekte. Ama astronomlar için; yıldızların ve gökadaların devinim biçimleri, bunların en az on belki de yüz kat daha fazla ve çok daha pürüzsüz dağılmış bir ardalan denizinde gömülü olduğu apaçık. Evrenin gerçek pürüzsüzlüğünü kozmik mikrodalga ardalan ışınımının inanılmaz tekdüzeliği göstermekte. Bu ışınım maddeyle en son, zamanın sıfırından 300.000 yıl sonra etkileşmiş olup gökyüzünün her yanından hemen hep aynı sıcaklıkta geliyor (bkz. ***kara cisim ışıması***)



*Kuantum kozmolojisi. Şişme, Evreni bir küre yüzeyinin küre genleştikçe düzleşmesi gibi düzleştirir.*

Ama tam kesinlikle aynı sıcaklıkta değil. 1990'ların başlarında COBE uydusundan gelen veriler ardalanın gökyüzünün bir kesimin-

den gelen ışıma sıcaklığının diğer kesimlerinden gelenlerden az buçuk farklılıklar gösterdiğini, bunun yüz binde 1 kelvin kadar olduğunu gösteriyordu. Bu sıcaklık farklılıkları, Evrendeki madde yoğunluğunda, zamanın sıfırından 300.000 yıl sonrasındaki farklılıkların bugün gördüğümüz kütleçekim etkisiyle büyümüş olacak gökada öbekleri ve süperöbekler gibi yapılımların tohumları olarak davranmış olacağını gösteriyor. Daha da iyisi bu ardalan ışımasındaki çırpıntıların deseni şimdiki bütün Evrenin bir atomdan bile küçük olduğu şişme döneminde kuantum çırpıntılarının yerleştirmiş olmak gerekenlere tamı tamına uymaktadır. Gerçekten de bugün gördüğümüz çırpıntılar olasılıkla Evren sadece yaklaşık $10^{-27}$ m çapındayken –Planck uzunluğundan 100 milyon kere büyük ama protondan 1.000 milyar kere küçükken– yerleştirilmişti.

Cabası da kuantum fiziği kozmologlarının gökada ve yıldızların devinimini açıklamak için gereksindiği neredeyse tekdüze karanlık madde denizini de önsöymesi. Bu maddenin bir kısmının kütleli ***nötrinolar*** olabilirliği bir yana şişmenin kendisinin de olabileceğini önsöyen bir büyük birleşim kuramlarından birisinin önsöydüğü ***aksiyon***lar biçiminde ya da bir ***süpersimetrik parçacık*** denizi de olabilir.

Tüm bunların sebebiyle parçacık fizikçileri artık kozmolojiyle büyük ölçüde ilgilenmeye başladılar, özellikle de bugün Evren üzerine hangi gözlemlerin bizi Büyük Patlamadan önce olan koşullara ilgili olanlarla. ***Süpersimetri*** gibi kuramlar Dünya üzerindeki hızlandırıcı deneyleriyle sınanamazlar çünkü böyle sınamalar kullanılabilir hızlandırıcılar için çok fazla yüksek enerjiler gerektiriyor (gerçekten de kimi büyük birleştirilme kuramlarının kimi önsöyümlerinin sınanması Güneş sistemi kadar büyük bir hızlandırıcı gereksiniyor). Ama o enerjiler zamanın sıfırından bir an sonrasında doğal olarak var olabilirdi ve Evrende bundan doğacak kuantum süreçlerinin görülebilecek izleri var gibi; tıpkı jeolojide kullanılan fosillerin uzun zaman önceki koşulların nasıl olduğunu anlattığı gibi. İşte zamanın ağardığı anlardan kalan bu "fosillerin" incelemesi büyük birleşik kuramların önsöyümlerini sınamanın en iyi yolu.

Kuantum fiziği ile kozmolojinin bu evliliği ***Isaac Newton***'ın fizik yasalarının kesinkes *evrensel yasalar* olduğunun farkına varmasından bu yana fenbilimindeki en derin gelişmedir. Kozmologlar ve parçacık fizikçileri 60 yıl kadar aslında birbirlerinden bağımsız çalıştılar, ama çok erken Evrenin gözlemsel kozmolojiye dayanan (çok büyüğün incelenmesi), kuramı ile ışık ve maddenin aşırı koşullarda nasıl davran-

ması gerektiğine ilişkin kuram (çok küçüklerin incelenmesine dayanır) ve kuantum fiziğinden gelen fikirlerle (özellikle, ama tek olmayan şişmeyle) sıkıca örtüşen kuramı kozmolojinin bulmacalarını çözebilir. Bu anlaşma Evreni iyi anlayabildiğimizi önerdiği gibi Planck uzunluğundan görünen Evrenin boyutuna kadar her ölçekte ($10^{-35}$ m'den $10^{9}$ ışık yılına, yani $10^{25}$ m) kadar) neler olduğunu bize gerçekten anlatıyor. Bu aralık $10^{60}$ katlık bir büyüme gösteriyor. Kuşaklarca fizikçiyi zevkle oyalayacak kadar ayrıntı var ama görünüşe göre doğru yoldalar.

Ek okuma: John Gribbin, *In the Beginning*; ve *Companion to Cosmos*.

**kuantum kuramı//quantum theory//** Bkz. ***kuantum fiziği.***

**kuantum kütleçekim//quantum gravity//** Genel görelilik kuramını (bkz. ***görelilik kuramı***) kuantum mekaniğiyle birleştirmek için yapılan birçok girişimin herhangi biri. Hiçbiri tamamen başarı gösteremediyse de kuantum kütleçekimin kısmi kuramları, kütleçekimi önünde sonunda diğer doğa kuvvetleri gibi betimlemenin mümkün olacağını ve bu dört kuvvetin tümünü tek bir matematiksel çerçevede bir ***her şeyin kuramı*** olarak birleştirebileceğini öneriyor. Her kuantum kütleçekim kuramının kilit özelliği kütleli iki cismin arasındaki kütleçekim kuvvetine *graviton* denilen parçacıkların –kütleçekim alanının kuantumları– değiş tokuşuyla elektromanyetik etkileşmeye aracılık eden fotonların yüklü parçacıklarca değiş tokuşunun analoğu olarak aracılık edilmesidir.

Kuantum kütleçekim için tam bir kuram geliştirilmesinin ana zorluğunun sebebi eylemsizlik kütlesi ile çekim kütlesinin eşdeğerliğidir[200] (bkz. ***Mach ilkesi***). Bu demektir ki küçük bir kütleli cismin kendisininkinden çok büyük kütleli bir cismin kütleçekim alanında hem etkilendiği kuvvet *hem de* bu kuvvetin doğurduğu ivme küçük cismin kütlesine, hesaplamada birbirlerini götürecek şekilde bağlıdırlar. Yani küçük kütleli cismin ivmesi kendi kütlesinden bağımsız kalır (başka deyişle yeryüzünde ağır cisimler de hafif cisimler de hava direnci yoksandığında aynı ivmeyle düşerler). Bu, diyelim ki elektrik kuvvetinin işleyişinden iyice farklıdır. Bunda yükü çok olan bir cisim aynı elektrik alanı içinde yükü az ama kütlesi aynı olan bir cisimden daha büyük ivmeyle hızlanır. Her ne kadar eşdeğerliliğin sebepleri tam olarak bilinmiyorsa da bu kütleçekimin genel görelilik kuramının bir özelliği olan uzayzamanın eğriliği cinsinden betimine bağlanabiliyor; oysa diğer kuantum alan kuramlarındaki rolü edilgen olup bunlarda sırf kuantum eylemlerinin yer aldığı sahnedir.

Bir diğer soru kütleçekimin zayıflığıdır. Bu demektir ki kuantum kütleçekim etkileri yalnızca Planck ölçeğinde, örneğin protondan yirmi mertebe ($10^{20}$) küçük uzaklıklarda kendilerini gösterebilecektir. Bu herhangi bir kuantum kütleçekim önsöyümünü sınamayı olanaksızlaştırıyor (bu $10^{18}$ GeV kadar bir enerjide çalışan bir hızlandırıcı gerektirir ki en güçlü modern aygıtların sağladığı $10^3$ GeV'le –artık $10^4$– kıyaslanmalı. Kuramların "sınanması" ancak, zaten bilinen bir olguyu açıklama kesinliği ölçüsünde olabilir.

Ama Planck ölçeği küçük olsa da sıfırdan büyüktür ve de genel görelilik kuramının umacılarından (gerçekten de kuramın tek utandıran yanı) birisi maddenin (kara delik içine) sıfır hacimli matematiksel bir noktaya, tekilliğe çökeceğini önsöymesidir. Görünürde bu oluştan kaçınmanın tek yolu Planck ölçeğinde iş gören kuantum etkilerinin işe yarayabilmesi olup bu, kuantum kütleçekim yolunda (her şeyin kuramını bulma umudunun yanı sıra) güçlü bir ek dürtüdür.

Artık kuantum kütleçekime geleneksel yaklaşım denilebilecek ve şablon olarak kuantum elektrodinamiği örneğini alan yapıya ***Richard Feynman*** 1960'ların başlarında (ilginçtir ki henüz ***kuantum renkdinamiği*** geliştiril*meden*) öncülük yapmıştı. Feynman'ın o sıralarda (1962 gibi) kütleçekim üzerindeki düşünüşe getirdiği ana fikir ***KEDİ*** bağlamında geliştirilmiş olan tedirgeme teknikleriydi (bkz. ***tedirgeme kuramı***). Notlar halinde de dağıtılan bir dizi etkileyici lisansüstü derste (daha sonra kitap olarak da basıldı: *Feynman Lectures on Gravitation*, ed. Brian Hartford) bütün klasik kütleçekim kuramının, genel görelilik kuramı dahil (bkz. ***görelilik kuramı***) kütleli parçacıkların arasındaki iki birim kuantum spinli kütlesiz parçacıklar olan gravitonlar aracılığıyla etkileşmelerinin kuantum betiminden türetilebileceğini gösteriyor.

Bu hayranlık verici yaklaşım Feynman'ın KEDİ'ye 20 yıl kadar önce getirdiği kendi yaklaşımını yankılıyor. Burada o, en temelden başlayarak bütün klasik elektromanyetizma kuramının (***Maxwell denklemleri*** dahil); yüklü parçacıklar arasındaki etkileşmelerin, her birinin kuantum spini bir birim olan kütlesiz fotonlar alışverişinin kuantum mekaniksel betiminden çıkarılabileceğini göstermişti.

Durum, kuantum kütleçekimde KEDİ'dekinden daha karışık. Çünkü gravitonlar kütleli parçacıkların yanı sıra birbirleriyle de etkileşiyorlar. Bunun sebebi her enerjinin bir kütleçekim alanı yaratması olup bu kütleçekim alanının kendisini de içeriyor. Kuantum kütleçekimin sonlulaştırılmasını olanaksız yapan işte bu gravitonlar arasındaki etkileşmedir.

Kuantum kütleçekim ile KEDİ arasındaki diğer önemli fark şu: elektromanyetizmada benzer yükler birbirlerini iter, zıt yükler birbirlerini çekerken kütleçekimde tek bir "yük" (yani kütleler) ve yalnız çekme olması.

Benzer parçacıklar için, spini 1 olan bir parçacık (fotonun bilinen spin ve davranışına uyar) itici kuvvet taşırken spini 0 ya da 2 olan ulak parçacıkların ilke bakımından çekici kuvvet oldurabildiği gösterilebiliyor. 0 spinli bir graviton olabilecek en basit bir kütleçekim alanına ilişkin kuantum olabilir ama bu genel görelilik kuramının bütün inceliklerini sağlayamazken spini 2 olan bir graviton dörtboyutlu uzayzaman çerçevesinde işleyen kütleçekim kuvvetinin tüm gerekliliklerini (kütleçekimin ters kare yasasını da) tamı tamına karşılar.

Ama bu iki, yani KEDİ ve kuantum kütleçekim kuramlarının felsefi temelleri aynı. KEDİ'de olduğu gibi, kuantum kütleçekimde de halkasız ***Feynman diyagramları*** klasik kuramın kurallarına uyan etkileşmeleri (yani burada genel görelilik kuramını) betimliyor. Klasik kuramı, yeniden boyutlandırmanın zorluklarına rağmen (bu zorluklar yalnızca halkalar içeren tam kuantum kuramında var) kuantum kuramından türetebilmenin sebebi de işte bu. (Bunlar demektir ki, diyagramlarında halkaları olmayan basit Feynman kuantum kuramı Planck ölçeğinin üstünde olan her şeyi mükemmel açıklar ya, klasik genel görelilik kuramı da bunu yaptığından, fazla sevinmeyin.)

Aslında Feynman 1962 yazında tek halka düzeltmesine (yahut tedirgeme hesabı) kadar yapabilmişti. Bu yaklaşımın işe yarayabilmesi için "hayalet" alanların etkilemesine yol açmak durumunda kalmıştı. Bunlar yalnızca Feynman diyagramlarında kendilerini içeren halkalar olarak var olan parçacıklardan sorumlu olup "gerçek" varlıkları yoktur. Bu içgörü başka araştırmacıların bu tekniği daha yüksek mertebelere geliştirebilmeye yöneltti. Ama bu büyük zorluklar getirdiği gibi kuramı sıkıntıya sokan sonsuzlukları giderecek bir yol bulmakta başarılı olamıyor.

Feynman kendisi, kuantum kütleçekime bu standart yaklaşımın zorluklarından ya da çıkan ve yeniden boyutlandırılamayan sonsuzluklardan pek rahatsız olmadı. Genel görelilik kuramı bağlamındakileri betimleyen ***Lagrange denkleminin***, yalnızca daha temel bir kuramın (görece) alçak enerji davranışını betimleyen bir "etkin Lagrange denklemi" olduğunu düşünüyordu. Bu ise Newtoncı kütleçekimin nesnelerin (genel kuramın tüm denklemlerinin tüm uzantılarını hesaba katmak gerektirmeyen) daha bile az aşırı koşullardaki davranışını çok

iyi betimlemesini çağrıştırmalıdır. Feynman kütleçekimin bir katmanı daha olmak gerektiğini, bunun hem genel göreliliğin hem de Newtoncı kütleçekimin altında yatıp en minik ölçeklerde ***Planck uzunluğu***nun yakınında çalıştığını öne sürdü. Kütleçekim kuramında 1990'laradaki en çarpıcı gelişme tam böyle bir olabilirliği gösteren ve kütleçekim ile diğer doğa kuvvetlerinin, Planck uzunluğu boyutlarında bir sicimin davranışından doğal olarak ileri gelmesidir. Bu sicim kuramı (başka şeylerin yanında) iki birimlik kuantum spini olan kütlesiz parçacıkları, yani gavitonları ortaya koyuyor. Ve de kuramcıların keyfine sonsuzluklarla bezenmemiştir. Bkz. ***süperkütleçekim***.

**kuantum mantığı//quantum logic//** 1930'larda ***John von Neumann***'ın öncülüğünde, kuantum mekaniğinin, kuantum gizemlerini çözecek bir yorumunu bulacak gözü kara bir girişim. Kuantum mantığı yorumlaması sıradan mantığın kuantum dünyasına uygulanamayacağını söyler. Sıradan mantığa Boole mantığı denilir; bunu çıkaran George Boole, 1815-1864 arasında yaşayan bir İrlandalı matematikçi olup yalın mantıksal süreçleri betimlemek için simgesel bir dil ve notasyon kullanan ilk kimseydi. Bu fikirlerden çıkarılan matematiksel mantıkta "ve" ve "veya" gibi terimler matematiksel simgelerle temsil edilirken mantıksal savlar ise matematiksel denklemlerle yazılabiliyor. Kuantum gizemlerini çözmeye "Kuantum mantığı" yaklaşımına göre "ve" ve "veya" gibi terimler, kuantum dünyasında sıradan dünyadakilerle aynı anlamda değildir. Dolayısıyla bir fotona için iki yarıktan birisinden geçme tercihi verilmesinin farklı bir mantıksal önemi bulunuyor. Heinz Pagels'in *The Cosmic Code* kitabındaki, beyni kuantum dünyasının muammalarıyla uğraşmak için ayarlanmış bir kişinin tepkisini betimleyen sözlerini daha da geliştiremeyiz:

> Onlara iki delik deneyinden söz etsek yalnızca gülümserler; sorunun ne olduğundan hiç haberleri yok. Artık kuantum mantığındaki sıkıntının ne olduğunu biliyoruz: o, sıradan Boole mantığından daha kısıtlayıcı Kuantum mantığıyla o kadar çok kanıtlayamayız, fiziksel dünyada hiç tuhaflık hissedilmemesinin sebebi budur. Kuantum mantığını benimsemek, *D*ünya'nın yuvarlak olduğuyla yüzleşildiğinde düz olduğunu sürdürebilmek için yeni bir mantık icadı gibi.

Bkz. ***kuantum yorumları***.

**kuantum mekaniği//quantum mechanics//** Çok küçüklerin dünyasına uygulanan mekanik yasaları. ***Klasik mekanik*** kuramının zıddına

verilmiş bir ad olsa da kuantum mekaniğinin her uygun kurulumu, klasik mekaniği de ***kuantum sayıları***nın çok büyük değerleri için özel hali olarak verdiği gibi ***Planck sabiti***nin sıfır alınmasına eşdeğerdir. "Kuantum mekaniği" terimi genelde ***kuantum fiziği*** ile eşanlamlıdır.

**kuantum mekaniğinin temel denklemi//fundamental equation of quantum mechanics//** Konum ve momentum gibi kuantum özelliklerinin sıra değiştirme (bkz. ***Abelyen grup***) biçimlerini belirten denklem. Bir kuantum varlığının konumu bir $q$ parametresi ile ve momentumu da bir $p$ parametresiyle belirtildiğinde temel bağıntı;

$$pq - qp = \hbar/i$$

olup Planck sabiti bölü $2\pi$ ve $i$ ise -1'in kareköküdür. Aslında bağıntıdaki $p$ ve $q$ simgeleri bildik sayıları değil matrisleri temsil ederler. Bu bağıntının kuantum süreçleri için önemini ilk ***Werner Heisenberg, Max Born*** ve ***Pascual Jordan*** matris mekaniği bağlamında değerlemiş olup tam anlamıyla geliştiren ise ***Paul Dirac*** olmuştu. ***Tamamlayıcılık*** ve ***belirsizlik*** bu denklemde içkindir. Zaman zaman kuantum mekaniğinin temel denklemi olarak anılan ***Schrödinger denklemi*** ise bu bağıntının özel bir hali olup özellikle dalgalarla ilgilidir.

**kuantum noktası//quantum dot//** Bkz. ***kuantum bilgisayarı.***

**kuantum renkdinamiği/kromodinamiği//quantum chromodynamics//** ***Kuark***ların birbirleriyle ***gluon*** değiş tokuşuyla nasıl etkileştiklerini betimleyen kuram. Bu ad, elektrik yüklü parçacıkların foton değiş tokuşuyla nasıl etkileştiklerini betimleyen ***kuantum elektrodinamiği*** (***KEDİ***) adına öykünmek amacıyla verilmiştir. Bu addaki "renk" kısmı kuark ve gluonların elektrik yüklerinin analoğu olan özel yüklerine verilen adlarla (renk yükü) ilgilidir. Bu ise sırf şaka niyetine konulmuş bir ad olup kuark ve gluonların bildik renklerle hiçbir ilişkisi yoktur.

1960'ların ortalarında iki lepton ailesi biliniyordu. Bunlarda birer elektron gibi parçacık ve birer de (karşı) nötrino bulunuyordu: birinde elektron ve karşı-nötrinosu, diğerinde ise müon ve karşı-nötrinosu. Ama aynı sıralarda kuark fikri ileri sürüldüğünde bilinen tüm ***hadron***ları açıklayabilmek için üç kuark türü yeterliydi. Yukarı ve aşağı kuarklar bir çift oluştursalar da acayip kuark fazlalık gibiydi, görünüşte (kuram geçerliyse) gerçek bir temel parçacıktı ama bir eşi yoktu. Her ne kadar ***Murray Gell-Mann*** kendi kuark fikrini öne sürdüğü çalışmasında acayip kuarka ($s$) eş olacak bir dördüncü kuarkı önerdiyse de bu fikir başta ciddiye alınmadı çünkü dördüncü bir kuarka ilişkin bir iz yoktu.

Gerçekten de bütün bu kuark fikri, 1960'ların sonlarında ve 1970'lerin başlarında ***SLAC***'daki deneyler protonun iç yapısını yoklayıncaya kadar, önceleri pek ciddi karşılanmadı (bkz. ***parton modeli***). Ama bu, birkaç kuramcının bu fikirle oynayarak daha ileriye götürmesine engel olmamıştı. Bu kuramcılar omega-eksi gibi bir parçacığın görünüşte üçü de aynı kuantum durumunda olan üç kuarktan (burada üç acayip kuark) nasıl yapılabildiği sorunuyla çok daha fazla ilgileniyorlardı. Kuarklar ***fermiyon*** oldukları ve ***Fermi-Dirac*** istatistiğine uyduklarından (değil üç, iki özdeş fermiyon bile aynı kuantum durumunda bulunamaz) bu durum olanaksız olmalıydı.

Bu iş 40 yıllık bir sorunun yankısı gibiydi. Fizikçiler iki elektronun atomlarda aynı enerji düzeyinde otururken durumda olmalarını açıklamak zorundaydılar. Buna bulunan yanıt ise elektronların ***spin*** denilen bir özellikleri olduğu ve aynı enerji düzeyini paylaşan iki elektronun özdeş kuantum durumunda olmadıkları çünkü birisinin spininin yukarı diğerininkinin ise aşağı olmasıydı. Besbelli olan (tabi sonradan akla gelen) öneride kuarkların öyle bir ek özelliği olmalı ki bu, omega-eksinin ve başka parçacıkların özdeş üçlülerine farklılık versin. Aslında, fermiyon olduklarına göre kuarkların da spinleri var yani iki acayip kuarkın birisi yukarı diğeri aşağı spinli olabilirse de üçüncü ne olacak? Dolayısıyla kuarkları farklı yapacak diğer bir özelliğin daha gerekliliği sürüyor. Üstelik omega-eksideki üç kuarkın tümünün spinleri de aynı!

Parçacık fiziğinde sık sık karşılaşıldığı gibi böylesi "üçlüleri" betimleyecek matematik zaten eldeydi (matematiğin bu gücü en azından bir fenbilimi felsefecisi Bruno Augenstein'ı şöyle dedirtmişti, "matematiksel kavramların her sürümünün bir yerlerde bir fiziksel modeli bulunur ve de akıllı fizikçiler işlerinin parçası olarak ısrarla ve düzenli olarak elde bulunan keşfedilmiş matematiksel yapılımların fiziksel modellerinin peşine düşmelidir" diye salık veriyordu. Bkz. *Schrödinger'in Kedicikleri*). Maryland Üniversitesinden bir kuramcı olan Oscar (Wally) Greenberg, kuark fikrinin öne sürüldüğü 1964 yılına gelen yıllarda alan kuramı yaklaşımlarında kendi egzotik çeşitlemelerini geliştirirken matematikle, bir uygulama düşüncesiyle değil sırf matematik uğruna oynuyordu. Ancak, "ara istatistik" dediği şeyin, yoksa özdeş olacak kuark üçlülerinin üyelerini ayırt etmeye yarayabileceğini hemen fark etti.

Bu fikri ele alan iki Japon kuramcı, Yoişiro Nambu (Chicago Üniversitesi) ve M. Y. Han (Syracuse Üniversitesi) 1965'te işbirliği yaparak Greenberg'in, matematiği derin olan kuramını fizikçilerin anlayabi-

leceği bir sürümünü geliştirmek amacıyla işbirliği yaptılar. İşte bu aşamada, yoksa özdeş görünen bu üçlüleri birbirlerinden üç rengin adıyla ayırt etme fikri oluştu. Ama KREDİ bütün görkemiyle 1970'lerin başlarında tılsımlı denilen dördüncü kuarkın keşfine dek ortaya konulamadı (bkz. ***J/psi parçacığı***).

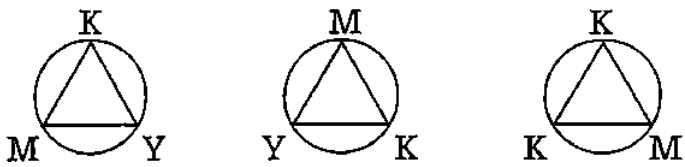
Ancak, bu terimlerin kuarklar için elverişli bir adlandırmadan başka bir şey olmadığını vurgulamak gerekir; tıpkı parçacıkların spinine "yukarı" ve "aşağı" demenin bir ayrım sağlaması gibi[201] kırmızı ***yukarı*** kuark ile kırmızı ***aşağı*** kuark arasındaki ayrımın belirtilmesine yardımcı olur.

Kuarkları etiketleyen üç "renk" için çoğu kez kırmızı, mavi ve yeşil seçilirken kimi fizikçiler "yeşil" yerine "sarı" diyorlarsa da bunun bir önemi yok. 1960'lardaki kavramın çapraşık gelişmelerini ve de zarif matematiğini atlayıp bütün kuramın basit fiziksel biçimini vereceğiz. Anahtar fikir, yalnızca kuarkların "renksiz" bileşimlerinin var olabilmesidir. Bunun olabilmesinin iki yolu var. Her biri ayrı renkte üç kuark bileşimi ve renksizdir. Bir kuark/karşı-kuark çifti de bunların "renkleri" de birbirinin karşı-parçacığı olacağından renksizdir tıpkı eksi yüklü bir elektronla artı yüklü bir protonun birlikte nötr olması yani toplam yükün sıfır olması gibi. Yani, örneğin bir protonun üç kuarkı yalnızca iki yukarı, bir aşağı kuark olmayıp, bu kuarkların her birisi ayrı bir renktedir. Mezonlar bir kuark ve bir karşı-kuarktan oluştuklarından bunların da rengi gider. Ama tek bir kuarkın ya da dört tanesinin bir arada net bir rengi olacağından bunlar yasaklanmış sayılırlar.

Tılsımlı denilen dördüncü kuark 1970'lerin başlarında Harvard'da Sheldon Glashow ve iki çalışdaşınca (John Illopulos ve Lucianı Maiani) canlandırıldı ve Murray Gell-Mann ile Harald Fritzch fikri ele alıp bu parçacıkların çeşitli etkileşmelerini betimleyecek bir alan kuramı yaklaşımı geliştirdiler. Bu Yang-Mills tarzı bir ayar kuramı olup bunda renkli kuarklar birbirleriyle gluon alıp vererek etkileşirler. Renk buradaki KEDİ'deki elektrik yükünün rolünü üstleniyor, ama bir tür elektrik yükü var (artı yük bu bakımdan "karşı-eksi" olurken renk yükü kırmızı karşı-kırmızı vb olabiliyor). Aynı renkler birbirlerini iterken farklılar çekerler. Yani diyelim iki kırmızı yük birbirlerini ittiklerinden aynı üçlü içinde bulunamazlar, ama bir kırmızı ve karşı-kırmızı çekerek bir mezon oluştururlar. Farklı renkler birbirlerini çekerler ama bir renk/karşı-renk çifti kadar yeğin değil.

Ama elektromanyetik kuvveti aktaran yalnız bir tek parçacık, foton, zayıf kuvvet için yalnız üç çeşit parçacık ($W^+$, $W^-$, $Z^0$) gerekliyken,

kuarklar arasında işleyen ve artık renk kuvveti dediğimiz etkinin tam sekiz aracı parçacığı bulunuyor.




*Kuantum renkdinamiği 1. Bir kuarkla ilişkili "renk," izospine benzer bir özellik olarak düşünülebilir. Tek başına bir kuarkın "görünen rengi" kırmızı, mavi ya da yeşil olabilir (diyagramda en üstteki renk); ama kuarkı diğer renklerden birisini göstermek için döndüğünü düşünebiliriz. Bu bir simetri işlemine örnektir.*

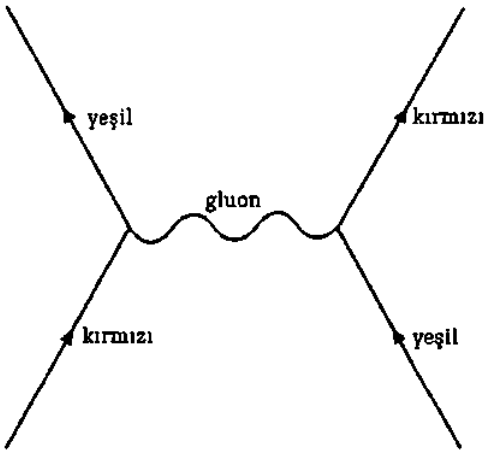
Bu aracı parçacıklar artık gluon olarak biliniyor. İşler iyice karmaşıklaşıyor çünkü kuarklar renk değiştirebilir. Bu, gluonların da renkli olması demektir; çünkü bir kuarktan diğerine renk taşıyabilmeliler. Dolayısıyla renk kuvvetinin gluonları da etkilemesi gerekir. Renk taşıdıkları için de gluonlar da, hiç kuarksız renk kuvvetiyle bir araya gelip sırf gluondan oluşan bir tür parçacık oluşturabilirken öbekler halinde renklerini göstermeden gitmeye zorlanırlar. Bu öbeklere ***gluon topu*** deniliyor (kimi zaman da gluonyum). Gluon toplarının kimi parçacık hızlandırıcısı deneylerinde üretilmiş olabileceklerine ilişkin ipuçları (ama henüz ipucundan başka bir şey değil) bulunuyor. Gluonların kendi aralarında etkileşmeleri KREDİ'nin bir ***Abelyen olmayan ayar kuramı*** olmasından ileri gelmektedir. Bu aynı zamanda renk kuvvetine ilişkin ***asimtotik özgürlük***ten de sorumludur.

Temeldeki fikirler ***simetri*** ve ***simetri kırılması*** cinsinden anlaşılabilir. Her kuarkın kendi içinde rengini değiştirecek bir yol olduğunu (bir tür iç gösterge olsun, ibresi 120'şer derece aralıkla üç doğrultuda yönelebilsin; diyagrama bakın. Bu biraz da nükleonların türünü belirten ***izospin*** fikrine benziyor) düşünün. Simetrik bir toptan[202] ayar dönüşümü, tüm ibreleri diyelim saat yönünde 120 derece çevirerek Evrendeki her kuarkın rengini, fizik yasalarını oldukları gibi bırakarak değiştirmek olacaktır. Yerel simetrili bir ayar dönüşümü ise ibrenin konumunu (yani rengini) bir tek hadrondaki bir tek kuark için değiştirirken geride kalan bütün dünyayı olduğu gibi bırakabilir. Sıfır yüklü sekiz kütlesiz gluona karşılık gelen yeni alanların varlığını gerektiren şey simetrinin yerel dönüşümler altında onarılma gereksinimidir.

KREDİ de KEDİ gibi *ayar değişmezlikli* bir kuram olduğundan temel denklemleri de aynı şekilde iş görür ve uzay ve zamanın her noktasında aynı sonuçları verir. Simetrinin özgül biçimine ***SU(3)*** (üç boyutta özel üniter grup) denilir ama burada "boyut"tan kasıt fiziksel uzayın üç boyutu olmayıp kuarkların üç rengine (ya da göstergenin ibre konumlarına) karşılık geliyor.

Fiziksel bakımdan bir hadronun içindeki her kuark rengini değiştirmekte özgür, ama bunu ancak bir gluon salarak yapabilir, o da anında bir diğer kuark tarafından soğurulur. Gluonların çoğu tek tek birer renk ile *farklı bir rengin* karşı-renginin karışımını taşırlar. Çok sayıda gluon türü olmasının sebebi de bu. Bu sayının ilk bakışta dokuz olduğu –kırmızı/karşı-mavi, kırmızı/karşı-yeşil, mavi/karşı-kırmızı, Mavi/karşı-yeşil, yeşil/karşı-mavi, Mavi/karşı-kırmızı ve renk değişimi yapmayan üç tür gluon olan kırmızı/karşı-kırmızı, mavi/karşı-mavi, yeşil/karşı-yeşil– düşünülse de gluonların grup kuramıyla betiminin içinde yerleşik bir yinelenme bulunuyor. Buna göre bir bakıma karşı-mavi, bir kırmızı/yeşil bileşimine; karşı-kırmızı bir mavi/yeşil bileşimine; karşı-yeşil ise bir mavi/kırmızı bileşimine eşdeğer.[203] Dolayısıyla renk değiştirmeyen üç gluondan birisi –hangisi olduğu önemsiz– sayılmaz ya örnek olarak kırmızı/karşı-kırmızıyı alalım. Bu, zaten elimizde olan kırmızı/mavi/yeşil bileşimine eşdeğerdir. (Bu, çok incelikli kavramın aşırı basitleştirilmesi olup ayrıntıları, örneğin Paul Davies'in derlediği *The New Physics*'de bulunabilir.)

Bir hadronun içindeki kuarkın, salarken rengini değiştiren bir gluon diğer kuark tarafından soğurulduğunda taşıdığı karşı-renk o kuarktaki rengi götürür ve taşıdığı rengi o kuarka yükler. İkinci kuark da böylece rengini değiştirirken ilk kuarktaki değişikliğin etkisini iptal etmiş olur ki bu da hadronun renksizliğini korur. Başka deyişle gluonlar parçacık dünyasını beyaz tutmak için alınıp veriliyor. Örneğin, mavi bir yukarı kuark bir mavi/karşı-kırmızı gluon salarak kırmızı yukarı kuarka dönüşür; gluonu diyelim bir aşağı kuark soğurup mavi aşağı kuarka dönüşür. Yani tüm hadronlar renksiz kalırlar, içlerindeki kuarklar her an bir renk cümbüşü içinde renk değiştirip dursalar bile.




*Kuantum renkdinamiği 2. Kuarklar birbirleriyle gluon değiş tokuşuyla etkileşirler. Gluonlar da etkileştikleri kuarkların renk durumunu değiştirebilmek için renk taşırlar. Bu örnekte gluon bir kuarkın durumunu kırmızıdan yeşil diğerininkini de yeşilden kırmızıya döndürüyor.*

Her ne kadar kuarklar gibi gluonlar da özgür olamayıp parçacık deneylerinde doğrudan "görülmeleri" olanaksızsa da elektronların protonlardan saçılma şekilleri protonun içindeki kuark momentumlarının yarısı kadarını taşıyorlar. Kalanı elektriksel olarak nötr kütlesiz ve protonların iç yapısındaki bileşenlerden saçılan elektronlar üzerinde etkisi olmayan parçacıklar tarafından taşınmakta. Bunlar ise protonun içinde sürekli kuarklar arasında alınıp verilen gluonlardan başka bir şey olamazlar (bkz. ***parton modeli***). İşte hadronların içinde kuarkları bir arada tutan, gluonların bu sürekli değiş tokuşudur; bundan doğan renk kuvveti öyle yeğindir ki iki kuarkı 1 m ayırmak için gerekli enerjinin 1 ton yükü Yeryüzünden 1 m yukarı kaldırmak için harcanacak enerjiye eşit olduğu düşünülmektedir. Başka deyişle bir ton maddeye bütün *D*ünya'nın etkilediği kuvvet iki kuark arasındaki renk kuvvetine kabaca eşittir. Bu görünüşte, yeğin etkileşme (bkz. ***doğa kuvvetleri***) renk kuvvetinin hadronların içinden komşu hadronları etkilemek için sızan artık etkisidir. "Asıl" yeğin etkileşme KREDİ ile betimlenen kuvvettir.

Üçüncü aile kuarkların (üçüncü aile leptonlarla ilişkili olanlar) keşfi bu çerçeveye rahat rahat yerleştirilmiştir (bkz. ***standart model***).

**kuantum sayıları//quantum numbers//** Başta kuantum varlıklarına (örneğin elektron) ***tayf ölçümü*** gibi tekniklerle gözlenen özelliklerine ilişkilendirilerek etiketlenen sayı kümeleri. Önceleri gerektiklerini önsöymek bir yana, onları açıklayacak sağlam bir kuramsal temele dayandırılmadan gelişigüzel verildiler. Ama 1920'lerde ***kuantum fiziği***nin doğru dürüst bir kuramı geliştirilince bu sayıların ilişkilendikleri varlıkların fiziksel özellikleriyle anlaşılması mümkün oldu.

En iyi örnek elektronun ***spin***idir. ***Atom***un ***Bohr modeli***yle açıklanamayan tayf ölçümü muammalarından birisi, modelin en basit biçimine göre tek olarak görünmesi gerekli kimi çizgilerin çok yakın çoklulara yarılmasıdır. Bu ***enerji düzeyi*** yarılmalarını açıklamak için elektronlara azıcık farklı enerji değeri olan düzeylere yerleşme biçimine göre dört ayrı kuantum sayısı özgülemekti. Bu sayılardan üçünün açıklanması fiziksel terimlerin şu betimleriyle olur: birincisi elektronun yörüngesindeki ***açısal momentumu*** (bu fizikçilerin hâlâ yörüngeler cinsinden düşünürlerken oluyordu; ***yörüngensellerin*** de bunlara ilişkin açısal momentumları var), ikincisi yörüngenin şekli; üçüncüsü de yönelimi.

Başta dördüncü kuantum sayısı bir gizemdi. Bu, elektronun tayf çizgilerinin gözlenen yarılmalarını açıklamak için iki çeşidi olan bir ek fiziksel özelliğini gösteriyordu. Bu dördüncü kuantum sayısının elektronun "spin"ini betimlediği fikrini ilk düşünen ***Wolfgang Pauli***, 1924'te bunun, yalnızca yukarıyı ya da aşağıyı gösterebildiği için istenen çift değerli kuantum sayısını vereceğini söylemişti.

Kuantum dünyasının davranışını spin (çıkrık, topaç) gibi yaşamda alıştığımız örneklerle düşünebilmek güzel olsa da bu aslında kuantum dünyasının gizemli doğasını sakladığından, belki de kuantum sayılarını kuantum varlıklarının bilinmeyen özelliklerinin gizemli yaftaları olarak tutmak daha iyi olacak. Bu terim artık epeyce çaptan düşmüş olup sırf tarihsel ilgi taşıyor. Örneğin renkler yerine, ***kuark***lara takılan etiketleri kuantum sayıları olarak betimlemek daha iyi olabilir ya hiç kimse bunu yapmıyor.

Terimin bağlantılı bir kullanımı (o da iyice çaptan düştü ya) bir kuantum durumunun belli tür kuantumlarının sayılarını ele almak. Örneğin bir atomda bulunan bir elektronun açısal momentumu $h/2\pi$ (bkz. ***Planck sabiti***) birimiyle kuantumlanmıştır. Elektronun belli bir durumunun açısal momentum kuantum numarası $L$ ise açısal momentum $L$ çarpı $h/2\pi$ demektir. Bu bakımdan kuantum sayıları büyük olan kuantum durumları klasik davranışa yaklaşırlar çünkü L durumuyla L+1 durumu arasındaki fark minicik olup ($h/2\pi$ ile L $h/2\pi$'yi kıyaslayın) bu kuantum varlığı bir durumdan sonrakine atlarken pürüzsüz ve sürekli olarak davranacaktır.

**kuantum sıçraması//quantum jump//** Bkz. **kuantum.**

**kuantum vakumu//quantum vacuum//** Kuantum fiziğinde vakum "hiçbir şey" olmayıp belirsizlik kurallarına göre kuantum çalkalanmalarından oluşan bir fıkır fıkır sanal parçacıklar kitlesidir. Bkz. ***Casimir etkisi***.

**kuantum yorumları//quantum interpretations//** *Modeller*e ya da ilgilendiğiniz belli yorumlara bakın. Kuantum dünyasına bakışın pek çok farklı yolu olması ve hepsinin deney sonuçlarına ilişkin aynı önsöyümleri yapması kimi kişiler için akıl dışı demokrasi olarak görülüyor. İyi bir yorum sizin kuantum dünyasına ilişkin sizi mutlu edecek kişisel imgenizdir ama sizin iyi bir yorum dediğiniz benim iyi yorum olarak düşündüğümüzle aynı olmayabilir. Gerçekten de bir bağlamda iyi görünen bir yorum, bir diğer bağlamda o kadar iyi görünmeyebilir. Ama bu hiç dert değil, nasıl olsa *çift yarık deneyi* gibi deneylerin ne sonuç verdiklerinde ikimiz de anlaşıyoruz. Hafta içleri bir yorumu, hafta sonları da bir diğerini yeğleyebilirsiniz. Ama yapılmaması gereken bir şey şu ki herhangi bir yorumun Asıl Gerçek olduğuna inanmaktır. Bunların hepsi sırf sınırlı insan imgelemlerimiz için koltuk değneklerinden başka bir şey değildir; kuantum dünyasının, hiç gitmeyen ve gündelik deneyimlerimize sığmayan tuhaflığıyla baş etmenin yolları.

Ne olursa olsun en çok beğendiklerimiz, ***geçmişler üzerinden toplam*** yaklaşımı ve ***işlemsel yorum.*** Bkz. ***tutarlı geçmişler yorumu, Kopenhag yorumu, eşevresizlik, topluluk yorumu, saklı değişkenler, çoklu dünyalar yorumu, kuantum mantığı.***

Ek okuma: John Gribbin, *Schrödinger's Kittens*.

**kuantumlama//quantisation//** Enerji (öncel örnek), uzunluk ve zaman[204] gibi fiziksel parametrelerin kesikli birimlere bölünmesi. Bu, çok küçüklerin dünyasında foton ve elektron gibi varlıklara ilişkin özelliklerde sürekli, sonsuz küçük değişimler olanaksızdır; değişimler kesikli sıçramalarla (kuantum atlamaları) olmalıdır.

Yararlı bir benzetim bankaların paramatikleriyle yapılabilir. Bankamın makineleri yalnız 10 TL'nin katlarını veriyor. Yani diyelim 60 TL alabilirim ama 65 TL alamıyorum. Bu demek değildir ki 65 TL gibi ara değerler yoktur, ama makine bunları veremiyor. İlk kuantum kuramını ***Max Planck*** elektromanyetik ışınım için geliştirdiğinde (bkz. ***kara cisim ışınımı***) böylesine bir şey olduğu varsayılmıştı; atomlar elektromanyetik enerjiyi yalnız belli boylarda lokmalar olarak verebiliyorlar, oysa ara değerlerde enerjiler yasak değil. Ama durum tam böyle değil. Kuantum kuramı geliştikçe fotonlar için ara değerlere izin yok, sanki para sırf 10 TL'nin katları olarak varmış gibi.[205]

Gerçekte benzetim daha ileri götürülebilir; öyle ki para gerçekten de kuantumlanmıştır. TL için en küçük birim kuruş olup gerçek bir na-

kit tutarı tam sayıda kuruş tutarı dışında gerçekleşemez. Ama kuruş çok küçük bir para birimi olduğundan toplana toplana neredeyse her değeri bulmak mümkün olup nesneleri fiyatlandırırken sanki sürekli bir sistem gibi görünüyor. Her bir fotonun da enerjisi çok küçük olması sürekli bir ışık tayfı verilebileceğini sandırabilir. Ama benzetimi fazla itelemeyin: Fotonlar ve diğer kuantumların tersine bir kuruş fiziksel olarak küçük parçalara ayrılabilirse de artık bunlar para değeri taşımazlar.

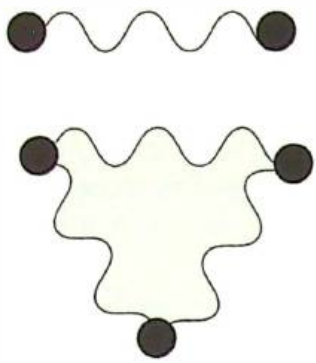
"Kuantumlama" terimi klasik bir alanın parçacıklar cinsinden betimlenebilmesi için de kullanılır. Örneğin elektromanyetik alanın foton değiş tokuşuyla, kütleçekimin (gravitasyon) gravitonlarla betimlenmeleri gibi. Bkz. *ikinci kuantumlanma*.

**kuark//quark//** Bir *temel parçacık* türünün genel adı. Tüm *hadronların* yapıldığı temel yapıtaşları. Kuarklar renk kuvvetini (bkz. *kuantum renkdinamiği*) duyumsar ve maddenin *nötron* ve *proton*lardan bir alt düzeyini oluşturur. Tüm kuarkların spinleri ½ olup kiminin elektrik yükü 2/3, kiminin ki ise -1/3'tür (elektronunki ise -1'dir). Altı *çeşni* türleri (yukarı, aşağı, acayip, tılsımlı, tepe, alt) olup üç çeşit *renk yükü* (kırmızı, yeşil, mavi) taşırlar.

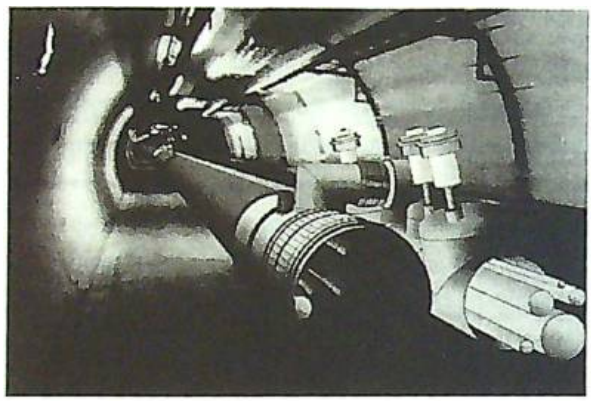
**kuark lokmaları//quark nuggets//** Maddenin, kabaca eşit sayılarda yukarı, aşağı ve acayip *kuark* içerdiği varsayılan bir biçimi. Kimi hesaplar böylesi tuhaf maddenin Evreni doğuran Büyük Patlamada üretilmiş olduğunu ve arta kalan lokmacıkların Evrende hâlâ var olabileceğini öneriyor. İddiaya girmem.

**kuark tutsaklığı//quark confinement//** Bkz. *tutsaklık, asimtotik özgürlük*.

**kuark-gluon/gluon plazması//quark-gluon plasma//** Maddenin aşırı bir hali. Evrenin doğumunu izleyen ve koşulların çok sıcak ve yoğun olduğu bir saniye kesri içinde var olduğu düşünülmekte. Bu koşullarda hadronlar birey olarak var olamayıp, kopuk kopuk bir *kuark* ve *gluon* çorbası halinde bulunurlar. Kuark-gluon "çağı," Evrenin *Planck ölçeği*nden giderek genleşmeye başlamasından yüz binde bir ($10^{-5}$) saniye sonra bitti. Artık plazma *faz geçişi* (kuark-hadron geçişi) olmasına yetecek kadar soğuyarak hadronların "katılaşıp" plazmadan ayrılmalarına yol verdi.



*Kuark. Kuarklar, gluon değiş tokuşuyla bir arada tutulma biçimlerinden dolayı tek başlarına hiç gözlenemiyor (bkz. **asimtotik özgürlük**). Bir kuark/karşı-kuark çifti bir mezon oluşturur; bir kuark üçlüsü bir baryon oluşturur. Mezon ve baryonlar birlikte hadronlar olarak bilinirler.*



***Kuark-gluon plazması.** Kuark-gluon plazması oluşturma girişimleri yakında CERN'deki BHÇ'de (LHC) başlayacak.[205] Bu bilgisayar çizimi, var LEP tüneline yerleştirilecek yeni tüpleri göstermekte.*

Yuvarlak hesap protonun kütle-enerjisi 1 GeV, hacmiyse 1 femtometre küp (1 fm = $10^{-15}$ m) kadardır. Bu ise atom çekirdeği içinde bildik maddenin edinebileceği en öte yoğunluğu ($fm^3$ başına 1 GeV) temsil ediyor. Kuark-gluon faz geçişinin ise yaklaşık 3 GeV/ $fm^3$ yoğunlukta, yani bir protonluk hacme üç protonluk enerji sığdığında olacağı hesaplanmıştır. ***CERN*** ve ***Brookhaven Ulusal Laboratuarı***ndaki deneyler bu yoğunluklara (çekirdeklerinde 118 nötron ve 79 proton bulunan altın gibi) ağır elementleri ışık hızının yüzde 99,9957'sine hızlandırıp birbirlerine vurdurarak ***Büyük Patlama***'da bulunan kuark-gluon plazmasını elde etmeye çalışıyorlar. Gereken enerji yoğunluklarına 20. Yüzyıl bitmeden erişilmesi bekleniyor (bu süreç ancak 2010 yılından başlayarak gözlenebilmeye ***CERN***'de ve Brookhaven'de başlandı.)

**kuark-hadron faz geçişi//quark-hadron phase transition//** Bkz. ***kuark-gluon plazması.***

**Kusch, Polykarp** (1911-1993) Almanya doğumlu ABD'li fizikçi. Elektronun ***manyetik momentinin*** çok sağlıklı ölçümü için ***Willis Lamb*** ile 1955 Nobel Fizik Ödülünü paylaştı. Bu, kuantum elektrodinamiği kuramının elde edilmesi yoluna gereken kilit gözlemsel kanıttı.

26 Ocak 1911'de Blankenburg'da doğan Kusch, bir yaşındayken ailesiyle ABD'ye göçtü ve 1922'de vatandaş oldu. Aile birkaç yıl değişik yerlerde kaldıktan sonra Cleveland'da yerleşti. Lisans derecesini 1931 yılında Case Teknoloji Enstitüsünden aldı. Doktorasını ise 1936'da Illinois Üniversitesinde tamamladı. Bir yıl Minnesota Üniversitesinde geçirdikten sonra Columbia Üniversitesinde ***Isaac Isidor Rabi***'yle çalışmaya başlayarak atomların manyetik alanlardan etkilenme biçimlerini incelediler; ayrıca İkinci *D*ünya Savaşında radar üzerinde çalıştıktan sonra 1946'da Columbia Üniversitesine profesör olarak döndü ve 1972'ye kadar burada kaldı. O yıl Dallas'taki Texas Üniversitesine katıldı, 1982'de emekli olduktan sonra 20 Mart 1993'te Dallas'ta öldü.

Kusch'un Nobel Ödülünü aldığı çalışma 1947'de yapıldı. Çok büyük incelikle yapılan ölçümler eldeki kuantum kuramı biçimlerine tam uymuyordu (hata yalnızca yaklaşık yüzde 0,1 kadardı). ***KEDİ***'nin ongunlarından birisi Kusch'un yaptıkları (ve de sonradan daha da inceltilenler) gibi ölçmelerin yeni kuramla inceden inceye uyuşmasıdır.

**aile//generation (family)//** Lepton ve kuarkların üç farklı takımını betimlemekte kullanılan bir terim. İlk aile elektron, nötrinosu (leptonlar) ile yukarı (*u*) ve aşağı (*d*) kuarklardan oluşmuştur. İkinci ailede müon (ağırca bir elektron) ve nötrinosu ile tılsımlı (*c*) ve acayip (*s*) kuarklar bulunur. Bunların kütleleri daha fazla olmakla birlikte özellikleri ilk ailedekileri yineler. Üçüncü ailedeki leptonlar tau ve nötrinosu ile tepe (*t*) ve alt (*b*) kuarklar, daha yüksek kütlelerdeki çeşitlemelerdir. Doğanın kendisini böylesine tekrarlamasını anlayan yok.

**kutudaki kedi düşünce deneyi//cat-in-a box thought experiment//** Bkz. ***Schrödinger'in kedisi.***

**kutudaki saat deneyi//"clock-in-a box" experiment//** Sanal bir ***düşünce deneyi*** olup ***Albert Einstein*** tarafından kuantum fiziğinin kurallarını, özellikle de kuantum belirsizliğini atlatmak için uydurmuştu. Bu, Einstein'ın ***Niels Bohr*** ile yaptığı uzun tartışma ve yazışmalarda aklına gelen birçok fikirden birisiydi. Şöyle oluyordu: Einstein aynı zamanda ölçülebilecek iki tamamlayıcı şey (kuantum bağlamında; bkz. ***tamamlayıcılık***), örneğin parçacığın kütlesi ve konumu ya da ke-

sin bir andaki kesin enerji değeri gibi. Einstein ***Max Born*** ile de aynı çizgide uzun yazışmalar yapmıştı ama bu Bohr'la tartıştıkları belirli bir örnekti.

Einstein meslektaşından bir yüzeyinde delik olan bir kutu düşünmesini istiyordu; delik, kutudaki bir saatin çalıştırdığı bir kapakla açılıp kapanabilecekti. Saat ve bu kapak dışında kutu ışınımla dolu olacaktı. Önceden belirlenmiş bir anda saat, kapağı kendiliğinden açacak ve kapanmadan önce tek bir fotonun kaçabileceği kadar bir süre açık tutacaktı. Kutu foton kaçmadan önce ve sonra tartılarak kütle-enerji eşdeğerliliğinden ötürü ikinci tartıda azıcık hafif olacaktı. Böylece ilke bakımından fotonun enerjisini ve tam ne zaman kaçtığını tam olarak bularak belirsizlik ilkesi bozulacaktı.

Gerçekten mi? Bohr, Einstein'ın görüşündeki hatayı bu gibi tartışmalarda hep yaptığı gibi işin pratik yanlarına bakarak buldu. Kutuyu nasıl tartarsın diye sordu? Bunu yerçekimi etkisinde bir yayla asabilirsin. Foton kaçmadan önce ibrenin skaladaki yerini not edersin. Sonra da kutuya ibre aynı yere gelene dek ağırlıklar katarsın. Kattığın ağırlıkların toplamı kaçan fotonun kütle-enerjisine eşittir.

Ama bütün bu ölçme süreçleri kuantum belirsizliğine katlanmak durumunda! İbrenin skalaya göre yeri ancak Heisenberg belirsizlik ilkesinin koyduğu sınırlar içinde saptanabilir. Kutunun momentumu, sıkışan ya da gevşeyen yay devindikçe değişir. İbrenin konumundaki belirsizlik ise momentumda belirsizlik demektir.[207] Böylece Bohr belirsizlik bağıntısının koyduğu sınırları aşmanın ilke bakımından olanaksızlığını göstermiş oldu.

Bütün bu tartışmanın altında yatan önemli nokta tüm deney sonuçlarının klasik fiziğin, yani sıradan olayların diliyle yorumlanmak zorunda olmasıdır; betimlediğiniz "yalnızca" bir düşünce deneyi olsa bile. Deneyin tam nasıl yapılacağını kesinkes belirlemeden "fotonun konumunu kesin olarak ölçtüğümüzü düşünelim" demek bir işe yaramaz. Deneyin gerçekten yapılması gerekmez ama bunu pratik bir şekilde nasıl kurgulanacağını düşünmek hep kuantum kurallarının savuşturulamayacağını gösteriyor. Yani, ilk kez 1920'lerin sonuna doğru tartışılan bu kutudaki saat deneyi, fenbilimi tarihine Einstein'ın niyetinin tam tersi yönünde geçerek, ne denli uğraşırsanız uğraşılsın kuantum belirsizliğinin alt edilemeyeceğini göstermektedir.

Ek okuma: Abraham Pais, *Subtle is the Lord.*

**kutuplanma //polarisation//** ***Işık*** ve bütün ***elektromanyetik ışıma***nın bir özelliği olup en iyi, ışımanın dalga niteliği ile açıklanabilir.

Işık, James Clerk Maxwell'in betimlemesinde birbirlerine dik iki enine dalgadan oluşmuştur. Işınımın, birisi elektrik diğeri de manyetik bileşenini temsil etmektedir. Kolaylık için bunlardan yalnız birisini (diyelim elektrik bileşeni) alalım. Bildik kutuplanmamış ışıkta, ışığın ilerlediği doğrultuya dik, her biri bambaşka doğrultuda bir dalga karmaşası vardır. Her bir dalga belirtilen yönde bir vektörle gösterilirken kimisi aşağı, kimisi yukarı, kimisi bir yanı, diğeri diğer yanı birçoğu da ara yönleri göstermektedir. Ama düzlemde kutuplanmış ışıkta tüm oklar aynı yönde dizilmiştir; tıpkı bir tabur askerin mızraklarını kaskatı dikine (ya da başka yöne) tutarak yürümesi gibi.

Dairesel ya da eliptik kutuplanmada ise gene bir "ok" söz konusudur ama bu ok dalga ilerledikçe saatin yelkovanı gibi dönüp durur.

Kutuplanma ışık belli doğal kristallerden geçerken, yansıtıldığında ya da yapay olarak hazırlanmış malzemelerden (güneş gözlüklerinde kullanılan Polaroid gibi) olur (bkz. ***Malus, Etienne Louis***). Kutuplanmış ışığın davranışı kuantum dünyasının kimi anahtar özelliklerini ortaya koymaktadır (bkz. ***olasılık***).

**kutuplanmış ışık//polarized light//** Bkz. ***kutuplanma.***

**kuvvet çizgileri//lines of force//** Bir alanın yönünü ve şiddetini gösteren sanal çizgiler. Bkz. ***Michael Faraday, Doğa Kuvvetleri.***

**küme//set//** Matematikte küme, belli ortak yanları olan bir nesneler öbeğidir. Bu, alfabedeki tüm ünlü harfler olabildiği gibi tüm çift sayılar kümesi de olabilir. ***Kuantum alan kuramı***nda belirli kümeler ve bunların aralarındaki ilişkiler kuantum dünyasındaki varlıkların davranışlarını betimler. Bkz. ***grup kuramı.***

**kütle azalımı//mass decrement//** Bir radyoaktif çekirdek ile onun tüm bozunma ürünlerinin kütleleri[208] toplamından farkı. Bunun sebebi bozunma ürünlerinin toplam kütlesinin ana çekirdeğinkinden az olmasıdır. Aradaki fark bu süreçte (ışıma ve ürünlerin kinetik enerji olarak eşdeğerliği gösteren $E=mc^2$ bağıntısı uyarınca) açığa çıkmaktadır.

**kütle//mass//** Bir nesnenin maddesel varlığının bir ölçüsü. Kütlenin tanımı için iki yol bulunuyor. Biri bu varlığın ağırlığına yol açan kuvvetle etkileşmesinin şiddeti (*çekim kütlesi*), diğeri ise itilip kakılmaya karşı gösterdiği direnme (***eylemsizlik kütlesi***). Bu iki kütle eşdeğer olup bunun Evrenin işleyişindeki derin bir gerçekliği gösterdiği varsayılmaktaysa da bu henüz tam anlamıyla ortaya konulamamıştır. Bkz. ***Mach ilkesi.***

Kütle ve ***enerji***, Einstein'ın $E = mc^2$ bağıntısına göre birbirlerinin yerine geçebilen kavramlar olsa da bu olgu günlük yaşamda önemli değildir (1 kg suyun sıcaklığını 273 K'den 373 K'e artırmak için gerekli enerji ancak $4 \times 10^{-22}$ kg eder. Ama bir cismi (diyelim elektronu) ışık hızının % 99'una kadar hızlandıracak enerjinin kütle eşdeğeri o cismin kütlesinin yedi katı kadardır. Bkz. ***Görelilik kuramı.***

**kütle eksikliği//mass defect//** Bir çekirdeğin kütlesiyle içindeki bileşenlerinin (nükleonlar, yani nötron ve protonlar) serbest olduklarındaki toplam kütleleri arasındaki fark. Çekirdek, kütlesi bu toplamdan küçük olduğu için kararlıdır. Kütle eksikliği çekirdeğin bağlanma enerjisine denktir ($BE = \Delta m\, c^2$).

**kütle sayısı//mass number//** Belli bir izotopun çekirdeğindeki nötron ve protonların sayısı. Nükleon sayısı olarak da bilinir.

**kütle tayfı/spektrumu//mass spectrum//** Bkz. kütle spektrometresi.

**kütle spektrometresi/tayf ölçeri//mass spectrometer//** Elektrik ve manyetik alanlar bileşimi kullanarak farklı kütlelerdeki iyonları ayırma tekniği. Yüklü bir parçacığın böylesine alanlarda devinme biçimi onun hem kütlesine hem da elektrik yüküne bağlıdır. Kütle spektrometresi bu bağlık biçimlerinden dolayı iyonların yüklerinin kütlelerine oranını doğrudan ölçer. Çoğu deneyde bu süreç tek yüklü iyonlara uygulandığından sonuç etkin olarak doğrudan kütle tayfını ölçer.

Standart denilen kütle tayf ölçerinde iyonlar önce bir elektrik alanında hızlandırılır, sonra da bir U mıknatısının kutupları arasından (daha doğrusu düzgün bir manyetik alandan) geçerken yarıçapı kütlesiyle ters orantılı bir çember yayı çizerek geçer. Ağır iyonlar az, hafifler çok sapar. Alanı geçtikten sonra iyonlar yayın ucundaki teğet boyunca yelpaze gibi açılarak giderler. Bu sırada bir dedektör (genelde bir fotodedektör) bunların, kütlelerine bağlı olan konumlarını saptar. Bu teknik aynı ***element***in farklı ***izotop***larını ayırt etmek için kullanılır.

**kütle spektrometrisi/tayf ölçümü//mass spectrometry//** Bkz. kütle spektrometresi.

**kütleçekim//gravity//** Dört temel ***doğa kuvvet***inden biri. ***Kütle***si olan her cisim arasındaki evrensel kuvvet. Bkz. ***kuantum kütleçekim*** ve ***görelilik kuramı.***

**kütleçekim alanı//gravitational field//** Kütleli bir cismin (kütlesi az ya da çok) çevresinde bulunan kütleli başka cisimlere yapacağı etkiyi göstermenin bir yolu. Bkz. ***alan.***

**kütleçekim etkileşmesi//gravitational** interaction// Bkz. ***doğa kuvvetleri.***

**kütleçekim ışınımı//gravitational radiation//** Kütleli bir cismin belli şekillerde devindiğinde uzayzamanın dokusunda ortaya çıkan çırpıntılar. İvmeli her devinimle ilişkili olan kütleçekim ışınımı ***Albert Einstein***'ın genel görelilik kuramının bir önsöyümü olup ışık hızıyla gider. Kurama göre bu ışınım ancak çok yeğin kütleçekim alanları olmadıkça hemen hemen bütünüyle yoksanabilir. Henüz doğrudan gözlenememişse de 1980'lerde ikili atarca denilen bir sistemde yapılan gözlemlerle onanmıştır.[209]

Maddenin, uzayzamanı temsil eden gergin bir lastik yaygıya gömülü katı yumrular olarak hayali olarak kütleçekim ışınımının kökenini aydınlatır. Yumrulardan birisi titreştiğinde yaygı boyunca çırpıntılar gönderir bunlar da diğer madde yumrularını titreşmeye başlatır. Bu, titreşen bir yüklü parçacığın dalgalar halinde saldığı elektromanyetik ışınımın başka yüklü parçacıkları sarsmasıyla benzeşiyor; ama kütleçekim ışımasını saptamak çok zordur; çünkü bunun şiddeti elektromanyetik ışınımın ancak $10^{-40}$'ı kadardır.

Bu sebeple kütleçekim ışımasını Yeryüzünde saptamak için 20. yüzyıldaki tüm çabalar başarısız oldu. Yapılan dedektörler yoldan geçen laboratuarların dışından geçen arabaların etkisini gösterecek kadar duyarlıydılar ancak Einstein'ın kuramı doğruysa uzaydaki olaylardan gelebilen ışınım o dedektörleri etkileyecek denli yeğin olmuyor. Bu işi sağlayabileceği umulan dedektörler ancak 21. yüzyılın başlarında yapılabilmeye başlandı ve 19. yüzyılın son çeyreğinde Albert Michelson'un varsa bile ışığın hızını etkilemediğini gösterdiği girişimölçerle yapılan Michelson-Morley deneyini andıran bir düzenekle (özgün deneyin sonucu Einstein'dan yirmi yıl kadar önce sanki özel görelilik kuramına işaret etmişti); 2015'te gerçekleştirilebilen LIGO (The Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory [Lazer Girişim Ölçerli Kütleçekim Dalgası Gözlemevi]) deneyi ise aynı düzenek Einstein'ın genel görelilik kuramını onaylamış oldu.

Uzayzamanda bu deneyde gözlenebilecek kadar büyük çırpıntılar yapabilecek böyle ışınımları oluşturacak iki kaynak bulunuyor. Birincisi bir süpernova olduğunda büyük bir yıldızın dış tabakaları patladığında içten çökmesiyle bir ***nötron yıldızı*** ya da kara delik oluşması. Böyle olgular insanın zaman ölçeğinde seyrektir ama bir süpernova patlaması Gökadamızda zaman zaman –yaklaşık ortalama 25 yılda

bir– oluyor. Olduğunda 5 mikrosaniye gibi çok kısa bir sürede bir patlamayla muazzam miktarda güneşimizin kütlesine eşdeğer ($mc^2$) bir kütleçekim ışıması oluşturur (kıyaslama için *D*ünyanın güneş çevresindeki yörüngesinde deviniminde üretilen enerjinin saniyede 200 J (200 W- büyük bir klasik ampulünkine eşdeğer) söylenebilir).

Böyle bir olgu 10 kiloparsek uzakta (Gökadamızın merkezine yakın) olsa bile *D*ünyaya erişen enerji Güneşten yaklaşık 100 saniyede bütün tayfı kapsayan toplam elektromanyetik enerjiye eşdeğer olur. Böyle bir patlayışı saptamak görece kolay olabilir. Ama bunlar seyrek olduklarından kütleçekim ışımasını saptamak için en iyi beklenti ikili atarca gibi bir sistemde (birbirinin çevresinde dolanan çok yoğun iki yıldız) oluşan kütleçekim ışımasıdır.

Böyle bir sistem bir haltercinin halterine benzer. Dönme düzleminden bakıldığında bu, kütleçekim dalgaları oluşturur, bunlar ise gözde aynı düzlemdeki çember halkalarındaki etkileriyle canlandırılabilir. Fizikçiler bu tür ışımalara "kuadrupol (dört kutuplu) ışınım" der.

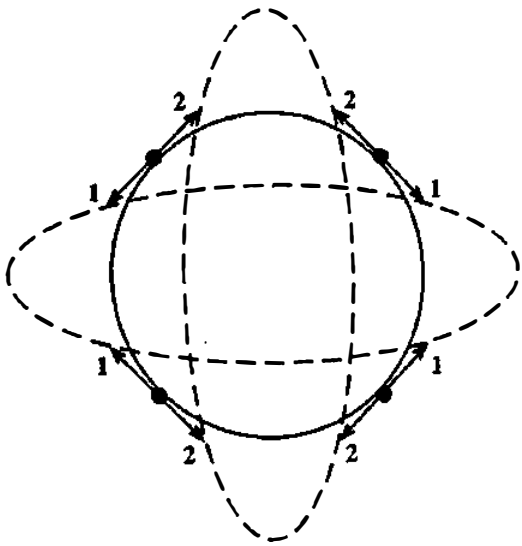
Kuadrupol ışınım en basit olarak elektrik yüklerinden salınan ışınımlarla. Bir artı bir de eksi yük çifti bir dipol oluşturur, bunlar devindiğinde (içeri-dışarı titreşerek ya da birbiri çevresinde dolanarak) dipol elektromanyetik ışınımı yaratırlar. Bir dipol bütünüyle nötr olsa da böyle ışıma yapar.

Bir çift dipol bir arada iki artı iki eksi yükle bir kuadrupol yaparlar. Böyle yerleştirilmiş yükler uygun bir şekilde devinirse (örneğin bir dipolün diğeri çevresinde dönmesi) kuadrupol ışıması yapar. Ancak elektrik yüklerinin tersine kütlenin yalnız tek "işareti" bulunuyor. Dolayısıyla elektromanyetik dipol ışınımının kütleçekimsel eşdeğeri olmaz. Birbiri çevresinde dolanan iki kütle aslında bir çift dipol gibi davransa da kütleçekimsel kuadrupol ışıması yaparlar bu da o çember halkasına yaptığı etki cinsinden canlandırılabilir.

Dalga yanından geçerken halka bir doğrultuda sıkılırken ona dik doğrultuda da eşzamanlı olarak gerilir ve bir elips şekline girer. Ardından desen tersine döner, önce halka özgün şekline sokulur sonra da önceki elipse dikey bir elipse bozar. Bu dikey iki doğrultuda itip çekme düzeni kuadrupol ışınımın belgin işaretidir. Böyle bir ışımayı saptamak için dalga geçerken uzayzamanın kıvrılıp bükülmesini gözleyecek yalnızca üç sınama kütlesini dik açılı "L" biçiminde yerleştirilmesi gerekiyor. Bir de *çok* duyarlı ölçü gereçleri gerekir.

Yeni kuşak kütleçekim ışıması dedektörleri üç ağır kütlenin yeraltına yerleştirilmiş kilometrelerce uzunlukta vakumlu tüpleri bulunur.

Sınama kütlelerinin yüzeyleri ayna kaplı olup, tüplerdeki aynalardan ileri geri lazer huzmeleriyle yoklanmakta. Dedektörün her kolundan gelen lazer ışınları bir girişimölçerde birleştirilerek sınama kütlelerinin konumlarındaki değişiklikler ışığın dalga boyu cinsinden ölçülür. Tipik bir tasarımda 3 km'lik tünellerde bunların iki ucundaki kütlelerin uzaklığı $10^{-18}$ m inceliktedir (*çekirdek* boyundan küçük).




*Kütleçekim ışınımı. Kuadrupol kütleçekim ışınımının dairesel bir halka üzerindeki etkisi. Halka elips şekline büzülür, önce bir yöne sonra da ona dik yöne. Bu, dalga halkadan geçtiği sürece tekrarlanır.*

Ek okuma: Kip Thorne, *Black Holes and Time Warps*.

**kütleçekim sabiti//gravitational constant//** Kütleçekim etkileşmesinin şiddetini gösteren bir sayı. Genellikle *G* simgesiyle gösterilir ve büyüklüğü 6,6725985 × $10^{-41}$ Newton-metre$^2$-/kilogram$^2$. Aralarındaki uzaklık *r* olan *M* ve *m* kütlelerinin birbirlerini etkiledikleri kütleçekim kuvveti $F = GMm/r^2$ bağıntısıyla verilir.

**kütle-enerji ilişkisi//mass-energy relationship//** $E = mc^2$. Bkz. *görelilik kuramı*.

**lamda (lambda)$^{210}$** Yükü sıfır, acayiplik sayısı -1, kütlesi 1115,6 MeV ile protonunkinden yüzde 20 kadar büyük olan hiperon. Bu onu en hafif acayip ***baryon*** yapar. Ömrü 2,63 × $10^{-30}$ s. Her ne kadar acayiplik yeğin etkileşmelerde korunsa da lamda zayıf etkileşmeyle bozunur ve beta bozunmasına benzer bir süreçle bir proton, elektron ve karşı-nötrinoya dönüşürken acayiplik ise kaybolur. Lamda bir yukarı kuark, bir aşağı kuark ve bir acayip kuark içerir, bir bakıma bu yukarı kuarkla-

rından birisi bir acayip kuarkla değiştirilmiş bir nötrondur. Lamda bozunduğunda acayip kuark bir yukarı kuarka dönüşür.

**Lagrange denklemi//Lagrangian//** Bir cismin yolunu (yörüngesini) belirleyen bir parametre. Lagrange denklemi bir nesnenin gittiği yolun her noktasındaki kinetik enerjisi eksi potansiyel enerjisidir. Bir cisim her zaman öyle devinir ki bütün yol üzerindeki her noktadaki Lagrange denklemlerinin toplamı (Lagrange denkleminin integrali) en küçük (minimum) olsun. Bir ışık ışını için bu, bir ışık ışının izlediği yol en kısa süreyi alacağını söyleyen ***Fermat ilkesi***yle eşdeğerdir. Daha da genel olarak bu en küçük ***eylem*** ilkesinin de bir anlatımı olup Lagrange denklemini kuantum fiziği bağlamında kullanan ***Richard Feynman*** doktora tezinde kuantum mekaniğini, klasik mekaniği de bütünüyle tek bir tam mekanik sistemi içinde yeniden düzenlemişti. Lagrange denklemine dayanan Feynman'ın mekaniği, mekaniği bütünüyle, yıldızların deviniminden elektronların devinimine kadar her şey için tek gerekendir. Bu, besbelli sebeplerle çoğu zaman kuantum mekaniğinin yol integrali biçimlenmesi olarak bilinir.

Aslında matematiği bakımından Lagrange denklemiyle çalışmak, almaşığı olan ***Hamilton fonksiyonu*** yaklaşımdan (ki bir tarihsel raslantıyla çoğu insana mekanik böyle öğretilmiştir) çok daha kolaydır; Feynman'ın doktora danışmanı olan John Wheeler, 1942'de sunduğu tezinin "kuantum mekaniğinin klasik kuramdan daha basit olduğu" anı işaretliyor. Eğer ortaöğretimde öğretmenler mekaniği daha baştan Lagrange denklemi formalizmiyle öğretecek basireti gösterseler öğrenciler hem klasik hem de kuantum mekaniğini birden öğrenebilirlerdi. Kuantum mekaniğinin onunla karşılaşan öğrencilere çoğu kez zor görünmesinin sebebi, önce eski şeyleri öğrenmemiş olmaları.

Ek okuma: John ve Mary Gribbin, *Richard Feynman, A life in Science.*

**Lagrange, Joseph Louis** (1736-1813) İtalya doğumlu (özgün adı Giuseppe Luigi Lagrangia) Matematikçi. ***Grup kuramı***nın formülasyonu için paha biçilmez teknikler geliştirmiş; ışık ışınları, yörüngelerindeki gezegenler, ve hızlandırıcılarda birbirlerinden saçılan atomaltı parçacıklar gibi türlü türlü varlığın davranışlarının betimini basitleştiren Lagrange denklemini ortaya koydu.

25 Ocak 1736'da Torino'da doğan Lagrange Fransız ve İtalyan kökenli bir aileden geliyordu. Matematikle ilgisi on yedi yaşındayken Edmund Halley'in optikte cebir kullanımına ilişkin yazdıklarını oku-

yunca başladı. 1755'te on dokuz yaşında Torino'daki topçuluk Okulunda matematik profesörü oldu (kesin tarihler kayıtlı değilse de bir yıl öncesinden orada matematik öğretmekte olduğu biliniyor). 1759'da çalışmalarının bir kısmını gönderdiği ***Leonhard Euler*** bunları yayımlaması için teşvik etti. 1760'larda zamanının en yetenekli matematikçisi olarak biliniyordu.

**Lamb kayması//Lamb shift//** Hidrojen atomunun mümkün iki kuantum düzeyi arasındaki küçük bir enerji farkı. Bu hidrojen tayfındaki bir çizginin iki bileşene ayrılmasıyla kendini gösteriyor. Oluş sebebi elektronun kendisiyle etkileşmesi olup 1947'de Willis Lamb tarafından keşfedilip ölçülmüştür. Elektronun ***Paul Dirac*** tarafından geliştirilen özgün, göreli kuantum mekaniği bu iki düzeyin kesinkes aynı enerjide olmasını belirtir; ancak bu kendisiyle etkileşme fikri bu iki enerji düzeyi arasında sonsuz fark olmasına yol açıyor! Lamb kayması 1940'ların sonunda ***kuantum elektrodinamiği*** (*KEDİ*) çerçevesinde yüklü parçacıkların elektromanyetik alanlarla etkileşme şekli bağlamında açıklanabilmiştir.

**Lamb, Willis Eugene, Jr. (1913-2008)** ABD'li fizikçi. 1955'te, hidrojen tayfının ayrıntılarını yüksek incelikle ölçümleri için Nobel Fizik Ödülünü aldı. Bunlar ***ince yapı*** incelemelerini ve ***kuantum elektrodinamiği***nin gelişmesine yol açan ***Lamb kayması*** ölçümlerini de içeriyordu.

12 Temmuz 1013'te Los Angeles'ta doğan Lamb, Berkeley'deki California Üniversitesinde 1934'te kimya lisans derecesini ve 1938'de ***Robert Oppenheimer***'in yönetiminde fizik doktorasını tamamladı. Ardından New York'ta Columbia Üniversitesinde görev alarak 1948'de profesör oldu. 1943 ile 1951 arasında bir yandan da Columbia Işınım Laboratuarında çalıştı. Nobel Ödülüne götüren kilit çalışması İkinci Dünya Savaşının bitiminden hemen sonra yapılmıştı.

Lamb 1951'de fizik profesörü olarak Stanford Üniversitesine geçti. Burada helyum tayfının aşırı ince yapısını inceledi. 1956'da Oxford Üniversitesine geçtikten sonra 1962'de Yale Üniversitesinde fizik profesörü oldu. 1974'te fizik ve optik bilimleri profesörü olduğu Arizona Üniversitesinden 2002'de emekli olan Lamb, 2008'de öldü.

**Landau, Lev Davidoviç (1908-1968)** Nötron yıldızlarının varlığını önsöyen ve süperakışkanlık kuramını geliştiren Rus fizikçi. 1962 Nobel Fizik Ödülünü daha çok sıvı helyumun davranışı üzerine kuramsal çalışmaları için aldı.

Landau 22 Ocak 1908'de Azerbaycan'da Bakü'de doğdu. Babası petrol mühendisiydi. 1922'de (14 yaşındayken) Bakü Üniversitesine girdi ve 1924'te Leningrad (şimdi St Petersburg) Üniversitesine geçti ve 1927'de mezun oldu. Ertesi yıl Leningrad Fizik-Teknik Enstitüsünde öğretim görevlisi olarak 1931'e kadar burada kaldı. 1920'lerin sonlarında Avrupa'daki birçok bilimsel araştırma kurumunda (Kopenhag'daki Niels Bohr Enstitüsü dahil) bulundu ve 1931'de SSCB'ye (Rusya) döndü. 1933 ve doktorasını tamamladığı 1934'te gene Kopenhag'a gitti. 1932'de Leningrad'dan Harkov'a geçti, önce oradaki Fizik-Teknik Enstitüsünde kuramsal fizik bölümü başkanı oldu ve 1935'te bir yandan da Harkov Üniversitesinde fizik profesörlüğüne getirildi. 1937'de ise ***Pyotr Kapitza***'nın isteğiyle Fiziksel Problemler Enstitüsünün direktörü olarak Moskova'ya gitti. Burada ilgisi Kapitza'nın öncülüğünü yaptığı süperakışkanlık alanına çevirdi. 1938'de Stalin döneminin bilim insanları ve aydınlara karşı yürüttüğü temizlik süreci çerçevesinde (saçma bir kuşkuyla) Alman casusluğu suçlamasıyla hapse atıldı. Kapitza'nın ısrarla uğraşmasıyla Sibirya'ya sürülmekten ya da diğer çağdaşlarının bir kısmı gibi izinin yitip gitmesinden kurtarılarak 1943'te Moskova Devlet Üniversitesi fizik profesörlüğüne getirildi.

Landau kuramsal fiziğin, kuantum elektrodinamiğinden astrofiziğe hemen her dalına, önemli katkılar yaptı. Ayrıca çoğu Evgeny Lifshitz'le (1917-1969) birlikte bir dizi etkileyici üst düzey ders kitabı yazdı ve Moskova'da çok başarılı bir kuramsal fizik enstitüsü kurdu. 1962'de geçirdiği ciddi bir otomobil kazasından sonra tam olarak iyileşemedi (Nobel ödülünün zamanlaması kuşkusuz bu kırılgan sağlık durumuna ve ödül çok gecikirse alacak kadar yaşayamayabileceği korkusuna bağlanabilir). 1 Nisan 1968'de Moskova'da öldü.

**Laue, Max Theodor Felix von (1879-1960)** ***X ışınları***nın kristallerde ***kırınım***a uğrayacağını önsöyen Alman kuramsal fizikçisi.

9 Ekim 1879'da aile adı henüz yalınca 'Laue' iken Koblenz yakınlarındaki Pfaffendorf'da, doğdu. 1898'de Strasbourg Üniversitesinde fizik okumaya başladı ve 1899'da Göttingen Üniversitesine geçti. 1903'te Max Planck'ın danışmanlığı altında Berlin Üniversitesinde doktorasını tamamladı. Ardından Göttingen'de iki yıl sanat okudu ve öğretmenlik sertifikası aldıysa da ***Planck*** tarafından fiziğe geri getirilerek ona Berlin'de 1905-1909 arasında bir asistanlık işi buldu. Bu dönmede Laue'nin işi büyük ölçüde yeni çıkmış olan görelilik kuramının uygulamalarıydı. Daha sonra Münih Üniversitesine geçti (önce *öğretim*

*görevlisi* (Privatdozent) olarak) ve 1912'ye kadar kaldı. Görelilik kuramına olan ilgisinin yanında optik dalgaların (ışık) kuramı üzerinde çalışmaya başladı ve bu doğrultuda eğer X ışınları (o sıralarda daha çok Röntgen ışınları deniliyordu) kuşkulanıldığı gibi kısa dalga boylu elektromanyetik dalgalarsa bir kristal örgüsündeki atomların düzenli dizilişlerinde kırınıma uğrayabilirdi. 1912'de bu önsöyümü sınamak için Laue'nin asistanı Walter Friedrich ve araştırma öğrencisi Paul Knipping'in deneyleri X ışınlarının dalga oluşunu ortaya koydu. Bu içgörüsünün sonucu olarak Laue iki yıl Zürih Üniversitesinde doçentlik yaptıktan sonra 1914'te Nobel Fizik Ödülü aldı ve Frankfurt Üniversitesinde fizik profesörü oldu. Aynı yılda ise Laue'nin babası Julius'a (askeri hukukçu bir subay) bir asalet rütbesi verilince aile adlarına 'von' eklendi. X ışını kırınımının keşfi, William ve oğlu Lawrence ***Bragg*** tarafından benimsenerek kristal yapısının incelenmesi için alet olarak kullanıldı. Von Laue, Birinci *D*ünya Savaşı sırasında Würzburg Üniversitesinde askeri iletişim sistemleri üzerinde savaş çalışmaları yaptı. Sonra da 1919'da Berlin Üniversitesinde kuramsal fizik profesörü oldu ve meslek yaşamının sonuna kadar orada kaldı. Nazi rejiminin açık bir karşıtı olup ***Albert Einstein***'ın azline karşı cesurca konuşmalar yaptı. Alman biliminin Nazileştirilmesine karşı yapabileceği en ufak şeyi bile yaptı ve sonunda 1943'te rejimin ırkçılığını protesto ederek görevinden çekildi. Savaştan sonra Alman fenbilimini yeniden kurma çalışmalarında Kayzer Wilhelm Fizik Enstitüsünün (Max Planck Enstitüsü olmadan önce) Direktör yardımcısı olarak faaldi.1951'de de Max Planck Fiziksel Kimya Enstitüsünün direktörlüğünü yaptı. 24 Nisan 1960'ta bir motor kazası sonucunda Berlin'de öldü.

**Lavoisier, Antoine** Laurent (1743-1794) Fransız kimyacı ve modern kimyanın herkesten çok babası olarak kabul edilir. En önemli katkısı filojiston kuramının yanlışlığını, yanmanın "filojiston" yitirmesiyle değil bir nesnenin havadan oksijen almasıyla kanıtlamasıdır.

26 Ağustos 1743'te Paris'te doğan Lavoisier varlıklı bir aileden geliyordu. Mazarin Kolejinde okudu ve 1768'de Fransız Bilimler Akademisine seçildi. Aynı yıl vergi toplama asistanı yapıldı; daha sonra da Krallık iltizam sisteminde kıdemli mültezim yapıldı.[211] 1772'de babası Lavoisier için bir "asalet unvanı" satın aldı. Tüm bu etkinlikler, bilimsel çalışmalarının yanı sıra yapılıp mali destek de sağlanırken, Fransız İhtilalini izleyen Terör döneminde zamansız bir sona getirdi ve Lavoisier 8 Mayıs 1794'te giyotine gönderildi. Bu iki katlı şanssızlıktı.

Çünkü Lavoisier ihtilali ilk dönemlerinde destekleyen bir devrimciydi. 1771'de evlendiği (o sırada 14 yaşında olan) karısı Marie, kimya araştırmalarında asistanlığını yapıyordu ve daha sonra (1805'te) ABD doğumlu İngiliz kimyacı ***Kont Rumford***'la evlendi.

Lawrence, Ernest Orlando (1901-1958) ***Siklotron***'u icat eden ABD'li fizikçi.

8 Ağustos 1901'de Canton Güney Dakota'da doğan Lawrence Güney Dakota Üniversitesinde okudu ve 1922'de bitirdi. Yüksek lisansını 1923'te Minnesota Üniversitesinde başladıktan sonra doktorasına Chicago'da başladı (1923-24) ve 1925'te Yale Üniversitesinde bitirdi. İki yıl Yale'de yardımcı doçentlik yaptıktan sonra Berkeley'deki California Üniversitesine katılarak ölene dek orada kaldı. Bu arada 1936'dan başlayarak da Işıma Laboratuarının direktörlüğünü yaptı. Lawrence, yıldızlarda çekirdek tepkimelerinin enerji üretimini nasıl yapabileceğiyle ilgileniyordu. Siklotronu da, protonları, ilgili olabilecek bazı çekirdeksel süreçleri inceleyebilmeye yetecek enerjilere hızlandırmak amacıyla gerçekleştirdi. Böyle bir aygıt bir kere ortaya çıktığında birçok amaç için kullanabilecekti, tıpta kullanılacak radyoizotopları üretmek, plütonyum ile neptünyumu birleştirmek (her ikisi de ilk kez 1940'ta Lawrence'in laboratuarında yapıldı). Lawrence çalışmaları (özellikle de siklotronu icadı) için 1939 Nobel Fizik Ödülünü aldı. İkinci *D*ünya Savaşı sırasında ***Manhattan Projesi***nin önemli üyelerinden birisiydi. Savaştan sonra tıpçı olan kardeşi John ile fiziğin tıbba uygulanması üzerine çalıştılar ve nötron huzmelerinin kanser sağaltımında kullanılabilmesini sağladı. Lawrence 27 Ağustos 1958'de California'daki Palo Alto'da öldü. 1961'de 103 numaralı element Işınlama Laboratuarında (Artık Lawrence Berkeley Işınlama Laboratuarı) birleştirildiğinde Lawrence'in onuruna lawrenciyum adı konuldu.

lazer//Laser// Yeğin bir tekrenkli ışık huzmesi (pek çok atomun salacağı dalgaların kesinkes uygun adım gitmelerini sağlayarak yapacak bir sistem. Özgün adı olan ***lazer*** İngilizce "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation" (ışınımın uyartılmış salınımıyla ışık yükseltilmesi) deyişinin baş harflerinden kurulmuştur. Kaynağı (atomlar, moleküller, iyonlar) uyarılmış duruma getirerek çalışır. Bu işlem kaynaktaki pek çok atomun her biri belli bir enerji düzeyine (her birinde bir elektron, enerji merdiveninin belli bir basamağına –bkz. ***Bohr modeli***– çıkartılır. İstenilen frekansta zayıf bir ışık dalgası sistemden geçerken her bir uyarılmış atomun taban durumuna düşerek

tamı tamına aynı frekansta ve aynı fazda olan fotonları, gittikçe artan ışınıma katmasıyla oluşur.

**Lebedev, Pyotr Nikolayeviç (1866-1912)** Rus fizikçi, James Clerk ***Maxwell***'in önsöydüğü ışık basıncını ilk ölçen kimse.

Lebedev 24 Şubat 1866'da (yeni düzende 8 Mart) Moskova'da doğdu. İş yönetimi ve mühendislik okudu ama fiziğe daha çok ilgi duyduğuna karara vererek 1887'de August Kundt (1839-94; Alman fizikçi. Ses hızını ölçmek için sağlam bir teknik geliştirmişti) ile çalışmak için Strasbourg'a gitti. Kaynaklar, Lebedev'in meslek yaşamının nasıl geliştiği üzerinde anlaşamamakta. Kundt 1888'de Berlin'e geçtiğinde Lebedev de onunla gitmiş olmalı. Ama Berlin Üniversitesine girebilmek için gerekli nitelikleri eksikti. Bu yüzden, gerekli çalışmaları tamamladığı halde doktorasını resmi olarak tamamlayamadan 1891'de Rusya'ya döndü ve 1892'de oradaki fizik bölümünün genç bir elemanı olarak girdi ve yalnızca 1900 yılında 'uygun' şekilde (ses, su ve elektromanyetik dalgalara ilişkin bir çalışmayla) doktorasını tamamladı. Sonra da profesörlüğe yükseltildi. 1911'de üniversite yönetimine devletin karışmasına karşı protestolara katılarak istifa etti ve 1 Mart 1912'de (yeni düzen 14 Mart) Moskova'da öldü.

En çok ışığın basıncına ilişkin çalışmalarıyla hatırlanan Lebedev bunları 1898'den 1910'a kadar zaman zaman sürdürdü. Havası boşaltılmış bir kap içinde çok hafif bir gereç kullanarak ışığın basıncını gerçekten ölçtü ve kuyrukluyıldızların kuyruklarının Güneşten öteye uzanmasının sebebinin bu olduğunu önerdi (bu kısmen doğruydu, buna ek olarak kozmik ışınlara benzer parçacıklardan oluşan güneş rüzgârı da etkilidir). Moskova'daki P.N. Lebedev Enstitüsü onun adını taşımaktadır.

**LED** İngilizce Light Emitting Diode (ışık salan diyot) sözünün baş harfleri. Elektrik enerjisini ışığa dönüştüren basit bir yarıiletken gereç. LED'ler çok az elektrik kullanırlar ve elektronik hesaplayıcılar, saatler vb. gibi düzeneklerde pillerin daha yavaş boşalmasını sağlayarak sıvı kristaller yerine kullanılmaya başlandıktan sonra son yıllarda genel aydınlatma ampullerinde yaygın olarak yer almaya başladılar.

**Lederman, Leon Max (1922-2018)** ABD'li fizikçi; müon bozunmasını inceleyerek 1962'de ***müon*** nötrinosunu varlığını doğruladı. Lederman, alt kuarkın (Bkz. ***J/psi parçacığı***) varlığına delil bulunmasına da katkıda bulundu ve 1988 Nobel Fizik Ödülünü meslektaşları ***Melvin Schwartz*** ve ***Jack Steinberger*** ile paylaştı. (Bu ödülün, ***Frederick Re-***

*ines*'in aynı ödülü, elektron nötrinosunun ilk gözlendiği deneyi için almasından yedi yıl önce verilmiş olması çok şaşırtıcı!) Bu, parçacıkların *aileler* şeklinde olması fikrine doğru temel bir adımdı.

15 Temmuz 1922'de New York Kentinde doğan Lederman lisans derecesini New York Kent Kolejinden 1943'te, yüksek lisansını (1948) ve doktorasını (1951) aynı kentteki Columbia Üniversitesinden aldıktan sonra orada kalarak 1958'de profesör oldu. 1979'da Fermilab'ın direktörü oldu ve bu konumdan 1989'da emekli oldu. Müon nötrinosunun saptanmasıyla sonuçlanan işbirliği 1960'tan 1962'ye kadar Long Isaland'da *Brookhaven Ulusal Laboratuarm*da yapıldı. Ledermnan, Schwartz ve Steinberger'den oluşan ekip öylesine dingin ve alçakgönüllüydü ki onlardan meslektaşları tarafından şaka yollu "Cinayet şirketi' olarak söz ediyorlardı.

**Lee, David M. (1931- )** ABD'li fizikçi. Sıvı helyum-3'ün süperakışkanlığının keşfi için 1996 Nobel Fizik Ödülünü paylaştı.

20 Temmuz 1931'de Rye, New York'ta doğan Rye Harvard Üniversitesinde (lisans 1952), Connecticut'ta (yüksek lisans 1955) ve Yale'de (doktora 1959) okudu. Sonra Cornell Üniversitesine katıldı. Halen orada fizik profesörü olup, arada Brookhaven'de konuk araştırmacı (1966-7), Florida Üniversitesinde (1974-5) ve San Diego'daki California Üniversitesinde (1988) de görev yaptı. Nobel Ödülü aldığı çalışma 1971 ve 1972'de Cornell'de yapıldı. O sırada araştırma öğrencisi olan Douglas Osherof helyum-3'ün çok düşük sıcaklıklarda tuhaf davrandığını gördü. Lee ve Ossheroff, Robert Richardson ile birlikte bunun süperakışkanlığın sonucu olduğunu ortaya koydular.

**Lee, Tsung Dao (1926- )** Çin'de doğan ABD'li fizikçi. Çoğunlukla adının baş harfleriyle T. D. Lee olarak anılır. *Chen Ning Yang* ile, belli koşullarda (Martin Block ve *Richard Feynman*'ın ipucu üzerine) *parite*'nin (bkz. *CP bozulması*) korunmadığını önsöydükleri ortak kuramsal çalışma için 1957 Nobel Fizik Ödülünü paylaştı. Alışılmışın dışında ödül (Çin asıllı araştırmacıların aldığı ilk Nobel Ödülü) ilgili çalışmayı izleyen yılda verildi; çünkü önsöyüm, *Chien-Shiung Wu* ve Columbia Üniversitesinden meslektaşlarının yaptığı deneyle neredeyse hemen doğrulanmıştı.

24 Kasım 1924'te Şanghay'da doğan Lee, Lawrence Bragg'dan sonra Nobel ödülü alan en genç ikinci kişiydi. Çekiang ve Ulusal Güneydoğu Birleşmiş Üniversite (Yang ile burada tanıştılar) dahil birkaç üniversitede de okudu. Yaklaşan Japon ordusundan uzak kalmak durumun-

daydı. Bu zorluklardan dolayı lisans derecesini resmen alamadı. Ama 1946'da Lee ve Yang, ikisi de Chicago Üniversitesi için devlet bursu kazandılar. Resmen mezun olmadığı halde Lee de lisansüstü programına alındı ve 1950'de beyaz cüce yıldızlar üzerine teziyle doktorasını aldı.

Astronomiye ilgisinden dolayı kısa bir süre California Üniversitesi ve Yerkes Gözlemevinde çalıştı. İlgisi parçacık fiziğine kayınca 1951'de Princeton İleri Çalışmalar Enstitüsüne 1953'te de Columbia Üniversitesine geçti. Princeton İleri Çalışmalar Enstitüsünde bir dönem (1960-63) dışında meslek yaşamının kalan kısmını Columbia'da geçirdi. Yang ile işbirliği, ayrı kurumlardayken bile sürdü. Her ikisi de 1960'ta bir türden çok nötrino olduğunu savlıyan kuramcılar arasındaydılar (Bkz. *Lederman*). İkisi ayrıca yüklü W bozonunun varlığını ve şimdi Z olarak bilinen parçacığın taşıdığı zayıf nötr akımın varlığını da önsöydüler.

**Lenard, Philip Eduard Anton** (1862-1947) Alman fizikçi. Fotoelektrik olayı inceleyerek elde ettiği deneysel delillerle ***Albert Einstein*** olayı *foton*lar cinsinden açıkladı.

Lenard 7 Haziran 1862'de (o sırada Avusturya-Macaristan İmparatorluğunda) şimdi Çekya'da bulunan Bratislava) Pozsony'de doğdu. Bir şarap tüccarının oğluydu. Bu varlıklı yetişme, Budapeşte'den Viyana'ya, Berlin'e ve sonunda 1893'te doktorasını aldığı Heidelberg'e kadar çok sayıda iyi üniversitede okuyabilmesini sağladı. Bu büyük tur, Bonn, Breslau ve Aachen'de kısa süreli öğretim görevleriyle, 1896'da Heidelberg'e dönünceye kadar sürdü. Burada iki yıl kaldıktan sonra deneysel fizik profesörü olarak Kiel'e geçti ve 1907'de yeniden Heidelberg'e döndü ve 1937'de oradan emekli olduktan sonra 20 Mayıs 1947'de Messelhausen'de öldü.

Lenard'ın fotoelektrik olayı incelemesi 1899'da Kiel Üniversitesindeyken başladı. Aynı zamanda katot ışınlarının (elektronlar) doğasını da araştırdı ve bunların ince alüminyum tabakalardan geçtiğini gösterdi. Ayrıca ***Rutherford***'un kendi atom modelini deney ve hesaplardan sonra öne sürmesinden on yıl önce atomların büyük ölçüde boş uzay olması gerektiği fikrini edindi. 1890'larda çok yer değiştirmeseydi X ışınlarını keşfedebilecekti. Sonraları da bu ve elektronlara ilişkin konularda hakkettiği halde yeteri kadar ilgi görmediğini hissetmişti. Bu keşiflerin, Wilhelm Röntgen ve J. J. Thomson'dan bilinmesine paronayakça bir tepki gösterip neredeyse saplantı halinde 1919'dan sonra *has "Alman" fiziği* (daha doğrusu bilimi) yaratma arzulayanlara katıldı. Bu eğilim, Yahudi araştırmacılarının (Einstein dahil) katkılarını yadsımayı içeriyordu.

Bu Naziler tarafından da kendi propagandaları için hemen benimsendi. Lenard ise, Nazileri açıkça ve hevesle destekleyen tek önde gelen fenbilimci olarak 1930'larda birçok Alman bilim insanının ülkeden ayrılmasından doğrudan sorumlu oldu. Bu durum Alman fiziğinin yüreğini söküp atmak gibiydi ve iyileşmesi onyıllar aldı. Olumlu denilebilecek yanı da Nazilerin nükleer silah edinememeleri oldu.



*LEP. Elektronlar gibi parçacıklar LEP gibi büyük parçacık hızlandırıcılarına girmeden, önceki kuşak fizikçilerin ancak düşleyebilecekleri enerjilere hızlandırılmaları gerekiyor. Buradaki uzun tüp LEP için enjektör öncesi hızlandırıcı olup elektron ve pozitronları sadece 600 MeV enerjiye hızlandırıyor. Bunu da LEP'ten 60 yıl kadar önce yapılmış olan özgün Cockcroft-Walton makinesiyle karşılaştırın.*

LEP İngilizce "Large Electron-Positron collider" (Büyük Elektron-Pozitron Çarpıştırıcısı) deyişinin baş harfleri. ***CERN***'de çapı 27 km olan ve bu parçacıkları 100 GeV'in üstünde enerjilere çıkaran dairesel hızlandırıcı. 1989'da çalışmaya başlayan LEP dünyada $Z^0$ parçacıkları üretimi için en iyi "fabrika"dır.

lepton ***Kuark*** olmayan altı ***temel parçacık*** (elektron, müon, tau ve ilintili nötrinoları ve de hepsinin karşı-parçacıkları) herhangi birisi. Leptonlar yeğin kuvvetten etkilenmezler ve iç yapıları olmayıp noktasal davranırlar. Tümü ***fermiyon***dur. (Bkz. ***Aile.***)

**lepton sayısı//lepton number//** Parçacıkların lepton olup olmadığını belirten bir etiket (çokluk belirtmez!). Her leptonun lepton sayısı 1, karşı-leptonlarınki ise -1, diğer her parçacığınki ise 0'dır. Dünya'daki tüm parçacık tepkimelerinde toplam lepton sayısı korunur. Yani bir lepton oluştuğunda onu dengelemek için yanı sıra bir de karşı-lepton oluşmalıdır. Ancak, fizik yasalarındaki belli belirsiz bir simetrisizlik leptonların Büyük Patlamada yaratılmalarına izin vermiş olmalı. Aynı simetrisizlik baryonların da eninde sonunda lepton ve fotonlara bozunacağını ima ediyor. Bkz. ***BBK***, ***büyük birleşik kuramlar***.

**lepton-kuark simetrisi//lepton-quark symmetry//** Lepton çiftlerinin sayısı ile kuark çiftlerinin sayısının aynı olması. Bkz. ***büyük birleşik kuramlar***.

**Lewis, Gilbert Newton** (1875-1946) Kovalent bağ fikrini icat eden ABD'li fiziksel kimyacı (bkz. ***Kimyasal bağ***).

25 Ekim 1875'te Weymouth, Massachusetts'te doğan Lewis bir avukatın oğluydu. Nebraska Üniversitesinde okuyarak hazırlandığı Harvard'a girdi ve 1896'da lisans, 1898'de yüksek lisans ve 1899'da doktora derecelerini aldı. Harvard'da bir yıl daha kaldıktan sonra bir seyahat bursuyla Göttingen ve Leipzig'de çalıştı. 1901'de ABD'ye dönerek Harvard'da aldığı görev aslında 1906'ya kadar sürdüyse de 1904-5 yıllarında Fenbilimi Bürosu için Filipinler'de çalıştı. Ardından 1907-1912 arasında MIT'de bulunduktan sonra California Üniversitesi, Berkeley'de fiziksel kimya profesörü oldu ve 1917-1918 arası savaş görevi dışında çalışmalarını orada sürdürdü. Kovalent bağ fikrini oradayken 1916'da yayımladı. Buna göre bir molekülde atomlar birer elektronlarını çift halinde paylaşırlar. Ancak bu fikrin gelişmesi on beş yıl aldı ve ABD'de ***Irving Langmuir*** (1881-1957) ve İngiltere'de Nevil Sidgwick (1873-1952) tarafından daha da geliştirildi.

Lewis ayrıca termodinamik ile asit ve bazların kuramı üzerine önemli çalışmalar yaptı. 23 Mart 1946'da Berkeley'de öldü.

**LHC//Large Hadron Collider//** Büyük Hadron Çarpıştırıcısı. Bkz. ***BHÇ***.

**Lockyer, Joseph Norman** (1836-1920) İngiliz astronom ve fizikçi. Tayf ölçümü aracılığıyla helyumu güneşte, *D*ünyada bulunmasından 30 yıl önce keşfetti.

17 mayıs 1836'da Rugby'de doğan Lockyer Londra'daki Savaş Ofisinde çalıştı, ama amatör bir astronom olarak öylesine bir ün kazandı ki 1869'da Kraliyet Derneğine üye seçildi. Aynı yıl fenbilimi dergisi *Nature*'ın kurulmasına yardımcı oldu, ve 50 yıl editörlüğünü yaptı.

1890'da güney Kensington'daki Güneş Fiziği Gözlemevinin direktörlüğüne getirildi. Bu görevde, 1911'e, gözlemevi Cambridge'e taşınıncaya kadar kaldı. 75'ine gelmiş olan Lockyer, emekli olarak Devon'da Salcombe Regis'ye gitti. Yakınlarında kendi gözlemevini kurarak 16 Ağustos 1920'deki ölümüne kadar gözlemlerine ara vermedi.

1860'larda, 1850'lerin sonunda ***Gustav Kirchhoff*** ve ***Robert Bunsen***'in geliştirdikleri tayf ölçümü, hâlâ yeni bir bilimdi. Bir tayf ölçeri bir teleskoba ekleyerek tutulma sırasında Güneş ışınlarının (aslında Güneş yüzeyinden çıkarak ayın gölgesinden kurtularak gelen ışığı) tayfını gözlemek oldukça kolay bir iştir. Ama Güneşin atmosferini tutulma yokken gözlemek çok daha zordur, çünkü Güneş yüzeyinin bütününden gelen ışığın şiddeti dedektörü bastırır. 1868'de Lockyer bu gözlemlerin olağan gün ışığında yapılabilmesini sağlayan bir teknik geliştirdi. Fransız astronom Jules Janssen de bağımsız olarak aynı fikri düşünmüştü, ve 1868'de birbirlerinden birkaç hafta arayla her ikisi de tekniği sınadılar. Janssen tayfta daha önce hiç görmediği bir nitelik, tanımadığı bir dizi karanlık çizgi (bkz. ***tayf ölçümü***) gördü ve bu verileri Lockyer'e gönderdi. O da bunu kendi gözlemleriyle onayladıktan sonra bu çizgilerin Güneş atmosferindeki ve Dünya'da bulunmayan bir elementten ileri geldiğine karar verdi. Buna, Yunanca Güneş anlamına gelen *helios*'tan helyum adını verdi. Helyum, kendine özgü tayfın yardımıyla Yeryüzünde ancak 1868'de ***William Ramsey*** ve ***William Crookes*** tarafından tanındı. İki yıl sonra Lockyer'e şövalye unvanı verildi.

**London, Fritz Wolfgang (1900-1954)** Almanya doğumlu ABD'li fizikçi. Tanınması en çok ***Walter Heitler***'le birlikte hidrojen molekülünün kovalent bağının kuantum mekaniksel betimini sağlamaları sayesinde olmuştu. Bu ***kuantum kimyasının*** doğuşuydu.

7 Mart 1900'de Breslau'da (şimdi Polonya'daki Wroclaw) London Frankfurt, Münih ve 1921'de doktorasını aldığı Bonn'da okudu. Ama bu eğitimi klasik edebiyat ve felsefe üzerineydi. 1925'te fiziğe yönelmesi ancak dört yıl öğretmenlik yaptıktan sonra oldu. Birkaç Alman üniversitesinde çalıştıktan sonra Nazilerin yönetime gelmesiyle 1933'te ülkeyi terk etti. Oxford ve Paris'te çalışan London, 1939'da ABD Kuzey Carolina'daki Duke Üniversitesinde kuramsal kimya profesörü oldu. 30 Mart 1954'te Durham'da ölünceye dek bu görevde kaldı.

London, Heitler ile işbirliğini 1927'de Zürih'te ***Schrödinger***'le çalışırken yapmıştı. 1930'da ***van der Waals kuvvetleri*** olarak bildiğimiz

olgunun şiddetini de hesapladı. Ayrıca ***süperiletkelik*** üzerinde de önce kardeşi Heinz ile sonra da kendi başına çalıştı.

**London, Heinz (1907-1970)** Almanya doğumlu İngiliz fizikçi. Süperiletkenlik, süperakışkanlık ve izotopların ayırılma teknikleri üzerine çalıştı.

7 kasım 1907'de Bonn'da doğdu. Bonn, Berlin, Münih ve 1933'te süperiletkenliğin kimi yanlarıyla ilgili doktorasını tamamladığı Breslau'da okudu. Nazizmin yükselmesiyle Almanya'yı hemen terke zorlandı. Bir süre kardeşi Fritz ile Oxford'un Clarendon Laboratuarında çalıştı. 1936'da Bristol Üniversitesine geçti. Savaş sonrası atom bombası projesinde çalıştı. 1946'dan sonra Oxford yakınlarındaki Harwell'de Atom enerjisi Araştırma Kurumunda çalıştı. Ağustos 1970'te Oxford'da öldü.

**Lorentz, Hendrik Antoon (1853-1928)** Hollandalı fizikçi. 1902'de elektromanyetizma kuramı üzerindeki çalışmalarıyla Nobel Fizik ödülü aldı.

18 Temmuz 1853'te Arnheim'de doğan Lorentz, Leiden Üniversitesinde okudu ve 1873'te bitirdi. Öğretmenlik yaparken yürüttüğü doktorasını 1875'te tamamladı. Otoriteler tez çalışmasından (*Işığın Yansıma ve Kırılma Kuramı*, iki maddesel ortamın sınırında Maxwell denklemlerinin nasıl çözüleceği) öyle etkilendiler ki 1877'de Leiden Üniversitesine kuramsal fizik profesörü getirildi. 39 yıl yürüttüğü bu görevden emekli olarak Haarlem'deki Tyler Enstitüsünün direktörü oldu. Bu görevde 4 Şubat 1928'de ölene kadar sürdürdü.

Lorentz, ***James Clerk Maxwell***'in elektromanyetizma kuramını geliştirdi ve Maxwell'in yaptığıyla Einstein'ın özel görelilik kuramı arasındaki köprüyü sağladı. Işığın, atomlardaki yüklü parçacıkların (artık bunlara elektron diyoruz) salınımlarından ileri geldiğini ileri sürdü. Lorentz 1899'da "elektron" adını koydu (aslında bu adı 1877'de George Johnston Stoney bir temel yük için önermişti) ve George Fitzgerald'dan (1851-1895) bağımsız olarak, ışık hızının büyükçe bir kesriyle devinen gözlemciler için uzay ve zamanın nasıl değiştiğini gösteren Lorentz dönüşümünü buldu (aslında yaptığı, Maxwell denklemlerinin biçimlerini değiştirmeyen bir dönüşüm bulmaktı ve bulduğunda zamanın da dönüşmesi gerektiğini görünce daha fazla ilerlemedi ve terk etti). Bkz. ***görelilik kuramı***.

**Loschmidt, Johann Joseph (1821-1895)** Alman fiziksel kimyacı. Hava moleküllerinin büyüklükleri için ilk anlamlı hesaplamayı yaptı. Loschmidt, 15 Mart 1821'de Putschim, Bohemya'da (şimdi Çekya'nın

parçası) doğdu. Prag ve Viyana'da okudu iş hayatında başarısız oldu (1854'te iflas etti) ve Viyana'da fenbilgisi öğretmeni oldu. 1865'te bir santimetreküp havadaki moleküllerin sayısını hesapladı (bkz. ***Loschmidt sayısı***.), sonucu modern değerden 30 kere küçüktü. 1866'da Viyana Üniversitesinde öğretim görevlisi oldu ve iki yıl sonra yardımcı doçent olarak geleceğini güvenlik altına aldı.

**Loschmidt sabiti** 1 metreküp ideal gaz içinde standart sıcaklık ve basınç koşullarındaki molekül sayısı. Bu 1 santimetre küpteki sayı olan ***Loschmidt sayısı***nın bir milyon katıdır. Bkz. ***atom, Avogadro sayısı***.

**Loschmidt sayısı** 1 santimetreküp havadaki moleküllerin sayısı için 1865'te ***Joseph Loschmidt***'in ilk yaptığı hesabın sonucu, bkz. ***atom, Avogadro sayısı***.

Loschmidt'in yaklaşımının özü şöyle: moleküllerin iki özelliğini birlikte belirleyecek iki denklem takımını kullandı. Bunlar büyüklükleri ve ***Avogadro sayısı***dır. Yani lise matematik derslerinden hatırlayacağımız iki bilinmeyen için iki denklem.

Loschmidt'in hesaplaması gaz moleküllerinin birbirleriyle iki çarpışma arasında ortalama ne kadar yol gittikleri –ortalama serbest yol– ve tüm moleküllerin toplu hacimlerinin gazın bulunduğu hacme oranı. Sıvılarda moleküllerin birbirlerine değdiğini varsayması moleküllerin hacmine ilişkin oldukça anlamlı bir fikir veriyordu. Sıvı buharlaştığında kapladığı hacmin geri kalanı da moleküllerin "uçuştuğu" boş uzay olacaktı. "Uçuşma" burada gerçekten işe yarar bir kelime. 0 °C'de hava molekülleri saniyede birkaç yüz metre hızla devinirler. Bu, ***Lord Kelvin*** gibi, kinetik kuram öncülerinin 19. yüzyılın ikinci yarısında bir gazın uyguladığı basıncın, gaz daha küçük bir hacme sıkıştırıldığında nasıl değişeceğini incelemelerinde çok değer verdikleri bir şeydi.

Hesaplarını oksijen ile azotun karışımı olan hava için yaptığından Loschmidt'in sıvı oksijen ve sıvı azotun yoğunluklarını tahmin etmek zorundaydı. Bunlar pek sağlıklı olmasa da hesap sonuçları bugün için bile anlamlı sayılabilirler. Loschmidt, tipik bir hava molekülünün çapı milimetrenin milyonda biri kadar olmalı demişti, bu da Avogadro sayısı için 1866'da $0{,}5 \times 10^{23}$ değerini veriyordu. Loschmidt sayısının güncel değeri ise $2{,}686763 \times 10^{19}$'dur.

Bu arada güncel verileri kullanarak hava moleküllerinin ortalama serbest yolu 0°C'de metrenin 13 milyonda biri, bir oksijen molekülü aynı sıcaklıkta havada saniyede 461 metre gider. Yani her saniye 3,5 milyardan fazla çarpışma yapıyor.

**LSP** Bkz. ***EHSE***

**Lucretius (Titus Lucretius** Carus) (yaklaşık MÖ 95-55) Romalı filozof/ozan. ***De rerum natura*** (Doğadaki Nesneler Üzerine) adıyla yazdığı ve ***Epiküros***'un fikirlerini yansıtırken özellikle sonsuz boşlukta devinen atomlar kavramına dayanan uzun şiiri, bunun Arapça çevirisi orta çağlarda yeniden Latinceye çevrilerek modern atom fikrinin temeli olmuştur.[212]

**lüminesans (ışıldama)** Bir nesneden, sıcaklık dışında bir dış etkiyle uyartılmasıyla ışık salması. Bu etki, örneğin ***X ışını*** ya da e***lektron***lar olabilir. Bkz. ***floresans, fosforesans.***

**Lyman, Theodore** (1874-1954) ABD'li fizikçi. 1914'te hidrojen tayfındaki kesikli çizgilerin ***Lyman serisi***ni keşfetti.

23 Kasım 1874'te Boston'da doğan Lyman Harvard'da okudu ve 1900 yılında doktorasını aldı. Daha sonra Cambridge ve Göttingen Üniversitelerinde doktora sonrası çalışmalar yaptı ve Harvard'a dönerek 1902'de öğretim görevlisi 1907'de de öğretim üyeliğine başladı ve bunun tüm aşamalarına (yar. doç., doç. ve prof.) yükseltilirken bir yandan da 1910'da getirildiği Jefferson Fizik Laboratuarlarının direktörlüğünü, 1947'deki emekliliğine kadar sürdürdü (bu arada Birinci *D*ünya Savaşında Muhabere Komutanlığında çalıştı. Lyman'ın tüm bilimsel çalışmaları tayfın morötesi kısmına ilişkin olup ünlü keşfi de bu bölgededir. 11 Ekim 1954'te Bookline Massachusetts'te öldü.

**Lyman alfa** Bkz. ***Lyman serisi.***

**Lyman serisi** Hidrojen tayfının morötesi kısmında bulunan ve *Johann **Balmer***'in görünen kısımda matematiksel düzenini belirlediği kesikli çizgi dizisinin benzeri olan morötesi diziyi 1914'te ***Theodore Lyman*** keşfetti. Bu, atomun Bohr modelinin sağlamlığına ilişkin önemli bir onaylamaydı. Bu serinin ilk ve en parlak (ve en uzun dalga boylu) çizgisine ***Lyman alfa*** çizgisi denilir. Bu değer 121,57 nanometre olup diğer çizgilerin dalga boyları daha kısadır. Bkz. ***Balmer serisi.***

**M kuramı//M theory//** Bkz. ***sicim kuramı, zarlar.***

**Mach, Ernst** (1838-1916) Avusturyalı fizikçi; adı bugün en çok ***Mach sayısı*** deyişiyle geçer. Bu bir nesnenin bulunduğu ortamdaki hızının, sesin o ortamdaki hızına oranıdır (Mach 1, sesin hızı, Mach 0,5 ses hızının yarısı, Mach 2 ses hızının iki katı ...).

Ama Mach; fenbilimcilerin Evren ve bunu betimlemek için kullandıkları hem geniş hem küçük ölçekli modeller üzerindeki düşünüşleri-

ne ilişkin derinliğine inen katkılar yaptı. Bu fikirler hem ***Albert Einstein***'ı (genel görelilik üzerinde çalışırken) hem de kuantum öncülerini (kuantum mekaniğinin ilk sürümlerini geliştirirlerken) etkilemişti. Mach'ın düşünceleri son zamanlarda hem kozmologların hem de kuantum fizikçilerinin ilgilerini yeniledi (bkz. ***Mach ilkesi***).

18 Şubat 1838'de Moravya, Turas'ta (o sıralarda Avusturya-Macaristan İmparatorluğunda, şimdi Çekya) doğan Mach, 1840'ta ailesiyle Viyana yakınlarında Unter Siebenbrun'a taşındı. On beş yaşına kadar ailesi ona evde eğitim verdi. İki yıl, fenbilimine ilgisini uyandıran yerel gimnazyuma devam ettikten sonra 1855'te Viyana Üniversitesine girdi ve 1860'ta elektrik üzerine doktorasını aldı.

Mach, ardından Viyana Üniversitesinde *öğretim görevlisi* olarak ders verdi. Ayrıca biraz fazla gelir için halka açık dersler de verdi ve iki kitap yazdı. 1864'te Graz Üniversitesine, önce matematik profesörü, 1868'den itibaren de fizik profesörü oldu, ancak bu görev kısa sürdü ve Mach 1867'de bu kez deneysel fizik profesörü olarak Prag'a geçti. Burada 28 yıl geçirdikten sonra 1895'te tarih ve tümevarımsal bilim kuramı profesörü olarak Viyana'ya döndü.

Mach, Viyana'daki ilk araştırma günlerinde ses üzerinde çalıştı; 1840'larda Prag'da çalışırken ses yüksekliğiyle (nota, frekans) ses kaynağının hızı arasındaki ilişkiyi önsöyen Johannes Doppler'in (1803-1853) yaptıklarını izliyordu. Doppler daha sonra Viyana'ya geçti, yani Mach'ın çalışması bir nevi doğrudan Doppler'inkinin devamıydı. Ama bu deneysel fizikteki kılgın işlerin (burada bunların yalnızca küçük bir kesrine değindik) yanı sıra Mach, çalışma yaşamının başından beri algılamanın doğası gibi daha soyut problemlerle ilgileniyordu. Bu, Mach hiçbir zaman filozof olarak düşünmediyse de, en iyi şekilde bilim felsefesi olarak betimlenebilecek bir yapıya evrildi. Savladığı şöyleydi: fenbilimsel keşiflerin doğası dünyayı kafalarımızın içinde canlandırma şeklimizi değiştirir böylece de daha sonraki keşifleri yorumumuz bunlardan önceki keşifleri bilmemizle renklenir. Dolayısıyla eğer keşifler farklı sırayla yapılmışsa (fenbilimsel modellerin günümüzdeki anlamları bağlamında çok önemli bir sorundur; bkz. Martin Krieger, *Doing Physics* ve Andrew Pickering, *Constucting Quarks*) bizim de değişik bir fenbilimsel dünya görüşümüz olabilir.

Özellikle, Mach demişti ki, duyularımızla doğrudan algılanmayan hiçbir şey gerçek bir varlık olarak düşünülemez. Bu onu atom kavramını, atom kuramı hızla gelişirken ve meslektaşları tarafından artan bir ciddiyetle kabullenilirken reddetmeye yöneltti.

Yaşamı süresince bu gibi görüşler Mach'ın meslektaşları tarafından kaçık biri olarak düşünüldü; 1920'lerde ***Niels Bohr*** ve diğerleri kuantum kuramını geliştirdiklerinde Mach'ın fikirlerini, gözleninceye kadar yalnızca olasılık dalgaları olarak var olan varlıklar için yararlı zihinsel gerekçe olarak görüyorlardı. O anda da dalga fonksiyonunun çökmesi elektronu (ya da her neyse, geçici olarak) gerçek yapıyor. Kopenhag yorumunun kesin anlatımına göre yalnızca duyularımızla doğrudan algıladığımız –bir irenin devinimi, bir sayacın tıklaması, iki delik deneyindeki aydınlık ve karanlık desenler– varlıklar gerçektir. Başka her şey, tıklamayı sayacın tüpünden geçen elektronun yapması, ya da ışık ve gölgenin yaptığı deseni yapan girişen dalgalar yalnızca çıkarımdır.

Mach'ın diğer kalıcı katkısı ilk kitaplarından birisi olan ve 1863'te daha 25 yaşında Viyana'da basit bir öğretim görevlisiyken yazdığı *Die Mechanik* olup, şimdi Mach ilkesi olarak bildiğimiz fikri bunun içinde yazmıştı. Bu o sırada ve de o günden beri zaman zaman tartışılıp durmakta. İlke şöyle: bir nesnenin eylemsizlik kütlesi Evrendeki tüm diğer kütlelerin varlığıyla mümkündür. Einstein bu fikirden büyük ölçüde etkilendi ve bunu genel görelilik ilkesi olacak yapıyla birleştirdi. Bunda ancak kısmen başarılı oldu. Ama yine de Mach'ı huzursuzlandırmayı başardı. Einstein'ın kuramını beğenmeyen Mach, Einstein'ın yaptıklarını eleştirecek kitabının erken aşamalarındayken öldü.

O sırada Mach 78 yaşındaydı. 1897'de kalp krizi geçirdikten sonra 1901'e kadar Viyana'da kaldı. Ayrıldığında da Avusturya parlamentosuna üye yapıldı ve on iki yıl görev yaptı. 1913'te kamu görevinden ayrılarak Münih yakınlarında Vaterstetten'deki oğlunun yanında yaşamaya başladı ve 19 Şubat 1916'da öldü.

**Mach ilkesi//Mach's principle//** Bir nesnenin eylemsizliğinin, onun Evrendeki diğer kütlelerin hepsiyle ilişkisine bağlı olduğu fikri. Mach tarafından 1860'larda geliştirilen bu fikir Galileo ve Isaac Newton'ın 17. yüzyıldaki düşünüşlerine dek gider, ama adını Mach'ın yaptıklarından kuvvetle etkilenmiş olan Albert Einstein 1918'de koydu.

Anlaşılan bir nesneye kuvvetlerin etkilediği şeyi, nesnenin hızının değil de ivmesinin ortaya koyduğunun ilk farkına varan Galileo olmuştu. Yeryüzünde dış kuvvetler (sürtünme gibi) hep etkilidir. Dolayısıyla bunun sabit hızla (da) gitmesi için onu itip durmalıyız. Ama doğal eğilim hep aynı yönde ve sabit hızla devinmektir (bkz. ***Newton'ın devinim yasaları***). Ama hızları ve ivmeleri neye göre ölçeriz?

Newton, Evrende yeğlenen bir referans çerçevesi olmak gerektiğini düşündü. Bunu mutlak uzay olarak tanımlıyordu. Uzay pek elle tutulur, gözle görülür bir şey değil; örneğin içine bir çivi çakıp da hızımızı ona göre ölçemeyiz. Ama Newton yeğlenen çerçevenin dönen cisimler üzerindeki deneylerle ortaya konulabileceğini düşündü; özellikle bir kova suyla. Deneyi 1686'da ünlü kitabı *Principia*'da betimlemişti:

> Mutlak devinimi bağıl/göreli devinimden ayırt eden etkiler dairesel devinimin ekseninden öteye olan kuvvettir. ... Eğer uzun bir urganla asılı bir kap sıkı sıkı döndürülürse kordon iyice burulur. Kap sonra suyla doldurulup su durgunlaştıktan sonra salıverilirse kordon burulmayı açarken suyun yüzeyi başta düzgünlüğünü korurken devinim yavaşça suya da iletildiğinde önce hafifçe dönmeye ve azar azar ortasından uzaklaşmaya, giderek de kabın çeperinde yükselmeye başlayarak içbükey bir şekil alır (deneyimlediğim gibi) ve de devinim hızlandıkça su daha yükselir.

Newton bizim bugün merkezkaç kuvvet dediğimiz şeyi anlatıyor. Söylediği 'deneyimlediğim gibi' sözü yerindedir çünkü çoğu öncüleri ve çağcıllarının tersine Newton gerçekten deney yapardı. O, nesnelerin ideal bir dünyada nasıl davranması 'gerektiğini' sırf hayal etmedi. Bu olguyu sizler de küçük bir ölçekte, fincanınızdaki kahve ya da çayı hızla karıştırarak deneyimleyebilirsiniz. Sıvı merkezkaç kuvvetle çeperlere doğru (ve de yukarıya) itilir ve ortası çukurlaşır. Ama Newton'ın gösterdiği şey kaba göre devinme değil sıvının bir bakıma mutlak devinimi.

Newton onun sabit (ya da mutlak) uzaya göre devindiğini söylüyor. Ama 30 yıl sonra İrlandalı filozof ve matematikçi (ve Piskopos) Berkeley (1685-1753) her devinimin bağıl (göreli) olduğunu ve bir şeye göre ölçülmek gerektiğini savlamıştı. "Mutlak uzay" algılanamadığından bir referans noktası olarak işe yaramaz demişti. Evrende tek bir küre dışında hiçbir şey yoksa, diye sürdürdü, bu kürenin hiçbir devinimiden söz edilemez. Eğer iki adet iyice düzgün yüzeyli iki küre birbiri çevresinde dolanıyorsa bu devinimin de ölçülmesi söz konusu olamaz. Şimdi diyelim ki "sabit yıldızların gökyüzü aniden yaratıldı ve biz de kürelerin devinimlerini Evrenin değişik kısımlarına göre konumlarını düşünebilecek durumda oluruz." Özünde Berkeley'in savına göre fincandaki kahve, fincan çeperlerine göre yükselmesinin uzak yıldızlara ve gökadalara göre ivmeli olmasından ileri geldiğini biliyor.



*Mach ilkesi. Atlıkarıncada bir çember boyunca dönüp dururken 'merkezkaç kuvvet' dışarıya doğru savrulmamıza yol açar. Mach ilkesine göre bu uzak yıldız ve gökadalara göre döndüğümüz için olmakta.*

Aynı sav, doğru çizgi üzerindeki ivmeye de uygulanabilir. Berkeley'in akıl yürütüşü der ki duran arabada otururken birden devinmenin başlamasının verdiği ivmeyle sırtınızın koltuğa yapışması gövdenizin uzak yıldızlara ve gökadalara göre ivme kazanmasıdır. Ama Berkeley zamanının 150 yıl ötesindeydi. Her ne kadar 18. yüzyılda fikirleri biraz tartışma yarattıysa da büyük ölçüde yadsındılar. Bu fikre gerçek ilgi 1860'larda Ernst Mach'ın ele almasıyla birlikte gelişti.

Mach, Berkeley'in ileri sürdüğü fikirlere pek az şey kattı. Ama yine de kafa karıştırıcı bir şey ileri sürmüştü: *D*ünya'nın ekvatordaki şişkinliğini merkezkaç kuvvetlerle açıklamak istiyorsak "*D*ünya'nın kendi ekseni çevresinde döndüğü ya da o dururken sabit yıldızların onun çevresinde dolandığı" hiç fark etmez. Şişkinlikten sorumlu olan bağıl/göreli devinimdir.

Einstein genel görelilik kuramını geliştirmeye giriştiğinde niyeti Mach ilkesini doğal bir sonuç olarak verecek bir kuram elde etmekti. Ama ancak kısmen başarabildi. ***Genel kuramın*** denklemlerinin uzak nesnelerle ivmeli devinim arasındaki geri bildirimi kapsaması ancak Evrenin kapalı olması yani şimdiki genişlemenin günün birinde geri dönüp 'Büyük Çöküş'e geçmesine, yani doğduğu Büyük Patlamayı yansıtmaya yetecek kadar kütle içermesiyle olabilir. Ama şimdilerde yeğlenen Evrenin nasıl doğduğuna ilişkin kuram Evrenin gerçekten kapalı olduğunu önerdiğinden bu pek bir sıkıntı değil. Mach İlkesinin Evrenin yazgısıyla bağlantısı 1990'larda süren araştırma konusuydu. Cambridge Üniversitesinden Donald Lynden-Berg bu bağlantının kurulmasına son yıllarda ışık tutanlardan birisidir.

Evrenin kapalılığı yönündeki kanıtlar, elektromanyetik etkileşmelerin nasıl çalıştığına ilişkin ana akım çalışmalarının dışındaki ***Wheeler-Feynman soğurma kuramı***nın görüşünü de yeğliyor. Bu, böyle etkileşmeleri (örneğin iki elektron arasındaki) bir parçacıktan çıkarak diğerine giden, onu irkilterek zamanda geri giderek sonucu anında gerçekleştirecek bir etkileşme tetikliyor. Bu da ışıma direnci denilen bir tür elektriksel eylemsizlik doğuruyor. Mach ilkesinin bir yorumu, *D*ünya üzerinde bir nesne ile Evrendeki bütün kütle (örneğin benimle bilgisayarım) arasında aynı tür bir zamanda ileri-geri etkileşmeyle ilgili; böylece bilgisayarım onu ittiğimde nasıl bir direnç göstermesi gerektiğini ansızın "bilir."

Kulağa tuhaf gelse de tüm bu fikirler bir kütleçekim ve eylemsizlik modeliyle ilişkilendirilmiştir. Kuantum düzeyindeki bu modeli California Üniversitesinden Shu-Yuan Chu önerdi. Chu, bir ***sicim kuramı*** gelişimi olarak kütleçekimin Wheeler-Feynman kuramının önerdiği, nesneler arasındaki zamanda simetrili alışveriş etkileşmeleriyle açıklanabileceğini buldu. Kütleçekim, sicimler arasındaki etkileşmelerin bir ortalaması olarak ortaya çıkıyor. Bu sicimler bir tür kilim (uzayzaman) dokuyor. Bu da yalnız sicimlerden çok daha büyük uzaklıklar üzerinde düzgün görünürler ki bu, sıradan deneyimler için bir zorluk getirmez çünkü sicimlerin boyları yalnızca $10^{-35}$ m kadar. Chu'nun sözleriyle "klasik mekanik denge koşulunu betimler (böylece klasik mekanikte hiç olasılıkçı anlatım bulunmaz) kuantum mekaniği çırpıntıları, ***yol integrali*** biçimlemesi ise sistemdeki muazzam sayılardaki sicimler üzerinden toplamalardan gelir." Chu bu fikirler üzerinde çalışmaktayken 1998'de öldü.

Şunu vurgulamak isteriz; bunlar, şimdilerde Evrenin nasıl işlediğine ilişkin edinilmiş bilgelik değildir, ama model tutarlı olup sarmalayan Evrenle bugün fizikçilerin üzerinde durdukları en küçük varlıkları bağlarken kuantum kuramıyla kütleçekim tek bir torbada birleştiriyor. Bkz. ***değiş tokuşsal yorum.***

Ek okuma: John Gribbin, *Schrödinger's Kittens.*

**makroskopik sistem** Bkz. ***karşılığı bulunma ilkesi.***

**Maiman, Theodore Harald (1927-2007)** ABD'li fizikçi. Miami'deki Hughes Araştırma Laboratuarlarında çalışırken 1960'ta ***lazer***'i geliştirdi.

11 Temmuz 1927'de doğan Maiman bir elektrik mühendisinin oğluydu. ABD Deniz Kuvvetlerinde askerlik yaptıktan sonra Columbia Üniversitesinde (lisans 1949), Stanford Üniversitesinde (yüksek li-

sans 1951, doktora 1955) okudu. Sonra da Hughes'a katıldı. Lazeri, geliştirdikten sonra (daha önce icat edilmiş olan ***mazer*** ilkeleri üzerine yaparak) Maiman, Hughes'ten ayrıldı ve 1962'de yüksek güçlü lazerler üretmek için kendi firması olan Korad'ı kurdu. İşletmelere olan ilgisi sürüyordu 1968'de Maiman ve Arkadaşları, 1972'de Laze Video Firması izledi. 1977'de Los Angeles'ta TRW Elektronik'e asbaşkan ve ileri teknolojiler direktörü olarak katıldı. Maiman 6 Mayıs 2007'de öldü.

**Malus, Etienne Louise (1775-1812)** Fransız fizikçi; ışığın polarizasyonunu keşfetti.

Malus 23 Haziran 1775'te Paris'te doğdu. On sekiz yaşında bir yıl askerlik görevi yaptıktan sonra Paris'te yeni açılmış olan Ecole Polytchnique'in[213] ilk öğrencilerindendi. Burada iki yıl kaldıktan sonra 1796'da istihkam birliklerinde genç subay oldu. Napoléon'un Mısır seferine kapıldı ama hastalandığı için 1801'de geri gönderildi. İzleyen birkaç yıl ülkenin çeşitli yerlerinde askeri mühendis olarak görev yaparken Malus bir yandan fen deneyleri yapıyor, ve de Ecole Polytechnique'te sınav görevliliği yaptığı için sık sık Paris'e gelip başka fenbilimcilerle görüşebiliyordu. 1808'de binbaşılığa yükseltilerek Paris'e getirildi ancak sağlık sorunları bu durumu değerlendirmesini engelliyordu. 23 Şubat 1812'de veremden öldü.

Malus Mısır'dayken ışığa ilgi göstermeye başladı, ama onu hatırlatan deneyleri 1807 ve 1708'de yaptı. Işığın İzlanda sparı denilen bir kristalden geçerken iki bileşene ayrıldığı biliniyordu. ***Christiaan Huygens*** bu çift kırılmanın davranışını betimleyen kuralları bulduysa da bu ışığın dalga modeline dayandığı için pek ilgi çekmiyordu. Malus bu kristalle binaların camlarından yansıyan ışığa bakarken çift ışının yalnız birisinin görüldüğünü fark etti. Çift kırılmadan çıkan iki ışını bir su yüzeyine belli açıda yöneltildiğinde birisinin yansıdığını diğerinin ise yalnız kırılarak girdiği görülür. Tüm bunları, kutuplanma adını verdiği olguyla açıklayabiliyordu.

Malus'a göre ışık bir parçacıklar akışıdır. Ama her parçacığın beli bir özyönelimi bulunuyor (bir ortaçağ askeri düşünün; mızrağını ya düşey ya da yatay tutuyor). Çift kırılmaya sebep olan kristal içinde iki yol var, birisi bir yönelim diğeri ise öteki yönelimdeki parçacıkları geçiriyor. Dolayısıyla kristalden çıkan iki ışının parçacıkların özyönelimleri birbirlerine dik durumlu ('yukarı ve 'çapraz').[214] Bunlardan birisi başka bir kristale girdiğinde de bir tek ışın olarak geçip çıkacaktır.

Malus'un ölümünden kısa bir süre sonra ışığın parçacık modeli ***Thomas Young*** ve ***Augustin Fresnel*** sayesinde dalga modeliyle değiştirildi. 1821'de Fresnel kutuplanmayı enine dalgalar olarak açıklamıştı. Ama yatay ve düşey yönelimler görüntüsü hiç fena fikir değilmiş.

**Manhattan projesi** İkici *D*ünya Savaşı sırasında ilk atom bombasının yapılacağı projenin kod adı. Günün, ***Hans Bethe, Enrico Fermi, Robert Oppenheimer*** ve ***Richard Feynman*** gibi önde gelen kuantum fizikçilerinin birçoğu projeyle ilgilenmekteydi.

**manyetik geçirgenlik//magnetic permeability//** Bkz. ***geçirgenlik.***

**manyetik moment** Manyetik dipol (iki kutuplu) momenti olarak da bilinir. Bir manyetik dipolü manyetik alan içinde etkileyen döndürücü burgunun (kuvvet momenti) –bir ucundaki kuzey kutbu, alanı bir yöne iterken diğer uçtaki güney kutbu ise ters yöne iter– bir ölçüsü. Elektrik yükü bulunan tüm parçacıkların net yükleri sıfır bile olsa yük dağılımlarının biçiminden dolayı manyetik momenti bulunur ve manyetik alandan etkilenirler. Bkz. ***spin***, ***kuark*** ve de ***KEDİ.***

**manyetik monopol//magnetic monopole//** Bkz. ***monopol.***

**manyetik sabit//magnetic constant//** Boş uzayın geçirgenliği olarak da bilinir. Bir makul birimler sisteminde bunun 1 olması gerekirdi, çünkü boş uzayın manyetik alan üzerindeki etkisi her şeyin etkisinden daha azdır. Kimi birim sistemlerinde –***SI*** dahil– manyetik sabitin değeri $4\pi \times 10^{-7}$ H/m. Bu saçmalık[215] uygulamada tüm geçirgenlikler bu değere bölünerek bağıl geçirgenlikler elde edilir; bu durumda bağıl manyetik sabit 1 olacaktır. Bkz. ***geçirgenlik.***

**manyetizma//magnetism//** ***Elektromanyetik kuvvet***in bir bileşeni. Devinen yüklerin yörüngelerine dik düzlemlerde oluşturdukları bir kuvvet alanı. Bkz. ***ferromanyetizma.***

**maser** Bkz. ***mazer.***

**matrisler//matrices//** Sayı ya da başka matematiksel yapıların iki boyutlu (satır-sütun) dizilimi (dikdörtgen bir kafes teli gibi); belli bir matematiksel küme ya da grubun elemanlarını temsil eder. Satır ve sütun sayılarının eşit olduğu kare matrisler özel bir şekildir. Bunların iyi tanımlanmış toplanma ve çarpılma kuralları vardır; bunların davranışlarının önemli bir niteliği çarpılmalarının sıra değişimli olmamasıdır. Dahası, bunlar kuantum varlıklarının ve etkileşmelerinin özelliklerini ifade etmenin elverişli bir aracıdır (bkz. ***matris mekaniği***).

**matris mekaniği//matrix mechanics//** Kuantum mekaniğinin ilk tam ve kendisiyle tutarlı betimlenmesi. Esas olarak 1925'te ***Werner Heisenberg*** tarafından geliştirildi.

1925'in başlarında kuantum dünyasının eşdeğer bir davranış izlemi çözülüp, sonra 'yanıt' elle ufak tefek kuantum davranışı eklenip ayarlanır denklemler deney sonuçlarına uyuncaya dek kurcalanırdı. Max Jammer, *The Conceptual Developement of Quantum Mechanics* (kuantum mekaniğinin kavramsal gelişimi) adlı kitabında durumu "varsayımlar, ilkeler ve hesap tanımlarının içler acısı bir hokus pokusu" olarak betimliyor: Hiç kimsenin bu karmaşayı temizlemek için uyumlu bir kuramın nasıl yapılacağına ilişkin en zayıf bir fikri yoktu.

Heisenberg doktorasını 1923'te Münih Üniversitesinde tamamladı. Kuantum kuramıyla "büyümüş" ilk fizikçilerden biriydi. ***Niels Bohr*** ile Kopenhag'da birkaç ay geçirdikten sonra Heisenberg 1924'te Göttingen'de ***Max Born***'un asistanı oldu. Dönüm noktasının anahtarı Göttingen'e neredeyse varır varmaz edindiği bir fikirdi. Tam olarak ilk kimin dile getirdiğini sonradan pek hatırlayan yok. Fikrin temeli şuydu: bir fizik kuramı yalnızca deneylerle gözlenebilecek şeylerle ilgilenmelidir. Kulağa klişe gibi geliyor ama bu çok önemli bir içgörü. Elektronları atom çekirdeğinin çevresinde eliptik yörüngelerde dolanan küçücük toplar olarak göremiyoruz, ve de bilebildiğimiz tek şey elektronların bir enerji durumundan diğerine geçtiğinde oluşan tayf çizgilerinin dalga boyları. Önemli ve yerinde öğe, atom ve elektronların gözlenebilir nitelikleri iki durum ve atomun (ya da elektronun, ya da her neyse) bir durumdan diğerine geçmesidir. Geçişin kendisi sırasında neler olduğunun bir görünümü yok ve de yörüngeler falan aslında hep gezegenler vb. nesnelerin davranışından kafamıza takılan bir şeyler. Heisenberg parçacık ve yörüngeler resmini kasten terk etti ve kendisine kuantum varlığının A durumundan B durumuna nasıl gittiğini sormadan kuantum durumu çiftlerinin ilişkilendirilmelerini betimleyen matematiğe sıkı bir göz attı.

Aslında bunu yaptığı yer Göttingen değil, Helgoland adında kayalık bir adaydı. Oraya Mayıs 1925'te ağır bir saman nezlesi krizini atlatmak için gitmişti. Kendi yaşamöyküsü anılarını aktaran *Physics and Beyond* (Harper ve Row, NY, 1971) adlı kitapta bir gece saat 3'te her şeyin yerine oturmaya başladığını betimliyor:

> Artık hesaplarımın işaret ettiği tür kuantum mekaniğinin tutarlılığına ve uyumluluğundan hiç kuşkum yoktu. Başta son derece te-

laşa kapıldım. Hissettiklerim, atomik olguların yüzeyinden acayip güzellikte bir iç yapıya bakış olup doğanın büyük cömertlikle önüme serdiği bu matematiksel yapı zenginliğini kurcalamak zorunda olma düşüncesiyle neredeyse sersemlemiştim.

Heisenberg'in keşfetmiş olduğu matematiksel bağıntılara ilişkin bazı çok tuhaf özellikler vardı. İki durum arasındaki matematiksel ilişkileri betimlemekte olduğundan Heisenberg bildik sayılarla çalışamıyordu. Kullandığı sayı dizgelerini bir geçişle ilişkili her iki duruma ait bilgi içeren tablolar şeklinde seriyordu. Heisenberg, başka şeylerin yanı sıra bu tabloların sıra değiştirmediğini buldu. İki dizge çarpıldığında çıkacak sonuç çarpmanın hangi sırayla yapıldığına bağlıydı; A ´ B, B ´ A ile aynı *değildi.*

Göttingen'de Born, Heisenberg'in neyi keşfettiğini hemen fark etti. Heisenberg'den farklı olarak Born soyut matematikteki ***matris*** denilen yapılarla ilgilenen pek bilinmeyen bir dalı tanımıştı. Bunları öğreneli yirmi küsur yıl olmuştu ama matrislerle ilgilenen herkesin aklından çıkmayan şey bunların sıra değiştirmemeleridir!

Born, 1925 yazında Pascal Jordan'la çalışırken Heisenberg'in matematiksel içgörüsünü matrislerin formel diline çevirerek Born, Heisenberg ve Jordan birlikte yayımladıkları bütün bir sunumu "üç kişi makalesi" olarak tanındı. Newton (klasik) mekaniğinin denklemleri yerine matrisleri içeren benzer denklemler geçirildi ve klasik mekaniğin –enerji korunumu gibi– temel kavramları bu yeni denklemlerden doğal olarak çıktılar. Görünürde matris mekaniğinin Newton mekaniğini içermesi büyük ölçüde genel görelilik kuramının kütleçekimin Newtoncı betimini özel hal olarak içermesine benziyor.

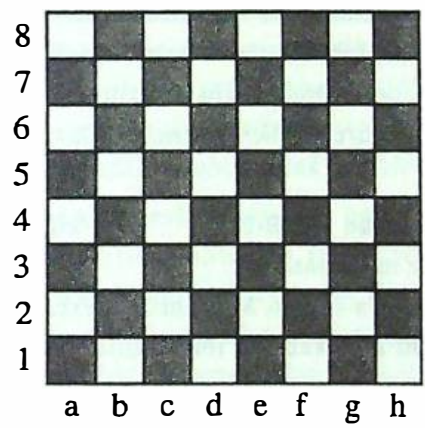
Ne yazık ki bu çalışmanın anlam ve önemini çok az kimse değerlendirdi. Matematiği tanıdık olmadığı kadar zor değildi ve de belki beklenebilecek keyif sözleriyle atlamadılar. Bir istisna Cambridge'teydi; orada ***Paul Dirac*** fikri benimsedi ve üç kişi makalesinin mürekkebi kurumadan daha geliştirdi. Dirac, Göttingen grubundan bağımsız olarak matris mekaniğinin denklemlerinin klasik mekaniğininkilerle aynı yapıda olduğunu Newton mekaniğini onların özel hali olarak içerdiğini buldu. Gerçekten de Dirac'ın biçimlendirmesi (***kuantum cebiri***) matris mekaniğinden de ileri gitti ve onu özel bir hal olarak içine aldı.

Kimi matematikçiler bu çalışmanın önemini kavradılar, ama çoğu fizikçi onun soyut kuramsal doğası yüzünden mutsuzdular. Yörüngelerdeki parçacıklar fikrinden hoşlanıyorlardı ve atomların içlerinde

olanların her türlü fiziksel görünüşlerini bile bile yok eden bir kuram tarafından afallatılmışlardı. Dolayısıyla bir yıl sonra Erwin Schrödinger kuantum mekaniğinin dalgaların aşinalığına dayanan bir sürümüyle (bkz. ***dalga mekaniği***) ortaya çıkınca keyifle üstüne atladılar ve fizikçilerin kuantum dünyasının hakkında düşünme standardı matris mekaniği değil o oldu. Bu belki de şanssızlıktı çünkü artık bir şey mutlak olarak apaçık ki o bildik dünya gibi *değil* ve de her ne kadar dalgalar ve yörüngeler gibi görüntüler çekici ve rahatlatıcı olsa da bunlar aslında kuantum gerçekliğini betimlemezler.

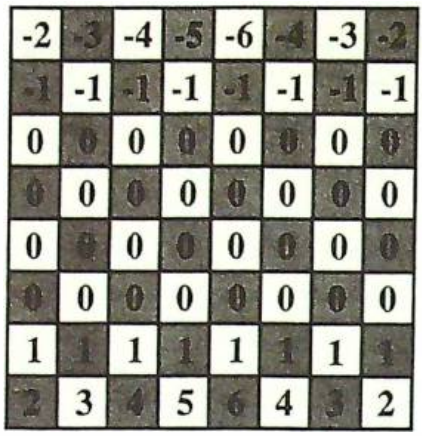
Yine de matris mekaniğinin nasıl bir şey olduğu hakkında basit bir görsel benzeşimle fikir edinilebilir. Bir satranç tahtası düşünelim. Üzerinde 64 kare bulunur ve bunlar 1'den 64'e kadar sayılarla adlandırılabilir.

Ama satranç oynayanlar, tahta boyunca "sütunlar"ı a, b, c, d, e, f, g ve h ile; "satırlar"ını da 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 ile adlandırır. Şimdi er kare iki koordinatla etiketlenmiş oldu; örneğin alttaki sol kare a1, bir atın yeri ise g2'dir.




*Matris mekaniği 1. Satranç tahtasındaki kareler özgün koordinatlarla –a1, b7 vb– temsil edilebilir. Bu matris yazılımıdır.*

Bir satranç oyununda oyunun durumu hangi taşın hangi karede yerleştiğine bakarak anlaşılır. Aşağıdaki şekil oyunun başlangıcındaki durumu gösteriyor: 1 piyonu, 2 kaleyi, vb; pozitif sayılar beyaz taşları, negatif sayılar siyahları gösteriyor. Oyundaki bir hamleyi kelimelerle ("piyonu kraliçe 4'e gibi) cebirsel yazılım kullanılır (aynı durumda e2-e4). Bütün tahtanın hamleden önceki durumu matris olarak gösterilebilir; sonraki de bir diğer matrisle ama bu örnekte pek gerekmez çünkü tek bir hamle oldu.




*Matris mekaniği 2. Satranç oyununun "durumu" hengi taşın hangi karede olduğu sayılarla gösteilerek matris biçiminde ortaya konulabilir. Buradaki durum oyunun başlangıcına karşılık geliyor. a1(2), b1(3), c1(4) ... vb..*

Kuantum geçişleri de başlangıç ve son durumları ilişkilendiren benzer bir yazılışla betimlenebilir. Ancak, geçişin nasıl olduğunun bilinmemesi –satrançta atın hareketini ya da rok yapmayı biliyorsanız– yalnızca başlangıç ve son durumlarının bilinmesinin yaşamsal önemi var. Bu benzetimde beyaz piyonun e2-e4 geçişine karşılık gelen hamlesinin, bir enerji kuantumu girişine karşılık geldiği düşünülebilirken ters geçiş olan e4-e2 (tabii ki satrançta izni yoktur) bir enerji kuantumu salımının karşılığıdır. Kuantum varlıkları arasındaki daha karmaşık etkileşmeler iki satranç tahtası gösteriminin çarpımına karşılık gelmelidir ya belki de bu, benzetimin fazla zorlanması oluyor.

Ek okuma: John Gribbin, *In Search of Schrödinger's Cat*; Heinz Pagels, The *Cosmic Code*.

**Maupertuis, Pierre Louis Moreau de (1698-1759)** En küçük eylem ilkesini ilk dile getiren Fransız matematikçi.

17 Temmuz 1698'de St. Malo'da doğan Maupertuis Fransız ordusunda subay olarak görev yaptı ama kendini fenbilimine vermek için erken emekli oldu. 1723'ten başlayarak Fransız Bilimler Akademisinde öğretim yaptı. 1728'de İngiltere'ye gitti ve orada Isaac Newton'ın kütleçekim üzerindeki fikirlerini öğrenerek bunları Fransa'ya taşıdı. 1736-1737'de Laponya'ya giden bir keşif ekibinin başında bir boylam derecesinin uzunluğunu ölçtüler. Bu, Büyük Friedrich'in dikkatini çekti. Prusya ordusunda görev yaparken 1741'de Molwitz Savaşında esir alındı. 1742'den 1753'e kadar Berlin Akademisinde bulundu. En küçük eylem ilkesini önce 1744'te ortaya koydu. *Essai de Cosmologie*'deki yayımlanması 1750'de oldu. Bu Pierre de Fermat'nın ışığın davranışı için elde ettiği en kısa süre ilkesinden geliştirilmişti. Ma-

upertuis, en küçük eylem ilkesinin mekaniğin temel yasası olduğunu düşünüyordu. Mekanikteki her şey bundan çıkarılabilmeliydi. Yanlış çıkmadığını 20. yüzyılda ***Richard Feynman*** gösterdi. Ama Maupertuis bunu Tanrının varlığını kanıtlamak için de kullanarak belki çok ileri gitmişti.

Alman matematikçi Samuel König'in Maupertuis'yi, fikri Gottfried Leibniz'den aşırmakla ithamı büyük bir öncelik tartışmasının ve Voltaire'in acımasız hicivlerinin ardından 1753'te Berlin'den ayrılarak Fransa'ya döndü. 27 Temmuz 1759'da Basle'da öldü.

**mavi gökyüzü//blue sky//** Gökyüzünün maviliğinin sebebi Güneşten gelen ışığın hava moleküllerinden saçılma biçimidir. Işığı kırmızı taraftaki uzun dalga boylu bileşenleri, tayfın mavi tarafındaki kısa dalga boylularından daha az saçılır. Gün batımı ve gün doğumunun kırmızımsı olmasının sebebi atmosferde gidilen yol uzadığından arta kalan kırmızının Güneşten dosdoğru gözümüze maviden daha çok gelmesinden ötürüdür. Göğün mavi görünmesi de saçılan ışığın dağılmasıyla olur. Her ne kadar John ***Tyndall*** 1860'larda maviliğin saçılmadan ileri geldiğini fark ettiyse de saçılmaya küçük toz parçacıklarından ve sıvı damlacıklarının sebep olduğunu düşünüyordu (bunun gündoğumu ve batımı kırmızılığına katkısı var). Daha sonraları göğü mavi yapan saçılmaya moleküllerin büyük ölçüde yol açtığı öne sürüldüyse de ***Albert Einstein*** böyle olduğunu, 1910'da ışığın moleküllerden saçılma şeklinin[216] molekül boyutlarının ve ***Avogadro sayısı***nın değeri için bir tahmin sağladığını göstererek kanıtladı.

**Maxwell denklemleri//Maxwell's equations//** Elektrik, manyetizma, elektromanyetik alanlar ve ışıkla birlikte elektromanyetik ışınımın klasik (yani kuantum olmayan) davranışlarına ilişkin söylenebilecek her şeyi söyleyen dört diferansiyel denklemden oluşan bir takım. Denklemler bir de temel sabit içerir: her türlü elektromanyetik dalganın her koşuldaki hızı olan ***ışık hızı***. Ancak bu dört denklemin hemen hepsi daha önce elde edilmiş olan bağıntılar olup, adının konmasının sebebi bunlardan birisine eklediği "yerdeğiştirme akımı" denilen terimdir. Bkz. ***Maxwell, James Clerk***.

**Maxwell, James Clerk (1831-1879)** Elektromanyetik dalgaların (ışık dahil) davranışlarını betimleyen, gazların kinetik kuramı kuranlardan birisi olan, renkli görüşü açıklayan ve Cambridge'teki, Cavendish laboratuarının deneysel fiziğin mükemmellik merkezi olarak kuruluşunda etkili olan İskoç fizikçi.

13 Haziran 1831'de Edinburgh'da doğan Maxwell'in babası, fenbilimine ciddi bir ilgi duyan ve Edinburgh ***Kraliyet Derneğine*** üye olan bir avukattı. Galloway'deki Dalbeattle'da bir mülkü vardı, ama Maxwell, annesine en iyi tıbbi bakımı sağlamak için Edinburgh'da doğdu. Genç Maxwell yaşamının ilk 10 yılını Galloway'de geçirdi. İlk eğitimini evde aldı. Sekiz yaşınayken annesi kanserden öldü, 48 yaşındaydı. James, iki yıl eski moda ve sempatiden uzak bir yetiştiriciden çok çekti. On yaşındayken Edinburgh Akademisine (teyze ya da halalarından birisiyle okul süresi boyunca kalmak üzere) gönderildiğinde diğer çocuklarınkinden farklı bir ağız ve farklı giysileriyle bir taşralı görünümündeydi.[217] Hemencecik saloz lakabı takıldı ve bu 1847'de Akademi'den ayrılıp Edinburgh Üniversitesine girene dek sürdü.



*James Clerk Maxwell (1831-1879)*

Edinburgh'daki dört yıllık programın üçüncü yılından sonra Cambridge'e geçti ve 1854'te matematiği bitirdi. Cambridge'nin Trinity Kolejinde kısa bir süre kaldıktan sonra Aberdeen'de Marischal Kolejinde Doğa Bilimleri profesörü oldu. Maxwell kolej başkanının kızıyla evlendi, ama kolej 1860'ta Aberdeen Kral Koleji ile birleşerek Aberdeen Üniversitesi olunca işini yitirdi ve Londra'daki Kral Kolejinde doğa felsefesi ve astronomi profesörü oldu. 1865'te babası ölünce işini bıraktı ve aile mülkünün yönetimi için memleketine dönerek amatör bir fenbilimci olarak çalışmaya başladı ve elektrik ve manyetizma üzerine müthiş yapıtını[218] kitap olarak (*Treatise on Electricity and Magnetism*) yazmaya başladı (kitap sonunda 1873'te çıktı). 1871'de Cambrige'ye dönmeye ikna edilince Cavendish Deneysel Fizik Profesörü ve Cavendish Laboratuarının ilk başkanı oldu. 1874'te açılan laboratuarı 5 Kasım1879'daki ölümünden önce sağlam ayaklar üzerine oturtmuştu. Öldüğünde yaşı ve hastalığı tıpkı annesininkiler gibiydi, 48 ve kanser!

Maxwell 19. yüzyıl fiziğinin hemen her yönüyle ilgiliydi. 1857'de yayımladığı makalede Satürn'ün halkalarının katı nesneler değil, gezegenin çevresinde sayısız minik aylar olduğunu kanıtladı. Bunu yaparken de 1860'ların başlarında gazların davranışlarının istatistiksel olarak işlenmesini geliştirdi. Bu, gazların hızlı ve gelişigüzel devinen

çok büyük sayılarda atom ya da molekülden oluştuğu fikrine dayanıyor (sonuçta bu, ısının –sıcaklığın![219]– atom ve/ya moleküllerin devinimin-den ileri geldiğini ortaya koydu); renkli fotoğrafı icat etti (bunda ayrı renk filtreleriyle çekilen üç siyah-beyaz resmi kullandı. Bu teknik bir yüzyıldan uzun bir süre sonra uzay yoklayıcılarının Satürn'ün halka-larının renkli görüntülerini gönderirken kullanıldı); bir de ***Maxwell'in cini*** fikrini ileri sürdü. Ama en büyük edimi hiç kuşkusuz elektroman-yetizmanın denklemleriydi. ***Michael Faraday***'ın ileri sürdüğü kuvvet çizgilerinden geliştirdiği alan kavramını kullanarak biçimlendirdiği denklemlere bir tür simetri savıyla "yerdeğiştirme akımı" dediği bir terim eklemişti. Işık hızını özel bir doğa sabiti olarak verdiklerinden, sonraları ***Albert Einstein***'ın özel görelilik kuramının da temeli olarak düşünülebilir.

Maxwell'in elektrik ve manyetizma üzerine ana incelemeleri 1854'te Cambridge'i bitirmesinin hemen ardından başladı ve 1864'te yayımla-nan yapıtı *Dynamical Theory of Electromagnetic Field* (Elektroman-yetik Alanın Dinamik Kuramı) ile sonuçlandı. Epeyce çalıştıktan sonra Maxwell 1862'de, "yerdeğiştirme akımı" terimi sayesinde elektroman-yetik dalgaları ileri sürdü ve bununla elektrik ve manyetik alanların ışık hızıyla devinmek zorunda olduğunu gösterdi. Aynı yıl yayımladı-ğı *On Physical Lines of Force* (Fiziksel Kuvvet Çizgileri Üzerine) adlı makalesinde duyduğu heyecanı şu sözlerle anlatmıştı (italikler özgün makaleden):

"İnsan, *ışığın, elektrik ve manyetik olguların da sebebi olan bir ortamın enine dalgalanmalarından oluştuğu* çıkarımından pek kaçınamaz." İş şu ki ışık hızı olacak sabiti bu denklemlere Maxwell yerleştirmemişti. Denklemleri elektromanyetik dalgaları verecek şe-kilde düzenlerken kullandığı parametreler durağan elektrik yükleri ve mıknatıslarla ilgili deneylerden elde edilmişti. Sabitler, Evrenin temel niteliği şeklinde doğal olarak ortaya çıkmışlardı.

1864 makalesi, elektrik ve manyetik olgulara ilişkin her şeyi artık Maxwell denklemleri denilen dört denklem halinde toparlamaktadır. Elektrik ve manyetizmayla ilgili her problem (klasik fizik düzeyinde) Maxwell denklemleri kullanılarak çözülebilir, tıpkı klasik mekanikle ilgili her problemin Newton denklemleri (yani *Newton'ın devinim ya-saları*) kullanılarak çözülebildiği gibi. Maxwell'in yaptığı gerçekten de Newton'ın yaptığından sonra fizikte ileriye en büyük adımdı.

Maxwell, ışığın bir çeşit elektromanyetik ışınım olduğunu açıkla-manın yanı sıra aynı tür ve daha uzun dalga boylu ışınımlar da olması

gerektiğini fark etti ve radyo dalgalarının varlığını önsöydü. Bunlar Maxwell öldükten uzun süre sonra Heinrich Hertz tarafından keşfedildi. Maxwell ise hâlâ bu dalgaların "esir" tarafından yayıldığını düşünüyordu; ama dalgaların hızının bir içsel sabit, Maxwell denklemlerinin bütünsel bir parçası olduğu da onun keşfi ve birkaç onyıl içinde esirin ölüm[220] çanı oldu.

Ek okuma: C. W. F. Everitt, *James Clerk Maxwell.*

Maxwell'in cini// Maxwell's demon// ***James Clerk Maxwell***'in, termodinamiğin 19. yüzyıldaki kavranışındaki çarpıklığı vurgulamak için düşlediği (ama "cin" adını ***Lord Kelvin***'in koyduğu) bir düşünce deneyi. Maxwell termodinamiğin ikinci ilkesinin, eğer minicik bir akıllı cinin, başta sıcaklığı tekdüze olan (kutunun her yanında sıcaklık aynı) bir gazla dolu bir kutunun ortasındaki duvardaki kapağı çalıştırmasıyla çiğnenebileceğinin (bir bakıma zamanın tersine akmasının) mümkün olabileceğini önermişti. Cin, hızı ortalamadan fazla olan bir molekül gördüğünde onu kutunun bir tarafına, ortalamadan az olanları ise diğer tarafına geçirecek. Böylece iki tarafın sıcaklıkları farklı olmaya başlayacak ve de ısı önce fark olmadan, sonra da düşük sıcaklıktan yükseğe akmayı *üzerinde hiç iş yapılmadan* sürdürecek. Böylece de Evrendeki düzeni artırırken dolayısıyla ikinci yasayı çiğneyerek ***entropiyi*** azaltacak.

Bu muammayı ancak 1929'da ***Leo Szilard*** çözdü. Şöyle ki; cin, işinde ne denli etkin olursa olsun kapağı açıp kapamadan önce ortalamadan hangi moleküllerin daha hızlı hangilerinin yavaş olduğunu belirlemek zorunda. Örneğin üzerlerine ışık tutarak yansıyan ışığın ***Doppler kaymas***ından molekülün hızını bulabilir. Cinle molekül arasındaki gerçek fiziksel etkileşme söz konusu olduktan sonra bedelin (bu etkinlikle ilgili entropi artışı), kazançtan (entropideki azalma) hep daha çok olacaktır.

Bu, muammanın çözümü için epeyce apaçık bir çözüm ya, işin ilginç ve yerinde yanı Szilard'ın bunu 1920'lerin sonuna doğru, kuantum mekaniğinin yeni yerleşmeye başladığı ve gözlemcilerle gözledikleri arasındaki etkileşmelere ilişkin fikirlerin fizikçiler için en büyük önem kazandığında fark etmesi oluyor (bkz. ***Kopenhag yorumu***). Bu Maxwell'in cini muammasını ancak bir klasik fizikçiyi şaşırtabilirdi. Maxwell ve Kelvin kadar iyi fizikçilerin bile bundan şaşkınlık duyması, klasik dünya görüşüyle kuantum dünya görüşü arasındaki uçurumu vurguluyor.

**Mayer, Marya** Bkz. ***Göppert-Mayer.***

**mazer//maser//** Uyarılmış atomların, ışınımların uyartılmış salınımlarıyla yeğin bir mikrodalga huzmesi oluşturan bir aygıt (özgün adı olan maser Microwave Amplification of Stimulated Emission of Radiation'dan geliyor). Bu süreç tamı tamına bir ***lazer***de (özgün adı laser) oluşan yeğin ***ışık*** huzmesiyle aynıdır. Ama mazer ilk 1951'de (lazerden önce) ***Charles Townes*** ve bağımsız olarak ***Nikolai Basov*** ve ***Alexander Prokhorov*** tarafından icat edilmişti. Ama uyarılmış bir atomun, dışından geçen bir fotonu "hissedip" salım yapması fikri Einstein'ındır.

**Meitner, Lise** (1878-1968) Çekirdek bölünmesini ilk inceleyen fizikçilerden birisi. Avusturya'da doğan Meitner, Nobel Komitesi (*D*ünyanın en kavrayışlı kişileri oldukları söylenemez) tarafından yüz kızartıcı bir şekilde Nobel Ödülü için çalışdaşı ***Otto Hahn*** ile birlikte dikkate alınmamıştı.



*Lise Meitner (1878-1968)*

7 Kasım 1878'de Viyana'da doğan Meitner Viyana Üniversitesini bitirdi (Ludwig Boltzmann hocalarından birisiydi) ve 1906'da, o üniversiteden fenbilimlerinden ikinci kadın olarak doktorasını aldı. Sonra da Berlin'e gitti. Ama oradaki üniversite yöneticilerinin kadınlara karşı tavırları, birkaç yıl önce Paris'tekilerin Marie Curie'ye olan tavırlarından farklı değildi. ***Max Planck***'ın derslerine girdi (yöneticiler buna aldırmıyordu) ve araştırma yapmaya başladı (bu sorun yarattı). Meitner, ilk iki yıl erkeklerin çalıştığı laboratuarlara alınmadığından araştırmasını bodrum katındaki marangoz atölyesinde yürüttü. Hahn ile uzun süre yapacağı araştırmaları bu zor koşullarda başlattı. 1912'de Hahn ve Meitner birlikte, Berlin'in Dahlem semtinde yeni kurulan KaiserWilhelm Kimya Enstitüsüne geçtiler, oradaki koşullar çok daha rahattı. Aynı yıl Berlin Kuramsal Fizik Enstitüsünde Max Planck'ın asistanlarından biri oldu. Ama çalışmaları savaşla kesildi.

Birinci ***Dü***nya Savaşı sırasında Avusturya ordusunda radyolog olarak çalıştı, araştırmalarına izin dönemlerinde devam ediyordu. Hahn ile birlikte savaşın bitiminde radyoaktif bir element olan protoaktinyumu keşfettiler.

Savaştan sonraki değişen sosyal hava içinde (ve de sıkı bir araştırma geçmişi ile) Meitner Berlin Kaiser Wilhelm Enstitüsü radyasyon fiziği bölümünün başkanı ve sonra da Hahn'la birlikte Enstitünün eşdirektörü oldu. 1926'da Berlin'de profesörlüğe getirildi. Atomların ışınımlarını incelerken 1934'te Hahn'la birlikte, ***Enrico Fermi***'nin şaşırtıcı sonuçlarının peşinden uranyum çekirdeklerinin nötronlarla dövüldüğünde nasıl davrandıklarını incelediler. Tam 1938'de (Almanya'nın Avusturya'yı ilhak etme arifesinde) Meitner ve Hahn uranyum çekirdeklerinin o koşullarda aslında bölündüğünü düşünmeye başlarken Yahudi olan Meitner Nazi baskısından kaçmak için Almanya'dan ayrıldı. Stockholm'e yerleşip Nobel Enstitüsünde çalışmaya başlayarak, Kopenhag'da çalışmakta olan yeğeni Otto Frish'le işbirliği yaptı. Birlikte uranyum deneylerinin, çekirdek bölünmesine değinen ilk açıklamalarını yayımladılar ve olguya adını (fisyon) koydular. O sırada uygun bir farkındalıkla karşılaşmadı. Bu kısmen savaşın doğurduğu karışıklıklar kısmen Nobel Komitesinin beceriksizliği, kısmen de Otto Hahn'ın öyküde onu dışlaması yüzündendi.

Meitner, 1949'da 71 yaşındayken İsveç vatandaşı oldu ama Alman vatandaşlığından çıkmadı. Bir yandan da araştırmalarını 1960'a kadar sürdürdü ve emekli olarak İngiltere'ye yerleşti. 27 Ekim 1968'de Cambridge'te öldü.

Ek okuma: Ruth Sime: *Lise Meitner; A Life in Physics*.

**mekanik//mechanics//** Fenbilimlerinin madde ve kuvvetlerin etkileşmesiyle ilgilenen nesnelerin hem devinimle hem de devinirlerken birbirleriyle etkileşmelerini (örneğin çarpışmalar) bir de denge konumlarını konu alan dalı. Bkz. ***klasik mekanik, göreli mekanik, istatistiksel mekanik.***

**melez bağ//hybrid bond//** Bkz. ***kuantum kimyası.***

**mendelevium-101** Bkz. ***Mendeleyev, Dmitri Ivanoviç.***

**Mendeleyev, Dmitri Ivanoviç (1834-1907)** Rus kimyacı. Elementlerin periyodik tablosunu geliştirerek içindeki boşluklar için "yeni" elementlerin varlığını doğru olarak önsöymüştü.

7 Şubat 1834'te (eski takvim 27 Ocak) Sibirya'daki Tobolsk kentinde doğan Mendeleyev, 14 kardeşin en küçüğüydü. 8 yaşındayken yerel okulun müdürü olan babası kör oldu ve aileyi büyük ölçüde annesi geçindirmeye başladı; cam işleri yapıyordu. Adının batı alfabesindeki yazılışı birçok şekilde olmakta. Buradaki daha çok söylenişine dayanmakta.

Mendeleyev eğitimine 1847'de Tobolsk'da başladı. Bir yıl sonra da, 14 yaşındayken annesinin fabrikası yangında mahvoldu. Kararlı bir kadın olarak en küçük çocuğunun tüm zorluklara karşın iyi bir eğitim görmesi için onu St. Petersburg'a götürdü. Ancak, merkezdeki yöneticilerin taşralı öğrencilere karşı olan önyargılarından ötürü üniversitelere alınmadı ama 1850'de öğrenci öğretmen olarak, babasının eğitildiği St. Petersburg'daki Pedagoji Enstitüsüne kayıt oldu. Tam on hafta sonra annesi de öldü. Öğretmenliği onaylanarak yeteneği kanıtlandığından, Odessa'da bir yıl öğretmenlik yaptıktan sonra St. Petersburg Üniversitesinde kimya yüksek lisansı yapmasına izin verildi.

1859'da Mendeleyev devlet destekli öğrenim programı için Paris ve Heidelberg'e gitti. Orada Robert Bunsen ve Gustav Kirchhoff[221] ile çalıştı ve Stanislao Cannizzaro ile tanışarak atom ve molekül ağırlıkları (kütleleri) arasındaki önemli farkı öğrendi. 1861'de St. Petersburg'a dönerek kentteki Teknik Enstitüde genel kimya profesörü oldu. Orada çalışırken 1865'te doktorasını tamamladı ve St. Petersburg Üniversitesinde kimya profesörü oldu. Öğretmek istediği ders için çağdaş düzeyde uygun bir ders kitabı bulunmadığından kendi *Kimyanın İlkeleri* kitabını yazdı. Bu yaygın olarak çevrilip adının uluslararası kimya topluluğunda tanınmasına yol açtı. İşte bu periyodik yasa üzerindeki çalışmayı, St. Petersburg'da 1860'ın ikinci yarısından başlayan dönemde artık önemini yitiren araştırmaların yanı sıra başlattı, 1890'da Rusya'daki akademik sistemin koşullarına karşı gelen öğrencilerin tarafını tuttuğu için görevinden alındı. Üç yıl sonra da bu suçundan arındığı düşünülerek 1893'te Ağırlıklar ve Ölçüler Bürosu'nun murakıplığına getirildi. Bu görevi ölene dek sürdü. 1906'da Kimya Nobel Ödülü için aday gösterildi ancak bir oy farkla, fluor elementini yalındıran ilk kişi olan Henri Moisson'a karşı kazanamadı. 2 Şubat 1907'de (eski tarzla 20 Ocak). 1955'te öldüğünden Ödül için başka şansı olamadı. 101 numaralı elemente onun onur ve anısına Mendelevyum adı verildi.

**metre** Standart uzunluk birimi. İlk tanımı devrim Fransa'sında Ulusal Meclis'te 1790'larda Kuzey Kutbu ile Ekvator arasındaki uzaklığın on milyonda biri olarak belirlenmişti. 1983'ten beri metrenin tanımı ışığın 1/299.792.458 saniyede gittiği yol. Birçok kişi bunun ışık hızının saniyede tam 300.000.000 metre olacağı gibi tanımlanmasını önerdi, ancak ne yazık ki bu yapılmadı.

**Meyer, (Julius) Lothar** (1830-1895) Alman kimyacı. Kimyasal elementlerin periyodik örüntüsünü *Dmitri Mendeleyev*'den bağımsız olarak keşfetti.

19 Ağustos 1830'da Varel'de doğan Mayer Zürih ve Würzburg'da öğrenim görerek 1854'te hekim oldu ama kimyaya değiştirerek 1858'de Breslau (şimdi Polonya'da Wroclaw) Üniversitesinden doktorasını aldı. Ardından Breslau'da öğretim görevlisi olarak çalıştı. Bunu diğer unvanlar dizisiyle yaptığı akademik görevler (1870-1871'deki Fransa-Prusya Savaşı sırasında bir askeri hastanedeki cerrahlık görevi kesintisiyle) izleyerek 1876'da Tübingen Üniversitesinin ilk kimya profesörü atanmasına kadar sürdü. Burada 11 Nisan 1895'teki ölümüne dek kaldı.

Mendeleyev gibi Meyer de başka kimyacıların dikkatini bir ders kitabı *Kimyanın Modern Kuramı*) yazarak çekti. Periyodik yasaya ilişkin fikri ilk kez bu kitapta çıktı ve 1868'de Meyer, herhalde kitabın ikinci basımı için düşündüğü daha ayrıntılı bir periyodik tablo hazırlamıştı. Ancak, Mendeleyev'in yaptığı 1869'da, Meyer'inkinin basımından bir yıl önce yayımlandı. Meyer, bu arada Mendeleyev'in çalışmasını görmüştü ama öncelik savlamadı. Oysa birçok vargıyı ondan bağımsız olarak ileri sürdüyse de Mendeleyev'in tersine Meyer boşluklara yerleştirilecek "yeni" elementlerin gerekliliğine değinmemişti; bu yaşamsal bir farktı. Yine de ***Kraliyet Derneği***nin Davy Madalyası 1882'de her ikisine de verildi. Meyer, ayrıca organik kimya çalışmalarına ve de nefes almanın fizyolojisinin anlaşılmasına önemli katkılar yaptı.

**MeV** 1 milyon ***elektron volt***.

**mezonlar//mesons//** Bir kuark ve karşı-kuarktan oluşan ve bunların gluon değiş tokuşuyla etkileştiği bir parçacık ailesi (bkz. ***renk kuvveti***). Bunların hepsi yeğin etkileşen parçacıklardır (yani ***hadron***lar). Spinleri tamsayılı olduğundan geniş ***bozon*** ailesindendirler. ***Baryon sayısı*** sıfır olup kimilerinin bir birim artı ya da eksi yükü olup nötrleri de var. Pionlar ve kaonlar mezonların örneklerindendir. Atom çekirdeğinde nükleonları bir arada tutan etkileşmede mezonlar etkilidir (***yeğin etkileşme***). Mezonların keşfi ve parçacık etkileşmelerindeki rolünün yorumlanması modern parçacık fiziğinin 1930'ların ikinci yarısında başlamasını belirler. Bkz. ***Yukawa, Hideki***.

**Michelson, Albert Abraham (1852-1931)** Almanya'da doğmuş ABD'li fizikçi. Işığın hızının birçok ölçümünü yapmış ve Edward Morley ile birlikte yaptığı deney, ışığın içinde oluşup yayıldığı düşünülen bir "esir"in varlığını kanıtlayacak bir delil bulmamakla ünlüdür. 1907 Nobel Fizik Ödülünü yüksek kesinlikli optik gereçler geliştirmesi ve bunlarla yaptığı (ışık hızınınkiler de) bilimsel ölçümler için almıştı. Nobel Ödülü verilen ilk ABD'liydi.

19 Aralık 1852'de Sterlno'da (şimdi Polonya'daki Trzelno) doğan Michelson dört yaşındayken ailesiyle ABD'ye göçtüler ve San Francisco'da okula başladı. 1869'da Annapolis Deniz Akademisine girdi ve 1873'te bitirince iki yıl denizde geçirdikten sonra, 1880-82 arası Akademi'de öğretim görevlisi olmadan önce Paris ve Berlin'de eğitim görmesi için izin verildi. Dönüşünde deniz kuvvetlerinden ayrıldı ve Cleveland-Ohio'daki Case Uygulamalı Fenbilimi Okulunda fizik profesörü oldu. 1889'da Worcester-Massachusets'teki Clark Üniversitesine geçti; 1892'de Chicago Üniversitesinde fizik profesörü oldu ve 1929'da emekli olana dek orada kaldı. 9 Mayıs 1931'de Pasadena'da öldü. Morley'le yaptıkları ünlü işbirliği 1887'de Michelson Cleveland'dayken yapılmıştı.

**Michelson-Morley deneyi** 1880'lerin başlarında, önce yalnız **Albert Michelson** tarafından sonra da Edward Morley ile birlikte yapılan bir deney. Başta *D*ünyanın "esir"e göre devinimini gözlemek için bir girişim.[222] Bu, ışığın, *D*ünyanın devinme doğrultusundaki hızıyla buna dik doğrultudaki hızı arasındaki farkın ölçülmesiyle yapıldı. Eşdeğer deneyler pek çok kez yapıldı ve hep aynı sonuç, yani ışığın hızının ölçülmesine *D*ünyanın deviniminin hiçbir etkisi olmadığı görüldü. Deneyler, esirin olmadığını ve ışığın ölçülen hızının ölçü aygıtının nasıl devindiğine bağlı olmadığını gösteriyor.[223]

Michelson-Morley deneyi çoğu kez ***Albert Einstein***'a *özel görelilik kuramı*nın geliştirilmesi için dürtü olduğu şeklinde algılanır. Bu kuram, ışık hızının mutlak olarak sabit olduğuna, ve tüm eylemsizlik çerçevelerindeki tüm gözlemcilerin ya da ışık kaynaklarının uzayda nasıl devindiklerine bağlı olmadan aynı ölçüleceğine dayanmaktadır. Ancak, Einstein, soranlara hep bu deneyden, özel kuramı 1905'te geliştirmesinden önce hiç haberi olmadığını söylüyordu. Kendi çalışmasının dürtüsü bir bakıma ***James Clerk Maxwell***'in bulduğu ve ışığı da içeren elektromanyetik dalgaların devinimini betimleyen denklemlerin ışık hızını mutlak bir sabit olarak vermesinden gelmekteydi.

**mikrodalgalar//microwaves//** Dalga boyları 1-30 cm (kısa dalga boylu radyo dalgaları) olan elektromanyetik dalgalar.

**mikroskobik sistem** Sıradan mikroskopla görülebilen her şeyden çok daha küçük nesneler olup fizikçiler bu terimi daha çok, klasik mekaniğin yasalarıyla değil kuantum süreçleriyle incelenebilen nesnelere özgü kullanırlar.

**Miletli Thales (yaklaşık MÖ 625-550)** Milet'te (şimdi Türkiye'de) doğmuş olan Yunan filozof. Başarılı bir tüccar olarak Mısır'a gittiğinde

geometri öğrendiği düşünülüyor. Geliştirdiği düşünülen geometrik fikirlerin 250 yıl kadar sonra Öklit tarafından sistemli bir şekilde yazıldığı düşünülmekte. Ayrıca, depremler gibi olgulara, tanrıların işi olarak değil de bugün bilimsel denilebilecek şekilde açıklamalar verdiğinden ilk bilimsel düşünür olarak kabul edilir. Edimleri arasında ovulan kehribarın çöpleri çekmesi olgusunu, mıknatıs taşının davranışını da incelemiş, kehribarın (ki Farsçada "saman çeken" demektir) Yunancası olan "elektrum"dan "elektrik" terimini türetmiş, ve de maddenin temel "elementi"nin *su* olduğunu önermiştir. Bir de yılar sonra Batı Anadolu'da gözlenecek Güneş tutulmasını gün ve yıl belirterek önsöydüğü biliniyor.

**Millikan, Robert Andrews (1868-1953)** ABD'li fizikçi, elektronun yükünü ölçmesinden dolayı 1923 Nobel Fizik Ödülünü aldı. Ödülde fotoelektrik olaya ilişkin çalışmasına da değinilmiştir. Baştaki beklentisine aykırı olsa da ***Albert Einstein***'ın fotoelektrik olaya ilişkin kuramının doğru olduğunu kanıtlamıştı. Daha sonraları kozmik ışınlar üzerinde de çalışmıştı.

22 Mart 1868'de Morrison-Illinois'da doğan Millikan bir Cemaat rahibinin oğluydu. Üniversitede önce klasik edebiyat okuduktan sonra, 1895'te fizikteki tek lisansüstü öğrencisi olarak Columbia Üniversitesinden fizik doktorası aldı.[224] Almanya'da bir yıl doktora sonrası çalışması yapmasının (bir süre Berlin'de Max Planck'ın yanında) ardından 1896'da Chicago Üniversitesine (***Albert Michelson***'la çalışmak üzere) katıldı ve 1910'da profesör oldu. Chicago'daki ilk 12 yılında Millikan öğretime ve bir dizi etkileyici ders kitabı yazmaya yoğunlaştı ve pek araştırma yapmadı. En büyük bilimsel edimlerinin yaşamında gecikmesinin bir sebebi de bu olmalı. Birinci *D*ünya Savaşı sırasında, savunma araştırmaları yapılan bir kurum olan Ulusal Araştırma Konseyinin başkanlığını yaptı. Doğrudan doğruya denizaltılara karşı aygıtlar ve meteoroloji gereçleri üzerinde çalıştı. Bu arada insansız balonlarla düşman hatları ötesi için propaganda düzenine katkıları ona kozmik ışınları (bu adı 1925'te o koymuştu) balonlara yüklenen dedektörlerle inceleme fikri verdi.

1921'de Millikan Caltech'e geçerek Norman Bridge Laboratuarının ve Caltech'in (California Teknoloji Enstitüsü) yürütme kurulunun da başkanı oldu. İzleyen onyıllarda enstitünün saygınlığının yükselmesinin sağlanmasında etkili oldu. 1945'te emekli olduktan sonra 19 Ocak 1953'te San Marino-California'da öldü.

Nobel Ödülü almasına yol açan çalışmayı 1909-1912 yılları arasında Millikan Chicago'dayken yaptı. Bunun önemi bir yana, sonraki projesi kuantum fiziğinin gelişmesinde temel bir belirtken olmuştu. Millikan, ***Einstein***'ın ışık kuantumları fikrini 1905'te yayımlandığında benimsememişti. 1912'de de Einstein'ın fotoelektrik olayın bu şekilde yorumlamasının yanlışlığını kanıtlamaya girişti. İzleyen dört yıl boyunca bir dizi uğraştırıcı deneyin sonunda Einstein'ın haklı olduğunu kanıtladı; ve de iyi bir bilim insanı olduğundan ışık kuantumları kavramına karşı geri çekilerek çabalamak yerine delilleri kabullendi. Millikan ***Planck sabiti*** için de çok sağlıklı bir ölçüm yaparak $6{,}57 \times 10^{-27}$ erg/s buldu. İşte Einstein'ın fotoelektrik olay kuramı için Nobel ödülü almasını sağlayan, ışık kuantumlarının gerçekliğinin bir kuşkucu tarafından kanıtlanması oldu (ödülün sunulmasında Millikan'ın işine açıkça değinilmekte) ve de ışık kuantumu kavramı saygın bir fizik öğesi olarak sıkıca yerleşti. Millikan çeyrek yüzyıldan fazla bir süre sonra geriye bakarak pişmanca şunları söylemişti: "Yaşamımın 10 yılını Einstein'ın 1905 denklemini sınamaya harcadım ve tüm beklentilerimin aksine 1915'te, mantıksızlığına karşın gerçekliğinin hiç belirsizliği olmadığını açıklamak zorunda kaldım." (bkz. *Reviews of Modern Physics* sayı XXI, s. 343, 1949.)

**modeller** Kuantum dünyasını inceleyen fizikçiler ilgilendikleri nesnelerin (fotonlar gibi) karton ya da tahtadan modellerini yapamazlar. Dolayısıyla onların modelleri matematiksel denklemler ve fiziksel sezgiler olup bunlar kuantum dünyasında neler olduğunun bir tür görüntüsünü sağlamak için kullanılıyor. Bu modellerin kimileri kuantum olgularının çok incelikli bir görüntüsünü vermekte. Öyle ki betimlendikleri denklemler, o kuantum sisteminin farklı farklı uyarılara nasıl yanıt vereceklerinin benzetimini yapacak gibi bilgisayarda işlenebilir. Diğerleri ise çok daha muğlak ve baştan savma olup yalnızca sınırlı insan imgelemine olan bitenin bir resmini sağlar.

Modelleri değerlendirirken en önemli şey bunların (herhangi birisinin) "doğrunun kendisi" olmamasıdır. Dolayısıyla, belli bir model bir bağlamda neler olduğunu betimlemekte çok başarılı olsa bile, bambaşka bir model aynı kuantum varlığını değişik koşullar altında betimlemekte aynı derecede başarılı olabilir. Her iki model de eşit ölçüde geçerlidir. Bunun klasik örneği tabii ki kuantum varlıklarının dalga-parçacık ikiliğidir. Bu ışığı kimi zaman parçacıklar cinsinden, kini zaman da dalgalar cinsinden (Maxwell denklemleriyle) betimlemek yerinde olur. Ama bu, ışığın her zaman dalga olarak davranacağı

demek olmadığı gibi, her zaman parçacık olarak davranacağı demek de değildir. Gerçekten de ışığın "asıl" ya *dalga* ya da *parçacık* olduğunu hayal etmemelisiniz. O, duyularımızın algıladığı sıradan dünyadaki hiçbir şeyin analoğu olmayan, ama belli koşullarda dalga *gibi*, bazı koşullarda da parçacık *gibi* görünen bir şeydir.

Bir diğer örnek bu model kullanımını daha sıkı olarak göstermektedir. Tarihsel olarak atomların katı ve parçalanamaz olma fikri, atomların diğer parçacıklardan oluştuğunun anlaşılmasından önce geliyor. Atomun bu "bilardo topu" modelini kullanarak fizikçiler gazların davranışının –örneğin kutudaki bir gazın basıncı ve sıcaklığı arasındaki bağıntıyı– çok sağlam bir matematiksel betimini sağlayabilmişlerdi. Sonraları atomun, minicik bilardo topları olarak düşünülen elektronların bilardo topu çekirdek çevresindeki yörüngelerde dolandığını söyleyen ***Bohr modeli*** tayf çizgilerinin kökenini açıklamakta iyice başarılı oldu. Daha sonra da elektronları çekirdeği kuşatan bir bulut (olasılık dağılımı) olarak gören model kimyasal bağlanımı açıkladı. Her ne kadar bu fikirler arasında açık seçik bir tarihsel yol olsa da bu sonraki modellerin "doğru," öncekilerin "yanlış" olması demek değildir.[225] Fizikçiler bugün bilardo topu modelini hâlâ gaz basıncını hesaplarken, kimyacılar ise tayfları incelerken özünde Bohr modelini kullanıyorlar. Farklı modeller birbirleriyle uyuşmayabilseler de, her model, kendi uygulanma alanında "doğru"dur.

Fizikçilerin kullandıkları modellere değişik işler için kullanılacak bir gereçler takımı olarak bakılabilir. Bir marangoz bazen tornavida, bazen de çekiç gereksinebilir. Marangoz işi için doğru gereci kullandığı kadar bunların farklı gereçler olmaları sorun olmaz. Sıkıntı tornavidayı çiviye (tayf ölçümü için atomun bilardo topu modelini) uygularken çıkıyor.

Bu özellikle önem taşıyor çünkü kuantum mekaniğinin "yorumları" (Örneğin ***Kopenhag yorumu***) aslında modeldir. Bunların hiçbirisi kuantum dünyasına ilişkin ötesi olmayan doğruyu temsil etmez. Ve de çok olasıdır ki insan beyni, kuantum dünyasına ilişkin ötesi olmayan doğruyu kavrayama yolunu hiçbir zaman bulamayacaktır. Tüm yorumlar sadece neler olduğunun bir duyumunu edinmek için bir yardımcıdır. İyi bir fizikçi tüm kuantum yorumlarını gereç takımında taşımalı ve belli bir kuantum bulmacasıyla karşılaştığında doğru gereci uygulamalıdır. Örneğin ***Schrödinger'in kedisi*** muammasına uygulamak için bilardo topu modeli hiç de doğru model değilken çoklu dünya yorumu bu özel probleme uygulandığında işe çok iyi yarar. Ama

kuantum dünyasının ne "olduğunu" hiç kimse bilmiyor, ve de bilebileceklerimiz yalnızca bunun neye "benzediği." Kimi zaman bu modele, kimi zaman da şu modele benziyor. İşte gerçeklik bu.

Ek okuma; John Gribbin, *Schrödinger'in Kedicikleri.*

**moderatör** Nükleer reaktörlerde (çekirdek bölünmelerinden çıkan) hızlı nötronları saçılmalarla yavaşlatmak ve sayılarını azaltabilmek için – böylece istenilen birim zamandaki bölünme sayısı için gerekli tetiklemeyi sağlayarak tepkimelerin istenildiği şekilde sürmesi amacıyla– kullanılan malzeme. En çok kullanılanlar döteryum (ağır su halinde), grafit ve berilyumdur. Bkz. ***reaktör***.

**molekül** Kararlı bir birim oluşturmak amacıyla ***kimyasal bağ***larla bir arada tutulan iki ya da daha çok atom. Bazen de, kimyasal tepkimelere girebilen bir kimyasal bileşiğin (yani en az iki elementin bileşimi) en küçük parçası olarak tanımlanır. Bir moleküldeki atomlar hidrojen molekülündeki ($H_2$) gibi özdeş olabilir. Hidrojen aslında en küçük ve en hafif (molekül ağırlığı 2) moleküldür. En büyük, "makromoleküller" olan proteinlerin molekül ağırlıkları birkaç milyon olabilir. Kanımızdaki oksijen taşıyıcı molekül olan hemoglobinde 1203 hidrojen atomu, 758 karbon atomu, 216 azot atomu, 195 oksijen atomu, 3 atom kükürt ve bir atom demir bulunur.

**molekül ağırlığı (molekül kütlesi)//molecular weight (moleculer mass)//** Molekülün atom ağırlığıyla belirtilen kütle ölçüsü.

**molekül huzmesi//molecule beam//** Aynı yönde giden bir atom, molekül ya da iyonlardan oluşan ve demetteki parçacıkların birbirleriyle çarpışmaması için düşük basınçlı bir demet. Molekül huzmesi teknikleri örneğin elektron spinine delil sağlayan ***Stern-Gerlach deneyi***nde kullanılmıştı.

**moleküler biyoloji** Fiziğin kuantum etkileriyle yaşamın doğasıyla ilgilenen dalı. Yaşamla ilgili moleküller ***kuantum kimyası*** ile betimlenirler ve karmaşık bileşikler olup genellikle karbon içerirler ve organik bileşikler olarak bilinirler. Bunlar arasında proteinler ve deoksiribonükleikasit (DNA) gibi nesneler bulunur. DNA yaşamın temel molekülü, ünlü çifte helis olup genetik kodu taşır.

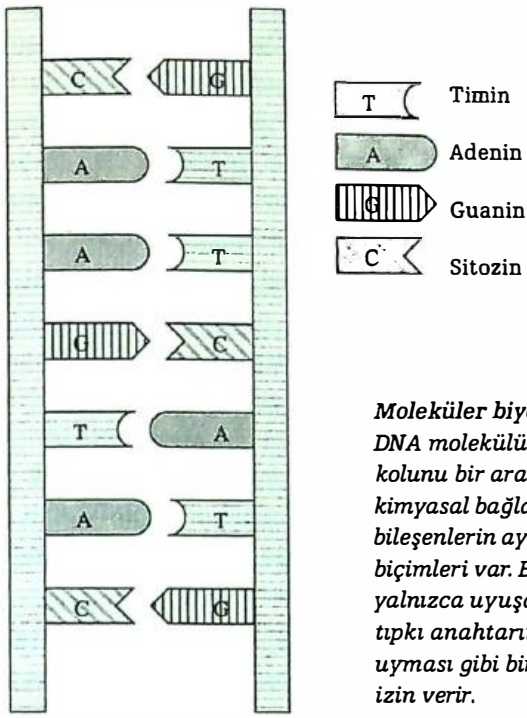
Yaşam süreçlerinde kuantum fiziğinin merkezdeki rolü en iyi şekilde DNA örneğiyle canlandırılabilir. DNA molekülünün çifte helisinin her iki kolu da her biri bir şeker bileşiği (bir karbonhidrat) olan alt-birimlerden kurulu uzun bir iplik olup komşu ipliğe fosfatlar denilen

gruplarla bağlantılıdır. DNA'da bu birimlerden birisi olan deoksiriboz, moleküle adını veriyor. Zincirdeki deoksiriboz şekerinin her birine takılı ve baz denilen ve zincire çıkıntı yapan bir diğer bileşik bulunur. Moleküldeki her birim bir baz, artı şeker, artı fosfat grubundan kurulu olup nükleotid adını alır. Bu alt birimlerde, adonin (A), sitozin (C), guanin (G) ve timin (T) denilen dört farklı baz bulunur. DNA'nın taşıdığı biyolojik mesaj işte bu dört harfli kodla yazılı (bu arada, bu genetik kod fikrini ilk düşünen *George Gamow* olmuştu). Bu, bilgi edinmek için okuduğumuz kelimelerin 29 harflik alfabe "kodu"yla ya da bilgisayarda saklanan bilginin ikili yazımla kodlanmasına tamı tamına eşdeğerdir.

Genetik kodun önemli özelliği kopyalanarak sonraki kuşaklara aktarılabilmesidir, tıpkı yazı/alfabe ve bilgisayar/ikili kodlarıyla bilgi aktarılması gibi. Bu DNA'da da mümkün. Çünkü her molekülün çift kolu ünlü çifte helisi oluşturuyor. DNA'nın her kolunun omurgasından uzanan bazların ayırt edici fiziksel yapıları bulunuyor. Adenin ve timinin yapıları uyuştuğundan iki molekül kolu yaklaştırıldığında bunlar doğal olarak aralıkta üç hidrojen bağı oluşturacak. Benzer olarak guanin ve sitozin de uyuştuğundan bunlar da üç hidrojen bağı oluşturur. DNA çifte helisi boyunca bir kolda C varsa diğerinde G olacak; birinde A varsa diğerinde T. A'lar ve T'ler birbirlerine iki uçlu fiş ikili prize girer gibi uyarken G'ler ile C'ler de üç uçlu fişin üçlü prize girmesi gibi uyar. Ama hiçbir şekilde A'nın ya da T'nin, G ya da C ile çiftlendiğini göremeyiz. Dolayısıyla belli bir moleküldeki her bir kol etkin olarak diğerinin ayna simetrisi gibi oluyor.

Molekül çoğalırken (hücreler hem sıradan büyümede hem de sonraki kuşağa genetik mesaj taşımak için yumurta ve sperm üretimine götüren süreçte olduğu gibi) çifte helis çözülür ve ayrılan her kol hücre içindeki kimyasal çorbadan başka bir ayna görüntülü kol bularak A, T'ye uyarak, C de G'ye uyarak baştakiyle özdeş iki yeni çift helis üretilmiş olacak.

Bunların hepsinin hayati şekilde hidrojen bağının özelliklerine dayandığına dikkat edin. Bu olgu yalnızca elektronların kuantum davranışıyla betimlenebilir. Kuantum kimyasına yaşamın moleküllerinde ne olup bittiğini genel olarak açıklamak için daha geniş çapta kullanılma gereğinden ayrı olarak, bu özge kuantum olgusu, DNA moleküllerini bir arada tutarak ve çifte helisin her kolunun diğeri için kalıp işi görmesinden emin olarak yaşamın tam merkezinde yerleşiktir.




*Moleküler biyoloji. DNA molekülünün iki kolunu bir arada tutan kimyasal bağları oluşturan bileşenlerin ayırt edici biçimleri var. Bunlar yalnızca uyuşan çiftlerin, tıpkı anahtarın kilide uyması gibi birleşmesine izin verir.*

Yaşamın farklı biçimlerini, ve de başka türlü genetik kodları hayal etmek mümkün. Ama gerçek şu ki yaşam bildiğimiz şekliyle, vücudumuzda işlemekte olan yaşam süreçleri dahil kuantum etkileşmelerine kritik olarak bağlı. Hidrojen bağı yoksa bizler de yokuz.

Ek okuma: John Gribbin, *In Search of the Double Helix*.

**moleküler tayf gözlemi//molecular spectroscopy//** Bkz. ***tayf gözlemi.***

**moment** Latince hareket/devinme anlamına gelen "movimentum" kökünden türetilmiş bir terim. Kullanılma yerlerinde hep belli bir niceliğin bir uzunluk ya da uzunlukla ilgili bir nicelikle çarpılması söz konusu. Bu aslında yük kaldırmak yani ona az da olsa devinim vermek için kullanılan kaldıraç kolundan esinlenilerek konulmuş bir ad.

**monopoller//monopoles//** Her birisi mıknatıslığın/manyetizmanın, güney ya da kuzey kutbunu taşıyan hipotetik parçacıklar. Kimi ***büyük birleşik kuramlar*** monopollerin varlığını önsöyseler de henüz bulunan olmadı.

**Morley, Edward Williams (1838-1923)** ABD'li kimyacı ve fizikçi. En çok ***Albert Michelson***'la işbirliği yaptıkları ve ışığı taşıdığı varsayılan "esir"in varlığı için bir kanıt bulamamasıyla ünlü deneyle hatırlanır.

Morley 29 Ocak 1838'de Newark-New Jersey'de doğdu. Eğitimine evde başladıktan sonra 1857-1860 arası Williams Kolejinde, sonra da 1861-1864 arası Andover İlahiyat Seminerinde eğitildi (babası bir Cemaat rahibiydi. İşe rahip olarak başladı ama fenbilimsel çalışmalarını da sürdürdü (1863'te Williams Kolejinden yüksek lisans derecesi aldı). Kısa bir süre Marlboro-Massachusetts'te öğretmenlik yaptıktan sonra Hudson-Ohio'daki Western Reserve Kolejinde doğa tarihi ve kimya profesörü oldu; aynı zamanda kolej şapelinde düzenli vaizlik de yapıyordu. 1873-1888 arasında ayrıca (Western Reserve Koleji Cleveland'a taşındı ve sonra da Case-Western Reserve Üniversitesi oldu) Cleveland Tıp Kolejinde kimya ve toksikoloji profesörü oldu. Morley 1906'da emekli oldu. Uzmanlığı kimyasal çokluk oranlarını, özellikle havadaki oksijen miktarını titizce bir sağlamlıkla ölçmek üzerineydi. Bu incelikli ölçmeler konusundaki becerisi onu 1880'lerin sonlarında Michelson'la yaptıkları ünlü işbirliğindeki katkısına götürdü. Morley 24 Şubat 1923'te Hartford-Connecticut'ta öldü.

**morötesi ışınımı//ultraviolet radiation//** Dalga boyları görünen ışığınkinden kısa ve görünen ışık *tayf*ının mavi/mor ucunun ötesinde ama X ışınlarınkinden uzun olan ***elektromanyetik ışınım***. 10-120 nanometre arasında bir bandı kaplar.

**morötesi felaketi//ultraviolet catastrophy//** Bkz. ***kara cisim ışınımı***.

**Moseley, Henry Gwyn Jeffreys (1887-1915)** Bir X ışını tayf ölçümü öncüsü olan İngiliz fizikçi. Ayrıca bir elementin atom numarasının (bu terimi de o koydu) o elementin çekirdeğindeki yükün bir ölçüsü olduğunu da ilk düşünen kişi oldu. Bu elementlerin periyodik tablosunun daha iyi anlaşılmasına ve çok geçmeden keşfedilecek birçok yeni elementin varlığının önsöyülmesine götürdü. Bir elementin periyodik tablodaki yeri ile atomlarının iç yapısı arasındaki bağlantıyı bulan Moseley oldu.

23 Kasım 1887'de Weymouth'da doğan Moseley 1910'da Oxford'u bitirdi ve 1913'te Oxford'a dönünceye kadar Manchester'da ***Ernest Rutherford***'la çalıştı. Birinci *D*ünya Savaşı çıktığında gönüllü olarak orduya katıldı ve Krallık İstihkam birliklerinde subay oldu. 10 Ağustos 1915'te gönüllü gittiği Gelibolu'da bir şarapnelle öldü.

**Mössbauer, Rudolf Ludwig (1929-2011)** Alman fizikçi. Atom çekirdeklerinin gama ışınımını soğurmasına ilişkin ***Mössbauer olayı***nı keşfiyle 1961 Nobel Fizik Ödülü aldı.

31 Ocak 1929'da Münih'te doğan Mössbauer 1952'de Münih Teknoloji Enstitüsünü bitirdi ve 1955'te yüksek lisans derecesini, 1958'te de

Heidelberg'deki Max Planck Tıp Araştırmaları Enstitüsündeki araştırmalarıyla 1958'de aynı enstitüden doktorasını aldı. Adını taşıyan olayı lisans sonrası çalışmaları sırasında keşfetmişti. Ardından Münih'te profesör olduysa da 1960'ta ABD'ye gitti ve 1961'de Caltech'te fizik profesörü oldu. 1965'ten sonra Münih Teknoloji Üniversitesinde profesörlük yaparken arada bir süre (1972-1977) Grenoble'deki Laue-Langevin Enstitüsünün direktörlüğünü yaptı.

**Mössbauer olayı// Mössbauer Effect//** Bir çekirdeğin gama ışınını geri tepmeden soğurmasını sağlayan bir süreç. Bu iş ilgili çekirdeğin bir kristal örgüye sabitlenmesiyle gerçeklenir. Böylece geri tepme, onu bütün kristal –bütün kütlesiyle– karşıladığı için büyük ölçüde sıfırlanıyor, ve ışını soğuran çekirdek kımıldamıyor. Bunun önemi şu ki, hedef çekirdek kımıldamadığı için "gördüğü," tamı tamına gama ışını kaynağından gelen ışınımın dalga boyudur (uygulamada kaynak da geri tepmesinden kaçınmak amacıyla kristalde sabitlenmiş olan bir çekirdektir),

Çekirdeğin ışınımı soğurması ancak ışınım çekirdekteki bir rezonansa tam uyacaksa mümkündür (tıpkı bir atomun tayftaki keskin çizgileri, yalnızca elektronların enerji düzeyleri arasındaki geçişlerine karşılık geldiklerinde soğurabilmesi gibi: bkz. ***Bohr modeli***). Eğer çekirdek geri tepebiliyorsa bu onun dalga boyu azıcık farklı (uzun) gama ışınlarını soğurmasını sağlar, ama Mössbauer olayında soğurulma ancak dalga boyu çok kesinse olabilir. Soğurulabilecek dalga boyu, soğurma malzemesi, düzgün ve saatte milimetrelerle ölçülecek bir hızla devindirilerek çok ince ayarla sağlanabilir. Olgu öyle keskindir ki genel görelilik kuramının önsöyümlerinden birisinin doğrudan onaylanmasını sağlayacak bir ölçümü gerçekleştirebilir. Bu elektromanyetik dalgaların kütleçekim alanında "düşerken" dalga boyu kayması olup yüksek bir binanın tepesiyle dibi arasında *D*ünya'nın kütleçekim alanında 1959 yılında Pound ve Rebka tarafından uygulanmış ve başarılı olmuştur.

**Mott, Nevill, Francis (1905-1996)** İngiliz fizikçi; 1977 Nobel Fizik Ödülünü manyetik ve düzensiz sistemlerin elektronik yapıları (***yarıiletkenler*** denmek isteniyor) üzerine çalışmalarıyla aldı.

30 Eylül 1905'te Leeds'de doğan Mott 1926'da Cambridge'i bitirdi ve orada üç yıl araştırma yaptı, ancak hiç doktora almadı. 1929 ve 1930'da Manchester Üniversitesinde öğretim görevliliği yaptı. Bir süre Cambridge'nin Gonville ve Caius Koleji Üyesi olarak ve Kopenhag'da

Niels Bohr Enstitüsünde konukladıktan sonra 1933'te kuramsal fizik profesörü olarak Bristol Üniversitesine geçti. 1948'de Bristol'daki H. H. Wills Laboratuarlarının direktörü olduktan sonra 1954'te ***Lawrence Bragg***'dan boşalan Cavendish Profesörlüğü için Cambridge'e döndü, 1971'de emekli oldu ama araştırmayı bırakmadı. Mott'un Cavendish Laboratuarının yenilenmesi ve geliştirilmesinde önemli rolü oldu. 8 Ağustos 1996'da Milton Keynes'de öldü.

Mott, 1930'larda atom çarpışmalarının (saçılma) kuantum kuramı üzerinde çalıştı ve bir dizi önemli ders kitabı yazdı. Daha sonra da yarıiletkenler gibi sistemlerin elektronik yapısını inceledi.

**Mottelson, Ben Roy (1926- )** ABD doğumlu Danimarkalı fizikçi. Atom çekirdeğinin üzerinde yaptıkları çalışmalarla 1975 Nobel Fizik Ödülünü ***Aage Bohr*** ve James Rainwater ile birlikte paylaştı.

9 Temmuz 1926'da Chicago-Illinois'de doğan Mottelson Purdue Üniversitesini 1947'de bitirdikten sonra doktorasını, Harvard'da ***Julian Schwinger***'in danışmanlığında 1950'de tamamladı. Ardından Kopenhag'da Niels Bohr Enstitüsüne gitti. 1953'te Kopenhag'daki kuram grubu üyesi olarak CERN'de görev aldı. 1957'de ***NORDITA***'da profesör olduktan sonra 1971'de Danimarka vatandaşlığı aldı. Nobel Ödülünü aldığı çalışmalar için bkz. ***Bohr, Aage Niels.***

**işlemsel yorum//transactional interpretation//** Kuantum fiziğinin ***John Cramer*** (Washington Üniversitesi-Seattle) tarafından geliştirilen bir yorumu. Deney sonuçlarıyla ilgili olarak diğer kuantum yorumlarınkilerle aynı önsöyümleri yapıyor; ancak, olanlara ilişkin değişik bir bakış sunmakta. Bunları birçokları, örneğin ***Kopenhag yorumu***ndan ve ***çoklu dünyalar yorumu***ndan daha rahat sindiriyorlar.

Cramer'in işlemsel yorumunun esin kaynağı ışınımın ***Wheeler-Feynman kuramı***dır. ***Maxwell denklemleri***nin çözümleri arasında hem ***gecikmiş dalgalar*** hem de ***önceci dalgalar*** olması sayesinde bu yoruma göre burada, *D*ünya üzerinde bir elektronu dürtersek, diyelim 2 milyon ışık yılı uzaktaki Andromeda gökadasındaki her bir yüklü parçacık ilke bakımından anında ne olduğunu bilecektir, oysa elektronun dürtülmesinden çıkan her gecikmiş dalganın Andromeda gökadasına varması 2 milyon yıldan uzun zaman geçecektir.

***Wheeler-Feynman soğurma kuramı***nın destekçileri bile genelde onu bu şekilde yorumlamaya başlamazlar. Alışılmış şekli (bir kuram için alışılmış denebilirse) burada, *D*ünya üzerindeki bir elektron başka her yerdeki yüklü parçacıklara (Andromeda gökadasındakiler de)

ilişkin olarak "nerede olduklarını" bilir. Ama geribeslemenin doğasının en özünde şu var ki bu iki yönlüdür. Eğer bizim elektron Andromeda gökadasının nerede olduğunu biliyorsa kesinlikle Andromeda gökadası da bizim elektronun nerde olduğunu bilir. Geribeslemenin sonucu olarak elektron onu itip kakma girişimlerimize, uzak gökadalardaki tüm o yüklü parçacıkların etkilerinden dolayı hiçbir bilgi taşıyan cisim ışık hızından daha hızlı gidemese bile, direnir (bkz. *ışıma direnci*).

Kesin konuşmak gerekirse Wheeler-Feynman kuramının özgün şekli klasik bir kuramdır, çünkü kuantum süreçlerini hesaba katmaz. Soğurma kuramının fikirlerini kuantum mekaniğine uygulamak için bir kuantum denklemi gerekiyor ki bu da Maxwell denklemlerinki gibi iki çözüm verir; bunların birisi pozitif enerjili ve geleceğe akan bir dalgaya eşdeğer, diğeri ise geçmişe akan negatif enerjili bir dalga. İlk bakışta Schrödinger'in ünlü dalga denklemi bu beklentiye uymuyor. Çünkü bu tek yönde bir akışı betimliyor, bu da (tabii ki) geçmişten geleceğe.

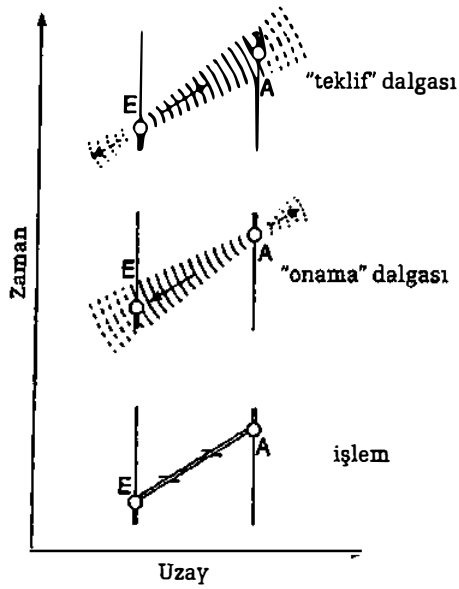
Bu ikilik en açık şekilde olasılıkların kuantum mekaniği bağlamında hesaplanmasında görülür. Bir kuantum sisteminin özellikleri durum vektörü denilen matematiksel bir yapıyla betimlenir. Bu ise bir ***karmaşık sayı***dır. Bir elektronun (diyelim), belli bir yerde belli bir zamanda bulunma şansı aslında elektronun o belli durumuna karşılık gelen durum vektörünün karesine bağlıdır.

Ama bir karmaşık değişkenin karesi onun kendisiyle çarpımı demek değildir. Bunun yerine bir başka değişken yapılmak gerekiyor, karmaşık eşlenik denilen ve sanal kısmının işaretinin değişmesiyle (+ ise - olacak, ya da tersi) kurulan bir ayna simetrisi şekli. Bu iki karmaşık sayının çarpımı olan mutlak değerinin karesi olasılığı verecektir. Ama sistemin zamanla nasıl değişeceğini betimleyen denklemlere gelince, bu eşleniklik süreciyle sanal kısmın işaretini değiştirmek zamanın yönünü değiştirmeye eşdeğerdir! Max Born'un 1926'da geliştirdiği temel olasılık denklemi zamanın doğasına ilişkin ve iki tür Schrödinger denklemi olabileceğine ilişkin apaçık bir bağlantı içermekte. Bunların birisi önceci dalgayı betimlerken diğeri gecikmişi temsil ediyor. Bunun dikkate değer anlamı ise 1926'dan beri ne zaman bir fizikçi bildik Schrödinger denkleminin karmaşık eşleniğini alıp bunu kuantum olasılığını hesaplamak için eldeki denklemle birleştirdiğinde asıl yaptığının, yani denklemlerin önceci dalga çözümünü ve zamanda geri giden dalgaların etkisini ele aldığının farkında olmuyor. Cramer'in kuantum mekaniği yorumunun matematiğinin bir sorunu olmaz çün-

kü matematik, Schrödinger denklemine dek standart Kopenhag yorumuyla tamı tamına aynı. Tek fark yorumda.

Cramer'in tipik kuantum "işlemi" betimi, bir parçacığın, bir diğer parçacıkla bir diğer yer ve zamanda "el sıkışması" şeklindedir. Bunu bir elektronun elektromanyetik ışınım salması ve diğer bir elektronun bunu soğurması gibi düşünebilirsiniz: Bu, işe yarasa da betim, bir kuantum varlığının etkileşme sonucu bir durumdan başlayıp bir diğerine geçmesine de yarar; örneğin iki delikli bir deneyde salınan ve deneyin öbür tarafında soğurulan bir parçacığın durum vektörü.

Böyle bir betimlemenin günlük dille yapılmasındaki zorluklardan birisi, aynı anda her iki yöne giden ve sıradan saatlerin eşzamanlı olarak göstereceği sıradan etkileşmelerin nasıl ele alınacağı. Kramer bunu, etkin olarak zamanın dışında kalarak yapıyor ve semantik araç olarak bir tür zamansı cinsinden yapıyor. Bu bir semantik araçtan başka bir şey değildir ama görünüşü kesinlikle kurtarıyor.




*Işlemsel yorum İki kuantum varlığının zaman dışı bir "el sıkışma" yapmasının kuantum mekaniğinin işlemsel yorumuyla açıklanması.*

Şöyle oluyor. Bir elektron titreştiğinde, bu resme göre ışımaya girişir ve geçmişe yayılan bir gecikmiş dalga ile geleceğe giden bir önceci dalga karışımı olarak zamanda simetrik bir alan oluşturur. Ne olduğunun bir resmini almak için ilk adım olarak önceci dalgayı yok sayıp gecikmiş dalganın öyküsünü izleyelim. Bu geleceğe yönelerek alanın taşıdığı enerjiyi soğuracak bir elektrona rastlayıncaya kadar

gider. Soğurma süreci soğuran elektronu titreştirir ve bu titreşim yeni bir gecikmiş alan oluşturup ilk gecikmiş alanı tamı tamına yok eder. Dolayısıyla soğurucunun geleceğindeki net etki gecikmiş alanın olmamasıdır.

Ama soğurucu bir de negatif enerjili ve zamanda ters yöne, salıcıya doğru giden bir önceci dalga yaratmıştı. Salıcıda bu önceci dalga soğurularak baştaki elektronun geri teperken ikinci bir önceci dalgayı geçmişe gönderecek. Bu "yeni" önceci dalga "önceki" önceci dalgayı yok ederek ortada ilk salımın olduğu andan önce geçmişe giden bir ışınım kalmaz. Elde kalan salıcıyla soğurucuyu bağlaştıran bir çifte dalga olup bu, geleceğe pozitif enerji taşıyan bir gecikmiş dalganın yarısıyla geçmişe (negatif zaman yönünde) negatif enerji taşıyan bir önceci dalganın yarısıdır; bkz. *Wheeler-Feynman soğurma kuramı*.

İki negatif bir pozitif yaptığından bu önceci dalga özgün gecikmiş dalgaya, sanki o da salıcıdan soğurucuya giden bir gecikmiş dalgaymış gibi *eklenir*. Cramer'in sözleriyle "Salıcının, soğurucuya giden bir 'teklif' dalgası oluşturduğu düşünülebilir. Ardından da soğurucu salıcıya bir 'onama' dalgası gönderir. Böylece işlem uzayzaman aşırı bir 'elsıkma'yla tamamlanmış oluyor." Ama bu yalnızca zamansı bakış açısından olayların sırasıdır. Gerçekte süreç zamansız olup ansızın olmakta.

Durum üç boyutta daha da karmaşıktır ama vargılar tamı tamına aynı oluyor.

Cramer, yorumunun sıradan kuantum mekaniğininkilerden farklı önsöyümler yapmamasına ve bunun insanların kuantum dünyasında neler olduğuna ilişkin rahatça düşünebilmesine özellikle öğretimde yardımcı olabilecek ve gizemli kuantum olgularına sezgi ve içgörü geliştirmekte hatırı sayılır değeri olan bir araç olarak sunulmasını vurgulamanın sıkıntısını duymakta. Fakat işlemsel yorumun bu bakımdan diğer yorumlarla kıyaslandığında mağdur sayılmasının gereği yok. Çünkü bunların hiçbirisi kuantum olgularını anlamamız için tasarlanmış bir kavramsal modelden başka bir şey değil, ve hepsi de aynı önsöyümü yapıyor.

Eğer o olay zincirinde (diyor Cramer) özel bir bağlantı varsa bu zinciri sonlandıran değildir.

Bu, zincirin başlangıcında, salıcının, göndermiş olduğu teklif dalgalarına gelen çeşitli onama dalgalarından birini öyle berkitir ki bu belli onama dalgasını tamamlanmış bir muamele olarak gerçekliğe yükselttiğinde olandır. Sonuçta zaman dışı işlemin bir "ne zaman?"ı olmaz.

Kuantum fiziğinin tüm muammalarını çözmenin bu dramatik başarısının bedeli, sağduyuya aykırı gibi çalışan tek bir fikri kabul etmekti: kuantum dalgasının bir kısmının gerçekten zamanda geçmişe doğru gidebilmesi fikri. İlk bakışta bu, sebeplerin daima sonuçlarından önce gelmesini söyleyen sağduyu sezgisine aykırı görünüyor. Ama yakından incelendiğinde anlaşılıyor ki, işlemsel yorumun gerektirdiği tür zamanda yolculuk bildik sağduyuyu çiğnemediği gibi şu, Evren boyunca zaman dışı el sıkma, insan niteliklerinin en değer verileni olan irade özgürlüğünü de zorunlu olarak kaldırmıyor.

Kuantum dünyasında olasılık "teklif" dalgasının gidebileceği tüm mümkün partner parçacıklara doğru ışınır ve birçok geçici "kabul" gönderilebilir ama yalnız birisi (olasılığın tanıdık kurallarıyla) seçilir ve bu şekilde gerçek yapılır.

İşlemsel yorumun zamanla ilgilenişinin sağduyununkinden farklı olması sürpriz olmamalı, çünkü işlemsel yorum ***görelilik kuramı***nın etkilerini açık olarak içermekte. Bunun zıddına Kopenhag yorumu zamana klasik, "Newtoncı" tarzda davranır. İşte ***Aspect deneyi*** gibi deneylerin sonuçlarını açıklama girişimlerindeki tutarsızlıkların merkezinde bu vardır. Işığın hızı sonsuz olsaydı sorun kalkardı; Bell eşitsizliğini içeren süreçlerin yerel ve yerel olmayan betimlerinin farkı olmayacaktı, ve de sıradan Schrödinger denklemi olan bitenin sağlam bir betimi olurdu, yani ışığın hızı sonsuz olsaydı sıradan Schrödinger denklemi etkin olarak doğru "göreli" denklemi olurdu. Aslında Cramer görelilikle kuantum mekaniği arasında yorumunun özü olan incelikli bir ilişki bulmuştur.

Zaman dışı el sıkışma özgür irade olabilirliğini nasıl etkiliyor? İlk bakışta sanki her şeyin geçmişle gelecek arasındaki bu iletişimlerce ayarlanmış gibi görünüyor. Salınmış olan her foton ne zaman ve nerede soğurulacağını zaten "biliyor;" her kuantum olasılık dalgası çift delik/yarık deneyinde ışık hızıyla deneyin yarıklarından geçerken diğer tarafta onu ne tür bir dedektörün beklediğini zaten "biliyordu." İçinde ne zamanın ne de uzayın bir anlamı olduğu, olmuş ve olacak her şey sade *var*.

Ama (makroskopik dünyada) benim zaman çerçevemde kararlar (hem insan kararlarında hem de bir atomun bozunmasında etkili olanlar gibi) kuantum "tercihleri" sahici özgür iradeyle veriliyor ve ne çıkacağının kesin bir bilgisi yok. Mikroskobik dünyada zaman dışı gerçekliği yapmak için zaman gerekir.

Ek okuma: John Gribbin, *Schrödinger's Kittens*.

**mutlak sıcaklık//absolute temperature** Bkz. *Kelvin ölçeği*

**mutlak sıfır//absolute zero//** Erişilebilecek en düşük sıcaklık. Mutlak sıfırda atom ve moleküller kuantum kuramının izin verdiği en düşük enerjiye sahip olurlar. Bu *Kelvin ölçeğ*inin 0'ıdır. 0 K sıcaklık –273,15 °C'ye karşılık gelir. Bu ölçeğin her bir derecesi 1 *Celcius* derecesine eşittir.

**Müller, Karl Alex (1927- )** İsviçreli fizikçi, 1987 Nobel Fizik Ödülünü yüksek sıcaklıktaki süperiletkenlik için *Georg Bednorz*'la paylaştı.

20 Nisan 1920'de Basel'de doğan Müller, ETH'da (Federal Teknoloji Enstitüsü) okudu ve 1958'de doktorasını aldı. Sonra 1863'e kadar Cenevre'de Batelle Enstitüsünde çalıştı ve IBM Zürih Araştırma laboratuarına katıldı. Bu işin yanı sıra 1962'de Zürih Üniversitesinde öğretim görevlisi oldu ve 1970'te profesörlüğe yükseldi.

**müon** Elektronun ağır eşi olan *lepton*, kütlesi elektronun 206,7683 katıdır ama bunun dışında elektronla özdeş gibidir. Müon kararsız olup 2,19709 mikrosaniyelik yarıömürle bir elektrona, müon nötrinosuna ve bir de elektron karşı-nötrinosuna bozunur. Bkz. *aile*.

**müon nötrinosu** *Müon*la ilişkili bir nötrino türü. 1960'ların başlarında *Leon Lederman*, *Melvin Schwartz* ve *Jack Steinberger* tarafından saptandı.

**nano (n)** Milyarda bir = $10^{-9}$ için kullanılan önad. Kökeni Yunanca "cüce" anlamına gelen nanos'tur.

**nanometre** Metrenin milyarda biri, 1 nm = $10^{-9}$ m = 0,000000001 m.

**nanosaniye** Saniyenin milyarda biri, $10^{-9}$ s.

**nanoteknoloji** Çok küçük, abartmasız atomlar ve moleküler ölçeğinde mühendislik. Bunun gerçek bir olanak olduğunu öneren, 1959'un sonunda Caltech'teki bir konferansta *Richard Feynman* olmuştu. Fikrin yeniden icat edilip gerçekleştirilmesi Eric Drexler tarafından 1970'lerde MIT'de oldu. Düşlenen şey öyle minik bir makine yapmaktı ki bu, örneğin kalp sorunu olan birisinin damarında giderek duvarlarını temizleyecek bir makine, ya da hammaddeleri (diyelim çimenleri) alıp alıp "et"e çevirecek küçücük mikroskopikaltı robotlar yapmak. Ancak henüz, elde edilebilenler daha çok parti eğlencesi mertebesinde, IBM harflerini ya da *İki Şehrin Hikayesi*'nin ilk sayfasını, ancak mikroskopla okunabilecek ölçekte yazdırma aşamasında. Ama yeni bir teknoloji bir yerden başlamak zorunda.

Ek okuma: Ed Regis, *NANO!*

Ne'man,Yuval (1925- 2006) ***Sekiz katlı yol*** fikrini ***Murray Gell-Mann***'dan bağımsız olarak geliştiren ve kuark modelinin dayanağının kuramsal temelini kurmakta esaslı payı olan İsrailli fizikçi.

Ne'eman 14 Mayıs 1925'te Tel Aviv'de (o zaman Filistin'deki) doğdu. Hayfa'da Teknoloji Enstitüsünde (Technion) mühendislik okudu. 1945'te bitirince İsrail devletinin 1948'de kurulmasında etkili olan orduya katıldı. İsrail'in savunma kuvvetlerinin üyeliği sürerken diğer görevlerinin yanı sıra araştırmalarını sürdürmesine izin verildi. 1952'de Paris'teki Savaş Okulunda eğitildi ve 1955'te albaylığa yükseltilerek 1957'ye kadar İstihbarat kısmının direktör vekilliği yaptı. Ardından Londra'daki İsrail elçiliğinde askeri ataşe oldu. Bu arada elçilikten yürüyerek beş dakikalık yolda bulunan İmparatorluk Kolejinde araştırmalar yaptı ve Londra Üniversitesinden (***Abdüsselam***'ın danışmanlığında) doktorasını aldı.

Ne'eman, 1955'ten beri Tel Aviv Üniversitesinin de üyesiydi. 1961'den başlayarak İsrail Atom Enerjisi Komisyonu için çalıştı ve 1963'te Tel Aviv Üniversitesinde tam gün çalışmaya başlayarak 1964'te profesör ve rektör yardımcısı oldu. Üniversitenin rektörlüğünü (1971-75) ve İsrail Parlamentosu üyeliği yaptı. 1982-84 ve yeniden 1990-92 dönemlerinde Bilim Bakanlığı; ardından da kısa bir süre Enerji Bakanlığı yaptı. Bu arada Austin'deki Texas Üniversitesi ile uzun bir ilintisi olmuştu. 26 Eylül 2006'da Tel Aviv'de öldü.

Ne'man'ın matematiksel terimlerle SU(3) olarak gösterilen grubun (bkz. ***grup kuramı***), temel parçacıkları, simetri özelliklerini betimleyerek sınıflandırması 1960'ın sonunda geliştirilerek tez çalışmasında önerilerek 1961'de yayımlanmıştı. Bu, 1964'te keşfedilecek olan omega-eksi parçacığının varlığını önsöyüyordu. 1964'te de Ne'eman ve ***Gell-Mann*** birlikte The *Eightfold Way* (sekiz katlı yol) adlı bir kitap yazdılar. Yoram Kirsch ile birlikte yazdıkları *The Particle Hunters* (parçacık acıları) kitabındaki özgeçmişine ilişkin notlarda, Abdüsselam'ın tanıttığı grup kuramına kendisini nasıl "kaptırdığını" betimlerken parçacık özellikleri arasındaki ilişkiyi G(2) olarak bilinen ve Davud'un Yıldızı biçimine benzetilebilen bir desene karşılık gelebilecek bir grupla açıklayabilmeyi düşlediğini, ancak bunun yerine SU(3)'ün, omega-eksinin bulunması koşuluyla mükemmel uyum gösterdiğini keşfettiğini yazıyor. Ne'eman'ın astrofizikte de önemli katkıları oldu. (Yine de ilk ailedeki parçacıklar bu gruba göre dizildiklerinde altısı bir altıgenin köşelerine ikisi de merkezine oturmakta. $W^-$ ise ikinci kuşağın üyesi olarak bir üçgenin tepesine oturur.)

**negatif geribesleme** Bkz. *geribesleme.*

**Neumann, J. von (1903-1957)** Macaristan doğumlu (vaftiz adı Janos, Almanya'dayken Johann), ABD vatandaşı ve Manhattan Projesinin danışmanı olan matematikçi.

"Johnny" von Neumann (ABD'de genelde böyle söylenen) çok parlak bir matematikçi olup oyun kuramıyla (eğlence gibi gelen adına karşın savaş gibi çatışmalar için ciddi göndermeleri oluyor) ve bilgisayar kuramının temelleriyle (çağdaş elektronik bilgisayara kimi zaman "von Neumann makinesi" deniliyor) ilgileniyordu. Ama onun kuantum kuramına ana katkısı bir hataydı. Bu, onun müthiş itibarından dolayı alanın gelişmesini onlarca yıl geri bıraktı.

28 Aralık 1903'te Budapeşte'de doğan von Neumann 1921-23'te Berlin Üniversitesinde, 1923-25'te de Zürih'te (ETH) okudu. Sonra da Budapeşte'ye dönerek Üniversitede doktora çalışmalarını 1926'da tamamladı. 1927-29 arasında Berlin Üniversitesinde öğretim görevliliği yaptıktan sonra 1930'da Almanya'yı terk ederek ABD'ye gitti. Orada Princeton'da, önce Üniversitede, sonra da İleri Çalışmalar Enstitüsünde çalıştı. 8 Şubat 1957'de Washington D.C.'de kanserden öldü.

Von Neuman'ın büyük hatası 1932'de yayımladığı bir kuantum mekaniği kitabında ortaya çıktı. Kitap tam bir *el çabukluğu* olarak görülüyordu ve hiçbir ***saklı değişken*** kuramının, kuantum dünyasının işleyişini hiçbir zaman uygun şekilde betimleyemeyeceğinin bir "kanıtını" içeriyordu. Bu, pek çok fizikçi kuşağını (***David Bohm***'un dikkate değer tutumu dışında) kuantum kuramının saklı değişkenler tarzları üzerinde çalışmaktan alıkoydu. Ama von Neumann'ın kanıtında bir hata vardı.

Her ne kadar matematikçi Grete Hermann 1933'te hatayı gerçekten gösterdiyse de kimse onun haklı, büyük von Neumann'ın yanlış olabileceğine inanmadı. Taa 1966'da ünü von Neumann'ınkine denk olan fizikçi ***John Bell***, Von Neumann'ın kanıtının yalnız hatalı değil üstelik saçma olduğunu saptayana kadar fizik topluluğu hatayı dikkate almaya başladı. Gecikmenin bir sebebi şu olabilir, hatta öylesine temeldi ki şimdi bile von Neumann'ın düzeyindeki bir matematikçinin bu denli çuvallamasını anlamak zor. Bell, sonraları (Mayıs 1988'de) *Omni* dergisindeki bir söyleşide "von Neumann'ın kanıtı sırf yanlış değil *aptalca!* da" demişti.

Bell kimsenin, kanıtın sıra değiştirme (komütasyon) içeren bir temel hatayı nasıl atladığına şaşkındı (bkz. ***Abelyen grup***). Von Neu-

mann, belli bir kuantum sisteminin ortalamada sıra değiştime kuralına uyduğu gerçeğini kullanıp bunu sistemin tek tek bileşenlerine uygulamış. Bu, bir ilkokul sınıfındaki öğrencilerin ortalama boyunun 1,2 m olmasından giderek her bir öğrencinin de boyunun 1,2 m olduğunu söyleyecek kadar saçma.

Von Neumann bu hatanın bu şanssız sonucunu Bell 1966'da ortaya koyduktan sonra bile direndi. Saklı değişkenler kuramının von Neumann öyle dediği için işlemediği savı hâlâ kimi ders kitabında bulunabiliyor. Kuantum kuramının saklı değişkenler tarzı işte bu sebeple 1990'larda canlanmaya başladı ve şimdi de kuantum dünyasının en heyecanlı modellerinden birisidir.

**Newlands, John Alexander Reina** (1837-1898) Kimyasal elementlerin özelliklerindeki periyodikliği fikrini ***Dmitri Mendeleyev***'den bağımsız ve (daha önce) edinen İngiliz kimyacı.

Londra-Southwalk'ta 26 Kasım 1837'de doğan Newlands 1856'ya kadar büyük ölçüde evde eğitildi (Presbiteryen rahibi olan babası tarafından). O yıl Londra'daki Krallık Kimya Kolejinde August Hoffmann'dan bir yıl öğrenim gördükten sonra 1864'e kadar kimyacı olarak Krallık Ziraat Derneğinde çalıştı (bu arada 1860'ta Garibaldi'ye karşı savaşmak için İtalya'daydı, Newland'ın annesi İtalyan asıllıydı), sonra da dört yıl analitik kimyacı olarak bağımsız çalıştı ve özel ders verdi. 1868'de bir şeker rafinerisinde baş kimyacı oldu ama işler bozulunca gene bağımsız analitik kimyacılık yaptı bu kez ağabeyi ile. 29 Temmuz 1898'de Londra'da öldü.

Newlands'ın kimyasal elementlerin özellikleri arasındaki periyodiklik üzerindeki çalışması 1863-66 arasındaydı ve 1865'te elementlerin ilk periyodik tablosunu yaptı. Şunu gösteriyordu: elementler artan atom ağırlıkları sırasıyla dizildiklerinde "verilen bir tanesini izleyen sekizinci element bir tür ilkinin yinelenmesi gibi." Buna Oktavlar Yasası adını verdi. Ama 1866'da bu konudaki makalesini Kimya Derneğine sunduğunda fikir öylesine aşağılandı ki konu üzerinde çalışmayı, ***Mendeleyev*** daha tam ve daha iyi düşünülmüş periyodik tablosunu 1869'da yayımlanmasına kadar bıraktı. Newlands'ın konuyla ilgili ve 1860'ların ortasında Kimya Derneği tarafından reddedilen özgün makalesi 1884'e kadar yayımlanmadı. Katkıları en sonunda tanınarak 1887'de ***Kraliyet Derneği*** tarafından Davy Madalyası ile ödüllendirildi (ama üye yapılmadı).

**Newton, Isaac (1642-1727)** Modern fenbiliminin gelişmesinin temelini üç mekanik yasası ve kütleçekim kuramıyla kuran İngiliz fizikçi. Ayrı-

ca optiğe de önemli katkıları oldu ve diferansiyel-integral hesabı[226] icat etti. Newton, geniş çapta yaşamış en büyük fenbilimci olarak kabul edilir. Bu en az yukarıdaki fenbilimi keşifleri için değil bunlara ek olarak fenbilimsel keşiflere özgü teknik ve yöntemler olarak deney ve gözlemi ortaya koyduğu için.



*Isaac Newton (1642-1727)*

1642'nin Noel Gününde Woolsthorpe-Linconshire'da (İngiltere) doğdu. O sıralarda İngiltere'de hâlâ Jülyen takvim kullanılmaktaydı. Katolik ülkelerde kullanılmaya başlanan (günümüzde kullandığımız) Gregoryen takvime göre ise doğumu 4 Ocak 1643'e geliyor. Newton'ın, başarılı sayılabilecek bir çiftçi olan babası o doğmadan önce ölmüştü. Annesi çocuk üç yaşındayken yeniden evlendi ve Newton 1658'e kadar büyükannesi tarafında büyütüldü. Derken annesi tekrar dul kalınca Isaac'ı yanına aldı. Annesinin arazisinde çiftliğe onun bakması bekleniyordu, ama buna pek yeteneği görülmedi (büyük ölçüde ilgisizlikten) ve şansı varmış ki (amcası sayesinde) üniversite eğitimine hazırlık için yeniden okula gidebildi. 1661'de Cambridge'e girdi ve 1665'te bitirdi.

Newton Cambridge'te kalmak niyetindeydi ama tam bitirdiğinde veba tehdidi yüzünde üniversite kapandı ve izleyen on sekiz ayı Woolsthrope'da geçirirken pek çok şeyi (kütleçekim dahil) uzun uzun ve derin düşündü ve ışık üzerinde prizmalarla deneyler yaptı. Salgın korkusu geçtikten sonra Cambridge'e döndü ve 1667'de (24 yaşında) Trinity Kolejinin Üyesi oldu ve 1669'da Lucas (kürsüsü) Matematik Profesörü oldu.

Newton Cambridge'teki görevini 1701'e kadar sürdürdü ya 1696'da Krallık Darphanesinin yöneticiliğine getirildiğinde fen çalışmalarını esas olarak bırakarak Londra'ya taşındı. 1698'de darphanenin başı olunca nakit ve madeni para düzenine yenilik ve acımasız bir etkinlikle çok sıkı kurallar koydu.[227] Bu yaptıkları için –ama bilimsel çalışmaları için değil– 1705'te Kraliçe Anne tarafından şövalyelik unvanı verildi. 1703'ten ölümüne dek (20 Mart 1727- Londra) Newton ***Kraliyet Derneği***nin başkanıydı. Westminister Manastır Kilisesinde defnedildi.

Newton zor bir insandı, gizemli ve fikirlerinin başkaları tarafından çalınmasından kuşkuluydu; yalnız çalışır, çoğu kez bulduklarını ısrarla sıkıştırılmadıkça yayımlamazdı. Ayrıca o sıralarda hâlâ fenbiliminin parçası olarak kabul edilebilen simya deneylerine de çok zaman yatırırdı. En büyük eseri olan *Philosophiae Naturalis Principia mathematica* (*Principia* olarak anılır) Edmond Halley'in ısrarıyla basıldı (1687).[228] Halley, Newton'ın gezegenlerin Güneş çevresindeki yörüngelerinin yalnızca kütleçekimin ters kare yasasıyla açıklanabileceğini kanıtladığını öğrenmişti. Keşif olasılıkla veba günlerinde, Newton Woolsthorpe'dayken olmuştu ve Newton hiç açıklamamıştı. Çok sonra (1716) yazdığı notlarında matematik problemleri (kalkülüs[229]), renk kuramı *ve* kütleçekim üzerinde 1665 ve 1666'da nasıl çalıştığını söylüyor: "çünkü o yıllarda keşif yapmak için en verimli yaşlarımdaydım ve Matematik ve Felsefeyi her zamankinden daha çok dert ediniyordum."

1680'lerin ortalarında Halley'in ısrarından doğan cilt yalnızca kütleçekim kuramını değil modern fiziğe götüren devinim yasalarını da içeriyordu.

Newton'ın optik üzerindeki çalışmasının basılması da uzun süre gecikti. Bu kez Robert Hooke ile 1670'lerde, çalışmalarının etkinliği ve ne kadarının ***Hooke***'un daha önce yaptıklarına dayandığı (Hooke'a göre) üzerine yaptıkları tatsız tartışmalar yüzünden. Newton'ın bilimsel tartışmalardan çekilmesi ve tüm fikirlerini izleyen on beş yıl için Cambridge'te kendisine saklaması büyük ölçüde bu sebepleydi. Her ne kadar *Principia* Halley'in sözleriyle yayımladıysa da Newton sırf optikle ilgili çalışmalarını Hooke 1703'te ölene dek tuttu ve kitabı *Opticks*'i 1704'te yayımladı.[230]

Newton'ın ışık kuramı onu bir parçacık ya da zerrecik akışı olarak, minicik top gülleri gibi görüyordu.[231] Bu görüntü (***Christian Huygens***'e karşın), Thomas Young'ın ve Augustine Fresnel'in ışığın dalga doğasını ortaya koyan çalışmalarına kadar yüz yıl baskınlığını sürdürdü. 20. yüzyılda ise kuantum mekaniği bağlamında ışığın hem parçacık hem de dalga olarak düşünülmek gerektiği açıkça anlaşıldı.

Ama Newton'ın yaptıklarının en önemli yanı, kütleçekim kuramının özgül biçimi ya da ışık, veya devinim yasaları değil. Asıl önemli olan onun fizik yasalarının evrensel olduğunu göstermesi; yani örneğin, aynı kütleçekim yasasının elmanın ağaçtan yere düşmesini, Ay'ın *D*ünya çevresindeki ve *D*ünya'nın Güneş çevresindeki yörüngelerini gütmesi, ve de bunların, topların eğik düzlemde yuvarlanmasına da uygulanabilmesidir. Evreni fizikçilerin oyuncağı yapan Newton'dur.

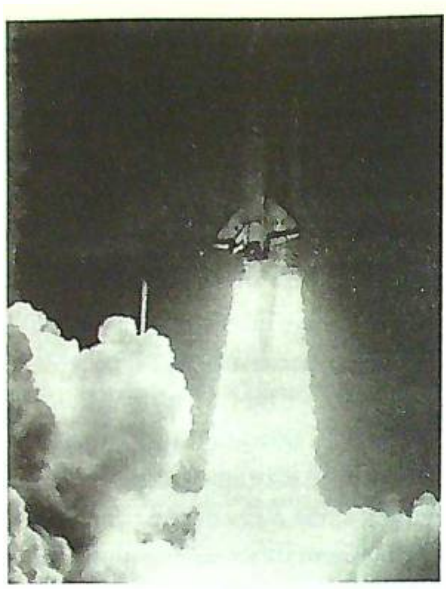
Fizikçilerin, 300 yıldan fazladır, örneğin ***Büyük Patlama***da neler olduğundan, ve ***proton***un içinde ***kuark***ların nasıl ***gluon*** değiş tokuşu yaptığından güvenle söz etmesini sağlayan işte bu Newtoncı yaklaşımın başarısı sayesinde olmaktadır.

**newton** Kuvvetin SI biriminin adı olup *Isaac Newton*'ın onuruna verilistir. 1 N, kütlesi 1 kg olan bir cisme 1 $m's^{-2}$ kadar ivme kazandıracak kuvvettir.

**Newton'ın devinim yasaları//Newton's laws of motion//** Bildik dünyanın işleyişini (***kütleçekim*** ve ***elektromanyetizma*** ile birlikte; bkz. ***doğa kuvvetleri***) güden üç evrensel kural. Bunlar *Isaac Newton* tarafından 1887'de yayımlanan *Principia* ile *D*ünya'ya sunuldu.

İlk kurala göre her cisim bir kuvvet etkilemedikçe kımıldamadan durur ya da bir doğru çizgi boyunca sabit hızla devinir. Bu, sağduyuya aykırı (yani sıradan sağduyuyla uyumsuz) çünkü her ne kadar çevremizde gördüğümüz nesnelerin bir yerlerde mutlu mutlu durduklarını gördüğümüz ve devinmesini başlatmak için itiverdiğimiz (ki bu Newton'ın birinci yasasına uygudur) ama az sonra sanki kendi isteğiyle durmaya başladığını (ki bu ilk bakışta birinci yasaya aykırı) görürüz. Ama Yeryüzündeki sıradan çevremizde devinime hep sürtünmeyle (birbirlerini ovalayan nesnelerin sebep olduğu kuvvet) karşı gelinir. Öyleyse aslında devinen bir cismin yavaşlaması Newton'ın birinci yasasına tamı tamına uyuyor. Newton'ın birinci yasası, MÖ 4. yüzyılda Aristoteles'in biçimlendirdiği ve bir şeyin devinmesi için bir kuvvetle hep itilmesini gerektiren "sağduyusal" fikrin yerine geçiyor. Diğer şeylerin yanında bu, gezegenleri yörüngeleri boyunca itecek bir kuvvet (melekler?) bulma gereksinimini kaldırıyor. Ama yine de doğru çizgiler boyunca gitme eğilimlerinden saptırıp eliptik yörüngeleri izlemeleri için bir kuvvet bulunması gerekli.

Pürüzsüz bir masa yüzeyinde yuvarlanan bilardo topları sürtünmeyle, görece çabuk yavaşlar; masa hokeyinin pulları bir hava tabakası üzerinde neredeyse sürtünmesiz kayarken Newton'ın birinci yasasının (aynı zamanda ikinci ve üçüncü yasalarının da) çalıştığının adil bir örneği! Bugün de çoğu kişi *D*ünyayı çevreleyen yörüngelerindeki insanlı uzay araçlarında devinen cisimlerin uzay gemisinin kabininde doğru çizgiler boyunca gidip duvarlarından geri tepip dururken Newton yasalarıyla tam uyum içinde, havadan ileri gelen iyice düşük sürtünmeden başka bir şeyden etkilenmediklerini gösteren resimleri görmüştür.



*Newton'ın devinim yasaları. Uzay Mekiği gibi bir roket ileri gidiyorsa, bu egzozundan çıkan itici malzeme geriye doğrudur. Etki ve tepki eşit ve zıt yönlüdür. Böylece göreli olarak yavaş giden kütleli roketin momentumu zıt yönde çok hızlı giden hafif egzoz gazlarının momentumuyla dengelenir.*

Ama Newton ne masa hokeyi oynadı ne de serbest düşmekte olan uzay gemisindeki nesnelerin nasıl devindiğini gördü. Dehası, işin içindeki basit gerçeği, yani bu sonuçları Yeryüzündeki karman çorman koşullar arasından sıyırıp çıkartmasındaydı.

Newton'ın ikinci yasası, bir cisme kuvvet uygulandığında bu, cismin ***momentumunu*** kesin bir şekilde değiştirir. (İki bilardo topunun çarpışması gibi çoğu basit örnekte, cismin kütlesinin sabit kaldığı düşünüldüğünde bu, cismin hızı belli bir şekilde değişir demekle eşdeğerdir.) Momentumun (özellikle de hızın) değişme derecesi uygulanan kuvvetle orantılıdır, yani iki kat büyük kuvvet iki kat büyük hız değişmesi doğurur ve de momentum değişmesinin yönü uygulanan kuvvetin yönünde olur. Hızın değişme derecesine ivme denildiğinden bu sonuç, bir $F$ kuvveti bir $m$ kütleli cisme etkilediğinde cisme, kuvvetin yönünde ivme verilmesine eşdeğerdir; yani $F = ma$ (aslında bu son deyişe göre $F$ ve $a$ ***vektör*** olarak, gösterilmelidir, yani F = ma ayrıca bu süreçte kütlenin değişmemesi) Bu bir cismin kütlesini (***eylemsizlik kütlesi***) ağırlığından ayırt eder. Kütle, verilen bir kuvvetin doğurduğu ivmenin büyüklüğüyle ölçülürken, ağırlık kütlenin *belli* bir kuvvete, *D*ünyanın kütleçekime olan yanıtını temsil eder. (Bkz. *çekim kütlesi*.)

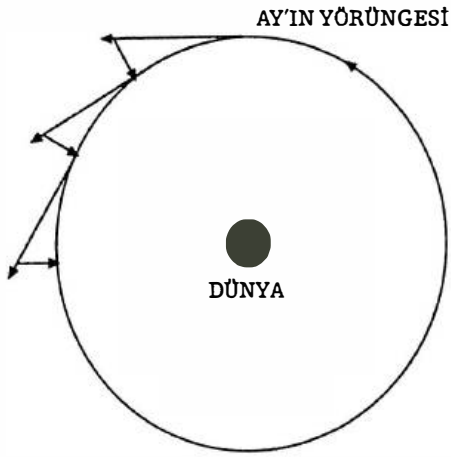
Newton'ın ikinci yasası hakkında önemli bir husus, hız (yani büyüklüğü) değişmese bile yön değiştirmenin de hız vektörünün değişmesi (ivme) demek olmasıdır.[232] Öyleyse uygulana kuvvet yalnızca

cismin hızı değişmeden gitmekte olduğu yönü değiştirir. Buna basit bir örnek bir ipin ucuna bağlı taşı çember şeklinde çevirmektir. Taş sabit bir hızla dönebilir ama hız vektörü çember boyunca dönmesini sağlamak için değişip durur, çünkü elimize doğru bir kuvvet ona etkimektedir. Dikkat edilecek bir diğer husus bağıntıdaki kütlenin etkisi. Belli bir kuvvet küçük bir kütleyi etkilediğinde ona, büyük bir kütleyi etkilediğindekinden daha büyük bir ivme verecektir. Bağıntıyı baş aşağı çevirirsek ivme kuvvet *bölü* kütleye eşittir.

Newton'ın üçüncü yasası şöyle: bir cisme bir kuvvet uygulandığında cisim de uygulayanı eşit ve zıt yönde bir kuvvetle iter. Newton aslında "etki" terimi kullanıyordu. Böylece üçüncü yasa çoğu zaman "her etki için eşit ve zıt yönlü bir tepki olur" ya da "etki tepkiye eşittir" olarak söylenir.

Newton'ın üçüncü yasasının işleyişini bilardo masasında görebilirsiniz (sürtünmeye biraz göz yumarsanız).[233] Devinen bir top bir diğerine vurduğunda ikinci top bir açıyla saparken birinci de zıt yöne sapar. Her iki top da yönlerini üzerlerine etkiyen kuvvetle değiştirir (ve de dolayısıyla hız ve momentum vektörleri de –hızları değişse de değişmese de– değişir). İp ve taş örneğinde ise yalnız taşı içeri çekip çember üzerinde döndüren kuvvet bulunmayıp bir de ip boyunca eşit ve zıt yönde bir kuvvet de elinizi dışarı doğru çeker. (Bu kuvvet kaslarınızdan direnç görür ve tepki olarak ayaklarınızla bütün *D*ünyayı sarsmaya çabalar, bunların sonucunda teknik olarak *D*ünya da devinir çok ama hiç görülemeyecek kadar az.)

Aynı kurallar duvara karşı raketle top atılan oyunda da (*squash*) geçerlidir. Topa raketle vurduğunuzda top uçar ve de raket sizi geri iterken bu itme ayaklarınıza ulaşıp yeri, yani *D*ünya'yı da geriye azıcık ittirir. Top duvara vurunca kendi hızı (momentumu) geri tepmeyle yön değiştirirken duvar ve de aracılığıyla bütün gezegen ileri itilir. Her iki durumda da *D*ünya'ya iletilen devinme kütlesinin muazzamlığından dolayı fark edilemeyecek kadar küçüktür (ama yine de ona birbirine zıt yönlerde iki kımıltı verilmiş olduğundan net devinimi yok olur). Bu olguların hepsi işe karışan nesnelerin anlık çarpışmalarında (etkileşmelerinde) momentum korunumuyla sonuçlanmaktadır, yani üçüncü yasa ***momentum korunumu***yla özdeştir.




*Newton'ın devinim yasaları. Newton Ay'ın nasıl, doğru çizgi üzerinde gitmeye uğraşırken kütleçekimle Dünya'nın merkezine doğru çekilip durduğunu açıklamıştı. Sürekli çekme Ay'ın yolunu bükerek Dünya çevresinde kapalı bir yörüngeye çevirir.*

Ama Newton'ın tüm devinim yasalarının ve kütleçekim yasasının en etkileyici bir örneği, onun, kütleçekimi kullanarak Ay'ı nasıl *D*ünya'nın çevresindeki yörüngesinde tuttuğunu açıkladı. Newton'ın *Principia*'sının en önemli özelliklerinden birisi, kendisinin matematiksel olarak kanıtladığı; *D*ünya gibi bir nesnenin (gezegenin ya da başka bir gök cisminin) onun yüzeyinde ya da dışındaki bir cisme yaptığı etkinin, sanki bütün kütlesi merkezinde yoğunlaşmış gibi olduğunu, dolayısıyla kütleçekimin ünlü ters kare yasasındaki tüm ölçülerin o nesnenin merkezinden alınabilmesidir. Bunun kanıtlanması kolay değil, ama bir kere kanıtlandığında kütleçekim ve yörüngelerle ilgili problemlerin çözümünü çok daha kolaylaştırıyor. Newton ayrıca kütleçekimin *D*ünya'nın yüzeyinde sebep olduğu ivmenin herhangi bir düşen cismin (örneğin ağaçtan düşen bir elma) ilk saniyede 16 kadem (*foot*, Newton'ın kullandığı özgün Britanya birimi; 4,89 m'den az eksik) düştüğünü de biliyordu. Newton'ın birinci yasasına göre Ay uzayda bir doğru çizgi boyunca sabit hızla gitmek "istemeliydi." O ise şöyle akıl yürüttü: Ay'ın, *D*ünya çevresindeki yörüngesinde tutulması, aynen elmayı yere düşüren kütleçekim kuvvetinin etkisiyle olmalıdır.

İlke bakımından bunu anlamak çizimin gösterdiği gibi kolay. Ay'ın doğru çizgi boyunca bir saniye gittiğini düşünün. Derken kütleçekim *D*ünya'nın merkezine doğru asılıp bıraksın. Sonra gene bir saniye doğru çizgide gitsin ve bir asılma daha olsun. Newton'ın gösterdiği gibi, eğer tüm bu asılmalar aynı şiddetteyse sonuç Ay'ın deviniminin mükemmel bir dolanım yörüngesine bükülecegidir. Ama sayılar tuttu mu?

Ay *D*ünya'nın merkezinden, bizim yüzeyinde olduğumuzdan 60 kat daha uzakta. Öyleyse kütleçekimin ters kare yasasına göre birim kütle başına Ay'a etkiyen kuvvet *D*ünya yüzeyinde bir elmaya etkiyenden 60'ın karesi, yani 3600 kat daha küçük olmalıdır. Öyleyse, *D*ünya'nın 1 saniyelik çekim etkisi Ay'ı yörüngesinde yana doğru 4,89 metre bölü 3600 kadar saptırmalı. Bu 1,4 milimetrenin az altındadır. Newton'ın gösterdiği gibi, *D*ünya'dan Ay kadar uzakta ve Ay'ın hızıyla devinen bir cismin tamı tamına 2.400.000 kilometreden az kısa bir yörüngeyi saatte 3700 km giderek turu 27 günden az uzun sürede tamamlaması için yana doğru her saniye bu uzunlukta bir asılma gerekir.

Böylece birinci ve ikinci yasaların (kütleçekimin de) Ay'ın devinimini açıklarken nasıl çalıştığını görmüş olduk. Peki üçüncü yasadan ne haber? Aslında Ay'ın *D*ünya çevresindeki bir yörüngede olduğu tam doğru değil. Ay da *D*ünya'yı, onun Ay'ı çektiği kütleçekim kuvvetinin tam tersiyle (üçüncü yasaya uyarak) çekiyor. Bunun sonucunda da iki nesne birbiri çevresinde dans eder gibi karşılıklı ağırlık, daha doğrusu kütle merkezleri –isterseniz *D*ünya-Ay sisteminin dengelenme noktası– çevresinde dolanırlar. Bu bir ucunda çocuğun oturduğu bir tahterevallinin diğer ucundaki yetişkinin daha ağır olmasından dolayı dengelenme noktasına çocuktan daha yakın oturması gibidir. Şimdi, *D*ünya'nın kütlesi Ay'ınkinden çok daha fazla olduğundan *D*ünya-Ay sisteminin dengelenme noktası *D*ünya yüzeyinin altına geliyor. Böylece de iyi bir yaklaşıklıkla Ay *D*ünya'nın çevresinde dolanıyor denebilir. Yine de bu ünlü örnekte bile üçüncü yasanın etkisi ortada olup her ay süresince *D*ünya'yı yalpalandırır.

Newton yasaları dünyada, kuantum düzeyinin üstünde olan biten her şeyi gerçekten açıkladığı gibi, fotonlar ve elektronlar gibi kuantum varlıklarla ilgilenirken bile yadsınamazlar. Fark şu ki kuantum düzeyinde işin içine katılmaları gereken başka kurallar da bulunuyor.

**Newton halkaları//Newton's rings//** Bir yüzü düzlem bir yüzü dışbükey bir mercek, dışbükey yüzüyle bir cam plaka üzerine konulup ışık gönderildiğinde yansıyan ve geçen ışığın olduğu taraflarda oluşan dairesel ***girişim*** saçakları. Bunlar, beyaz ışık kullanıldığında dairesel bölgeler renkli halkalar, tekrenkli ışıkta ise aydınlık ve karanlık halkalar şeklindedir. Merkezde ise yansıma bölgesinde karanlık geçme bölgesinde ise aydınlık benek bulunur.

Bu olgu onu ilk inceleyen ***Isaac Newton'***ın onuruna adlandırılmıştır. Newton, 1660'larda veba korkusuyla Cambridge Üniversitesi kapa-

lıyken Woolsthorp'ta bir cam levha üstünde duran teleskobunun bakış (objektif) merceğine baktığında görmüştü. Bunu 1670'lerde ayrıntısıyla inceledi ama ***Robert Hooke*** ile olan çekişmesi yüzünden 1704'te bütünüyle *Opticks*'inde yayımladı.

Newton ışığın minicik cisimciklerin akışı olduğu kanısındaydı, ama bu halkaların düzeninin ancak bir tür titreşim ya da dalgayla açıklanabileceğini fark etti, ve bunun, içinden cisimciklerin geçişi sırasında "esirin" titreşimleri olduğunu ileri sürdü.[234] Böylece halkalar bu dalgaların merceğin düz ve küresel yüzeyleriyle düz camdan yansıyan bileşenlerinin girişimiyle oluşan girişim saçakları olarak ortaya çıkmaktalar. Halkaların aralıkları ve yarıçapları ışığın dalga boyuna ve merceğin yapısına bağlı olarak hesaplanmaktadır.

**Newtoncı kütleçekim//Newtonian gravity//** Isaac Newton'ın geliştirdiği kütleçekim etkileşmesinin betimi ters kare yasasını merkez alır. Buna göre evrendeki herhangi iki kütle arasındaki çekim kuvveti iki kütlenin çarpımının ($m_1$ çarpı $m_2$) aralarındaki uzaklığın karesine bölümü ile orantılıdır. Bağıntıdaki orantı katsayısı $G$ (kütleçekim sabiti) ile birlikte. $f$ kuvvetinin denklemi şöyle verilir:

$$f = G\, m_1\, m_2/r^2$$

Bu bağıntıda açık olmayan bir husus var. Uzaklık bu cisimlerin birer nokta gibi alınabileceği "merkezler" arasında ölçülmelidir (daha genel olarak şu da söylenebilir: cisimlerin ortalama boyutlarının, cisimlerin ortalama uzaklıklarından "çok" küçük olması gerekir). Newton, *Principia*'da bunun kütle dağılımları küresel olan yani kütle merkezlerinin küre merkezleriyle çakıştığı cisimler için kanıtlamıştı. Bu kanıt, Newtoncı kütleçekim için ters kare yasası kadar önemlidir.

Newton'ın kütleçekim yasası, çekim ***alan***ının çok yeğin olduğu koşullarda cisimlerin kütleçekimle davranışlarını tam anlamıyla betimleyemez. Bu koşullarda ise genel görelilik kuramı kendisini gösterir (bkz. ***görelilik kuramı***). Hem Newtoncı kütleçekim hem de genel görelilik kuramı klasik kuramlar (bkz. ***klasik mekanik***) olup henüz doyurucu bir kuantum kütleçekim kuramı da yok. Buna, çok küçük ölçeklere derişmiş büyük kütlelerin davranışlarını, özellikle de Evrenin doğuşunu betimlemek için gereksinilebilir.

**Newton mekaniği = klasik mekanik.**

**nicel hesap//quantitative calculation//** İlgili değişkenlerin büyüklüklerini tamı tamına veren sağlam bir hesap; kesin olmak gerekirse

belirtilecek sağlamlık derecesi (belirtilen ondalık hane sayısı). Elektronun ***manyetik moment***inin ***kuantum elektrodinamiği***ndeki değeri kuantum fiziğindeki nicel hesaplamaların en üstün örneğidir.

**Nişijima, Kazuhiko (1926-2009)** Japon fizikçi; 1953'te ***acayiplik*** fikrine ***Murray Gell-Mann***'dan bağımsız olarak varmıştı.

4 Ekim 1926'da doğan Nişijima Tokyo Üniversitesinde (lisans 1948) ve Osaka Üniversitesinde (doktora 1954) öğrenim gördü. Urbana'daki Illinois Üniversitesinde profesör olduğu 1959'a kadar Osaka Üniversitesinde çalıştı. 1950'lerde kısa sürelerle Göttingen'deki Max Planck Enstitüsü ile Princeton İleri Çalışmalar Enstitüsünde bulundu.

1967'de Japonya'ya dönerek Tokyo Üniversitesinde profesör oldu. 'Acayipliği' keşfetmesi kadar önemli olarak tıpkı ***elektron***a eşlik eden ***elektron nötrinosu*** gibi ***müon***a da eşlik eden bir ***müon nötrinosu*** olduğunu önsöydü.

Nişijima 15 Şubat 2009'da öldü.

**nitel hesap//qualitative calculation//** İlgili değişkenlerin ölçüsü için fikir verecek kaba bir hesaplama. Örneğin bir fizikçi bir nötron yıldızı için "çapı 10 kilometre" dediğinde yapılacak ayrıntılı bir ***nicel hesap*** ile 8, 16 (hatta 20) kilometre bulunması şaşırtıcı olmamalıdır.

**NMR** = ***nükleer manyetik rezonans.***

**NORDITA** Kopenhag'da bulunan NORDisk Institute før Teoretisk Atomfysik (Kuzey Ülkeleri Kuramsal Atom Fiziği Enstitüsü) adının kısaltması.

**boyutlandırma//normalization//** Fizikçi ve matematikçilerin kullandıkları sayıların elverişli bir ölçeğe çevrilmesine yarayan bir teknik, örneğin sayıları bir diyagrama yerleştirmeyi kolaylaştırmak için. Bir küme sayıyı aralarındaki en küçüğe bölerseniz bunlar öyle boyutlanırlar ki en küçüğü 1 olur ama sayılar arasındaki ilişkiler (özellikle de oranları) değişmez. Benzer olarak her sayıyı en büyüğüne bölersek bu kez sayıların boyutlandırmadan sonraki en büyük değeri 1 olacaktır. (Yukarıda "küme" kelimesini sıradan anlamıyla yani bir sayılar topluluğu anlamında kullandık ama bu sayıların sıkı matematiksel bakımdan da bir küme oluşturmaması için bir sebep yok.) Bir küme sayıyı, diyelim ortak bir çarpandan kurtulmak ya da sayılar arasındaki bir özelliği vurgulamak için küme dışından bir sayıyla –örneğin $\pi$– boyutlandırmak da makul bir şey. Boyutlandırma fiziğin düzüne, sıradan ve sıkıntısız bir yanıdır. Ama bkz. ***yeniden boyutlandırma***.

**Novosibirsk** Sibirya'da, Rusya'nın önde gelen bir hızlandırıcısının bulunduğu bir kent.

**Nöther teoremi** Bkz. ***grup kuramı.***

**Nöther, (Amalie) Emmy (1882-1935)** Alman matematikçi. Simetri grupları kavramına ve sıra değiştirmeyen (Abelyen olmayan) alanların gelişmesine önemli katkılar yapmış, ***David Hilbert*** ile birlikte çalışmıştı. 23 Mart 1882'de Erlangen'de doğdu. Erlangen Üniversitesinde profesör olan matematikçi Max Nöther'in (1844-1921) kızıydı. Erkek kardeşi de matematikçiydi. Emmy Nöther Erlangen'de ve sonra Göttingen'de okudu ve kadın olduğu için uzun uğraşlar sonunda araştırma öğrenciliğine kayıt yaptırabildikten sonra 1907'de doktorasını aldı.

O sıralarda Almanya'da kadınlar için bir akademik görev olmadığından yıllarca bağımsız çalıştı, ama arada sırada Erlangen'de babası yerine ders verdi. *Hilbert*, 1915'te onu bir dizi konferans vermesi için Göttingen'e çağırdı. Ondan o kadar etkilendi ki profesör olarak kalmasını istedi. O sıralarda da bu görevlere yalnız erkekler alınıyordu ama yarı resmi yetkiyle bir görev için idare edildi (kısa süre önce Paris'te ***Marie Curie***'ye yapılanı çağrıştırıyor). 1915'te yaptığı ve 1918'de yayımladığı bir çalışmada bir fiziksel sistemin her türevlenebilir simetrisine karşılık bir korunum yasası olduğunu matematiksel olarak kanıtladı. Onun sıra değiştirmeyen cebirler üzerindeki temel çalışmaları 1927'de başlayarak büyük ölçüde Göttingen'de yapıldı. Kendi çalışmalarını yayımladığı kadar oradaki başarılı matematik topluluğunun merkezinde ve de problemleri çıktığında iş arkadaşlarının ve öğrencilerin çalışmalarına katkılar yapıp durarak yol gösterdi. Naziler 1933'te iktidara geldiklerinde, Yahudi olan Nöther ABD'ye kaçtı kısa bir süre için Bryn Mawr Kolejinde ve Princeton'daki İleri Araştırmalar Enstitüsünde çalıştı. Bir ameliyat sonrası enfeksiyon yüzünden 14 Nisan 1935'te öldü.

**nötr akım//neutral current//** Etkileşmeye aracılık edecek bozonun yük taşımadığı bir etkileşme. Kesin olarak söylersek bu terim yalnızca aracılığı yüksüz fotonların yaptığı elektromanyetik etkileşmelerde söz konusudur. Ancak, bu terim zayıf kuvvet bağlamında daha tanıdık. Bunda kimi etkileşmelere $Z^0$ parçacığı aracılık yapar. Bu parçacıklar ilk kez 1973'te gözlendi ve zayıf etkileşmelerin ayar kuramı için önemli bir onanma sağladı. Bkz. ***yüklü akım***.

**nötrino//neutrino//** ***Temel parçacıklar***dan birisi. Yükü sıfır, spini ½, kütlesi aşırı küçük (sıfır da olabilir). Nötrinolar başka parçacıklarla ancak zayıf etkileşmeyle (kütlesi varsa kütleçekimle de) etkileşir. Üç çeşit olup her biri bir leptonla ilintilidir: elektron nötrinosu, müon nötrinosu ve de tau nötrinosu.

Nötrinoların var olma gereği (aslında elektron nötrinosu) 1930'da ***Wolfgang Pauli*** tarafından ***beta bozunmu***ndaki "yitik" enerjinin (ve de ***momentum*** ile ***açısal momentumun***) nereye gittiğini açıklamak için önerilmişti (bkz. ***doğa kuvvetleri***). Bu, enerjinin sanki gözlenemez bir parçacık tarafından alınıp götürülmesi başta pek ilgi çekmedi. Bu kısmen o sıralarda yalnız iki temel parçacık (proton ve elektron) biliniyordu; Pauli'nin önerdiği ***nötron*** adı ise kısa bir süre sonra, 1932'de ***James Chadwick*** tarafından belirlenen protona benzeyen ama yüksüz bir parçacığa verilecekti.[235]

Nötronun keşfinden az sonra Pauli'nin fikrini benimseyen ***Enrico Fermi***, zayıf etkileşmenin daha anlaşılabilir bir kuramını geliştirdi. Ona Pauli'nin ve kendisinin bu nötr parçacığının Chadwick'in keşfettiği nötronla aynı mı olduğu sorulduğunda Fermi "hayır" demişti "Pauli'ninki, nötrino!"[236]

Nötrinolar büyük niceliklerde *çekirdek bölünmesi* tepkimelerinde üretilir. Nötrinoların (aslında elektron karşı-nötrinosu) ilk saptanması 1956'da ABD'de Savannah Nehri boyundaki nükleer reaktörde yapılan deneylerde gerçekleşti. İlk başlarda nötrinoların sıfır kütleli oldukları düşünülüyordu. Ancak, 1980'lerde kozmologlar Bir tür ***karanlık madde***nin Evrene egemen olduğuna ve parlak yıldızlarla gökadaların hepsinden çok daha fazla kütle sağladığı kanısına vardılar. Büyük patlamadan arta kalan nötrinolar Evreni muazzam sayılarla doldururken, eğer her nötrinonun minicik, birkaç ya da on beş-yirmi elektronvolt kadar bile kütlesi varsa karanlık maddenin ciddi bir kısmını sağlayabilir. Parçacık fizikçileri bu kozmolojik tahminlerle kamçılanarak tek tek nötrinolarla ilişkilenebilecek minicik bir kütlenin (karşılaştırmak için tek bir elektronun kütlesi bile 500.000 eV) izini saptayabilmek için tasarlanmış birçok deney gerçekleştirdiler. Sonuçlar daha henüz kesinleşmediyse de elektron nötrinolarının kozmologlar tarafından istenen aralıkta (yuvarlak rakamlarla 0,5 ile 5 eV arasında bir yerde, yani elektron kütlesinin milyonda biriyle yüz binde biri arasında bir yerde). Diğer türlerin kütleleri daha büyük olabilir ama bunlar elektron nötrinoları kadar bol değiller.

**nötrino salınımları//neutrino oscillations//** Değişik modeller nötrinoların bir çeşniden diğerine –örneğin elektron nötrinosundan tau nötrinosuna– değişmesinin mümkün olabileceğini öneriyorlar. Bu sonra da gene eski çeşnisine ya da üçüncü çeşniye geçerek izin verilen çeşniler arasında salınıp durabilir. Diğer kuantum varlıkları için bir parçacık

türünden (ya da bir ailenin bir üyesinden diğerine) böyle salınımlar biliniyor; bu ancak parçacıkların kütleleri varsa olabiliyor, kütle çok küçük olabilir ama sıfır olmaması şart. Dolayısıyla nötrino kütlesi için anahtar testlerin birisi bir demette diğer çeşnilerden nötrinoların ortaya çıkıp çıkmadığını (ya da baştaki nötrinoların yitip diğer çeşnilerin birbirlerine dönüşüp dönüşmediğini) görmek için çarpıştırıcı deneyinden çıkan bir nötrino türü huzmesini gözlemek.

1996'nın ortalarında Los Alamos'ta üç yıldır yürütülen bir deney sırf müon nötrinolarından oluşan bir demette elektron nötrinolarından gelen 22 olay görülmesi, müon nötrinolarının salınarak elektron nötrinosu olabildiğinin o zamana kadarki en iyi deneysel kanıtı olup bu iki nötrino çeşnisinin bir elektron voltun birkaç onda biri kadar kütlesi olduğunu gösteriyordu.

**nötron** temel parçacıklardan birisi; kütlesi 939,5729 MeV ($1{,}6749542 \times 10^{-27}$ kg), elektrik yükü sıfır, spini 1/2, olan ve ***Fermi-Dirac istatistiği***ne uyan bir baryon. Bkz. *atom fiziği.*

**nötron bozunumu//neutron decay//** Bkz. ***beta bozunması.***

**nötron kırınımı//neutron diffraction//** Bir nötron huzmesinin dalga doğasının, ışığın dalga doğasını çift yarık deneyi ve diğer klasik yöntemlerin eşdeğerleriyle gösterilmesi. Nötron kırınımı 1970'lerin sonlarında Tony Klein ve Melbourne Üniversitesindeki çalışdaşlarının yürüttükleri bir dizi deneyle belirgin bir açıklıkla ortaya konularak nötronun parçacık-dalga ikiliğini pekiştirmiştir.[237]

**nötron yıldızı//neutron star//** Neredeyse bütünüyle nötronlardan oluşmuş bir yıldız; kütlesi kabaca Güneş kütlesi, ama çapı 10 km kadar olup yoğunluğu atom çekirdeğininki kadar. Kuram bu gibi yıldızların varlığını kuramsal olarak uzun süredir önsöyüldüğü halde 1960'ların ikinci yarısında ***atarcalar*** şeklinde (rastlantıyla) keşfedilinceye dek kavram pek ciddiye alınmamıştı.

Keşif yalnız astronomi değil kuantum fiziği için de önemliydi çünkü bu yapılmış olan ve yıldızları yapan malzemelerin kuantum özelliklerinin, Güneş gibi yıldızların ışıldamasını sağlayan kaynaşma tepkimelerinin durmasından sonra hesaplanmalarına dayanan önsöyümlerin sağlamlığını pekiştirdi.

Kuramın dediğine göre kütleçekim etkisiyle başlayan küçülmeyi durduracak bir basıncı sağlayacak bir enerji kaynağı olmazsa yıldız, ömrünün sonunda büzülmesiyle oluşan, topakta yaşadığı sürede ***nükleer kaynaşma***larda oluşan tek tek çekirdekler (başlıca karbon) bir

elektron denizine gömülü olacaklar. Olayın bu durumunda elektronlar birbirlerine kuantum kurallarının izin verdiği kadar yakın (elektronların, aynı kuantum durumunda olmak istemeyen ***fermiyonlar*** olduklarını hatırlayalım). Bu, dejenere denilen durum olup yıldız dejenerelik basıncıyla dengelenmiştir. Böyle yıldızlar beyaz cücedir. Güneşimizin kütlesindeki bir beyaz cüce aşağı yukarı *D*ünyamız boyutundadır. Birçok böyle yıldız biliniyor ve de bunların özellikleri kuantum kuramına dayanan hesapların sağlamlığının doğrulanmasını sağlıyor.

Ama yıldızın kütlesi belli bir değerden (Güneşimizin 1,4 katı kadar olan Chandrasekhar limiti) fazlaysa yıldızın kütleçekimi elektronları çekirdeklerin içindeki protonlarla birleşmeyi zorlayarak tersine beta bozunmasıyla nötronlara dönüştürür. Böyle bir yıldız daha da çökerek bu kez nötronların dejenerelik basıncıyla dengelenir. Nötron yıldızlarının gözlenen özellikleri de kuantum hesaplamalarının (Chandrasekhar limitinin ötesinde beyaz cüce görülememesiyle birlikte) sağlamlığını doğruluyor.

Bir nötron yıldızının da daha çökerek nötronları da aşarak bir kuark topağı oluşturabileceğine ilişkin spekülasyonlar da var ama henüz bu kanıtlanmadı.

Eğer bir yıldızın kütlesi, ömrünün sonunda Güneşimizinkinin üç katından (Oppenheimer-Volkoff limiti) fazlaysa daha da çökerken kütleçekim tüm kuantum etkilerini bastırınca madde yok olarak kara delik haline gelir.

**nükleer enerji/çekirdeksel enerji** Uranyum-235 ve plütonyum-239 gibi kararsız, ağır elementlerin ***bölünme***siyle (fisyon) açığa çıkan enerji.

**nükleer güç//nuclear power//** Çekirdek tepkimeleri sonucunda salınan ısıyla elde edilen güç (günlük kullanımda enerji, nükleer enerji anlamında).[238] Şimdiye kadar (2020) bütün yaygın nükleer güç santralları enerji üretimini ***bölünme*** (fisyon) tepkimelerinden sağlamaktadır; gelecekte ***füzyon*** (kaynaşma) tepkimelerinden toplum için güvenli ve güvenilir enerji kaynağı olarak yararlanılması umulmaktadır.

**nükleer kaynaşma/çekirdek kaynaşması//nuclear fusion//** Bkz. ***kaynaşma.***

**nükleer manyetik rezonans** Manyetik alan içindeki kimi atom çekirdeklerinin çok kısa dalga boylu radyo dalgalarından belli frekanslıları seçerek soğurmaları. Bunun oluşma sebebi kimi çekirdeklerde bulunan çiftlenmemiş nötron ya da protonların manyetik alanda dönen minik mıknatıslar gibi davranmasıdır (bkz. ***manyetik moment***). Bu da

bütün çekirdeği dönen bir topaç gibi yalpalandırır. Eğer bunun doğal frekansı malzemeye sıkılan radyo dalgalarınınkiyle aynıysa çekirdekler enerjiyi yani radyo dalgalarını soğurur.

İlk kez 1946'da gözlenen bu olgu manyetik moment ölçümü için kullanılırdı. Bu ölçümler, içinde çekirdeklerin de bulunduğu elektromanyetik ortama dolayısıyla malzemelerin moleküler yapısına ilişkin de bilgi verir. NMR artık tıpta da uygulanarak gövdedeki su ve yağın hidrojenin manyetik momentini ölçerek insan vücudunun içinin "resmini" elde etmek için de kullanılmakta. Gövdenin içini görmekte kullanılan X ışını ve ameliyat gibi diğer yöntemlerin tersine NMR'la ilişkin bilinen hiçbir sağlık sorunu olmadı. NMR, NMR tayf ölçüm tekniği denilen yöntemle kimyasal çözümlemelerde de kullanılıyor.

Bkz. *Rabi, Isidor Isaac.*

**nükleer reaktör** Denetim altında ***nükleer güç*** üreten düzenek.

**nükleer silahlar//nuclear weapons//** nükleer enerjinin patlamalarla açığa çıkarıldığı aygıtlar. Adı yanıltıcı olan "atom bombası"nda enerji kaynağı ***bölünme***dir. "Hidrojen bombası"ndaysa ana enerji kaynağı ***kaynaşma*** olup bunu tetikleyen ise bölünmedir.

**nükleon** Bir atomun çekirdeğinde bulunan iki tür parçacık olan proton ve nötronun ortak tür adı. Proton ve nötronlara çekirdeğin dışında bile olsalar nükleon denilebilir, tıpkı bir Avrupalıya, Brezilya'daysa bile Avrupalı denebileceği gibi. Nükleonlar proton ve nötron olarak yükleri (proton artı, nötron sıfır) ve bunlara bağlı olarak ***izospin***lerinin ±1/2 değerleriyle ayırt edilir.

**nükleon sayısı//nucleon number//** Bkz. ***kütle sayısı.***

**nüklid//nuclide//** Belirli bir atom çekirdeği olup içerdiği nötron ve proton sayılarıyla (daha kesin söylenirse enerji durumu ile de) tanımlanır. Örneğin He-3 (iki proton ve bir nötron) ile He-4 (iki proton ve iki nötron) ikisi de helyumun nüklidleridir. Ama eğer nüklidlerin onları bütün atomlar yapacak uygun sayıda elektronları da varsa bunlara ***izotop*** denilir. Bu iki terim sık sık birbirleri yerine de kullanılır.

**Oersted** bkz. *Örsted.*

**Ogawa, Hideki** Bkz. ***Yukawa, Hideki.***[239]

**olasılık//probability//** Olasılığın fizikteki anlamı yaşamdaki sıradan, ya da kumarhanedeki anlamıyla, tamı tamına aynıdır. Bu, belli bir olgunun gerçekleşmesinin şansı ya da olabilirliğidir. İyice dengelenmiş bir parayla düzgün olarak yazı-tura atılırsa tura gelmesinin de yazı

gelmesinin de şansı elli-ellidir. Dolayısıyla her iki sonucun da olasılığı tamı tamına ½. Bu basit örneğin gösterdiği gibi bir sürecin gerçekleşebilecek her sonuç ele alınırsa toplam olasılık tamı tamına 1 olacaktır; aynı olgunun farklı sonuçlarının olasılıkları toplanır.

Azıcık daha karmaşık bir örnek olasılıkların nasıl hesaplanacağını gösteriyor. İki zar atıldığında (her zaman, her şeyin mükemmelce dengeli olduğunu ve hiç hile olmadığını düşüneceğiz) 2 ile 12 arasındaki belli bir toplam sayının çıkma şansı nedir? Her bir zar için aynı olasılıklı 6 durum söz konusu; öyleyse 1 ile 6 arasındaki her sayının çıkma şansı eşiti yani 1/6'dır. Ama iki zarın birlikte olasılıkları hep eşit olmaz. Örneğin, toplamın 2 olması için ikisinin de 1 olacağı tek bir durum olabilir. Her birisinin olasılığı 1/6, ikisinin birlikte olması için bu iki tane oluşu çarparız, yani 1/36.

Ama birlikte 3 vermeleri olasılığı farklıdır. Bunu iki türlü bulabiliriz: ilk zarın 1, ikincinin 2 gelmesi ya da tam tersi. Her birisinin olasılığı 1/36 olduğundan 3 bulma olasılığı 1/36 *artı* 1/36 yani 1/18 olur. İki zar atışındaki en yüksek olasılık toplamın 7 olması. Bu altı farklı şekilde gerçekleşebildiğinden (1 + 6, 2 + 5, 3 + 4, 4 +3, 5 + 2, 6 + 1) toplam olasılığı 1/6 olacaktır.



Rönesans'ta bir kumarhane.

*Olasılık. Evren kuantum düzeyinde aynı dürüst bir zar oyununun kurallarına uyarak işliyor.*

Olasılıkların bu şekilde hesaplanması, çok sayıda nesnenin birbirleriyle etkileştiği ve pek çok birliktelik olduğunda uğraştırıcı olabilir,

ama olasılıkların genel örüntüsü istatistiksel olarak betimlenebilir ve bir dağılımla gösterilebilir. Dağılımda daha olası çıkışlar çok türlü (iki zarla 7 atmak gibi), olasılığı düşük çıkışlar (iki zar atışına eşdeğer) için de birkaç şekil. Seyrek olguların, dağılımın "kuyruğuna" düştüğü söylenir. Ama tüm olasılıkları doğru şekilde toplamak için zaman bulamasak da doğa "kör talih"in işiyle bunu yapıyor.

Heinz Pagels The *Cosmic Code* (kozmik şifre) adlı kitabında büyük çapta kendini gösteren şansın bir örneğini, bir büyük kentte hekimlere ya da hastanelere yıllar boyu bildirilen köpek ısırığı sayılarını çözümleyerek ortaya koymakta. Beş yıllık bir sürede bildirilen ısırık sayıları, 68, 70, 64, 66 ve 71 olmuş; yılda ortalama 68'in az altında. "olgular rastgele ve bağımsız olduğundan" diyor Pagels "dağılım kararlıdır." Yalnız 5 ısırık bildirilen bir yıl olabileceği gibi 500 kadar da olması mümkün ama bu olasılıklar dağılım kuyruğunun iyice uzaklarında yer alır.

Bu tür çalışmaların önemli bir özelliği ise istatistikçilerin yeteri kadar yıl içinde derlenen verilerle ("deney"in yeterince, bağımsız çıktısı) bu olasılıkları çıkarabilirler ve dağılımın bütünü hakkında iyi bir fikir edinerek hiçbir zaman gerçekte gözlenmemiş seyrek olguların olasılıklarını hesaplayabilirler. Bu, istatistiksel çözümleme olarak meteorologların, kayıtları 100 yıldır tutulmamış bile olsa "yüzyılda bir" çıkacak bir fırtına ya da sel baskınından söz etmeleriyle aynıdır. Demek istedikleri, bunun herhangi bir yılda olma olasılığının 100'de 1 olmasıdır; tıpkı bir çift zarın her 36 atışta bir kez 2 geleceğinin beklenmesi gibi. Ama peş peşe iki atışta da 2 gelebileceği gibi ardışık iki yılda da "yüzyılda bir" sel baskını beklenebilir.

Olasılık, kuantum gerçekliğindeki gizemin özünde yatıyor, çünkü kuantum dünyası kesin olasılıkçı kurallara uyuyor. Ama bu, ne olacağını eldeki, aynı anda olan yüksek sayılarda kuantum olgularından istatistiksel olarak önsöyebilmek, yani Pagels'in değindiği, gelecek yıl o kentte 68 kadar köpek ısırığının bildirileceği (bkz. ***topluluk yorumu***) gibi *değildir*. Kuantum olasılığının kendisini tek tek atomlar, fotonlar ve elektronlar düzeyinde gösterdiği görülebilir. Beteri, bir kuantum varlığıyla ilintili olasılık, bir konumdaki seçeneklerin başka bir konumdakilerden –anında– etkilenmesiyle karşı karşıya (bkz. ***Aspect deneyi, çift yarık deneyi***); sanki benim çalışma odamda attığım zarın 6 çıkması olasılığının, sizin kendi odanızda attığınız zarın ne çıktığına bağlı olması gibi.

Olasılığın kuantum dünyasında işleyişinin apaçık bir örneği radyoaktif ***bozunma***da görülüyor. Bir örnekteki her çekirdek, kör talihin

işleyişi uyarınca rasgele ve kendiliğinden bozunur. Yine de bileşik etki (baştaki sayıları ne olursa olsun) kesinkes bilinen bir süre, (*yarıömür*) sonunda örnekteki çekirdeklerin tam yarısının bozunmasıdır. İşte bu tür kuantum davranışı *Albert Einstein*'ın ünlü deyişine yol açmıştı: "Tanrının zar attığına inanamam."

Kuantum olasılığı yine de hep sıradan olasılıklar gibi değildir. ***Kutuplanma*** içeren bir örnek buna ışık tutuyor.[240]

Polaroid güneş gözlükleri yalnız düşey kutuplanmalı ışığı geçirecek şekilde yapılır. Bu düşey çubuklu bir parmaklık gibi, üzerine düşen fotonların da gidiş yönlerine dik tüm konumlarda oklar taşıdıkları düşünülebilir. Düşey ok taşıyan fotonlar parmaklığın aralıklarından geçebilecekler, ama diğerleri takılacaklardır.

Güneş gözlükleri için düşey kutuplanma seçilmesinin sebebi, yatay düzlemlerden (yollar ya da deniz gibi) yansıyan ışığın büyük ölçüde yansıtıcı yüzeye paralel kutuplanmasıdır, böylece gözlük yansıyan parıltıyı azaltarak göz almasını –bu arada da tabii gelen bütün güneş ışığının yarısını– engeller. Öyleyse bir çift polaroid gözlük daha alıp öncekinin önüne dikine getirilirse elde birisi yalnız düşey diğeri ise yalnız yatay kutuplanmış ışığı geçiren iki kutuplayıcı filtre olur. Bunlar bir aradayken zıt yönelimli iki gözlük camı art arda konulduğunda bekleyeceğiniz gibi hiç ışık geçmeyecek, görüntü kapkara olacak.

Peki, ikinci polaroidin yönü birincininkine dik olmak yerine 45 derecede konulursa ne olacak? Sağduyu der ki ilk cam düşey kutuplanmışsa yalnız düşey kutuplanmış ışık yukarıya dönük oklarıyla bunu geçebilir ve yukarı yönelik oklar 45 dereceye yönelik yarıklardan geçemez. Yazık ki aslında olan, sağduyuya uymayıp ışığın yarısı ikinci kutuplayıcı filtreden geçiyor; geçen ise köşeleme olarak yani 45 derecede kutuplanmış oluyor.

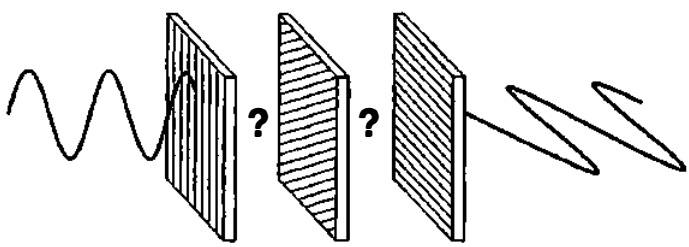
Sırada ne olduğu düşünülebilir. Şimdi üçüncü bir, yatay kutuplayıcı filtre konulursa çapraz olanın yarısı (baştaki ışığın bir çeyreği) geçecektir, hem de yatay kutuplanmayla! Üç mercekli sistem bir bütün olarak ele alınırsa görünüşe göre yatay kutuplanmış bir ışık düşey kutuplayıcıdan geçmiş oluyor; sanki yatay bir oku parmaklığın düşey aralıklarından geçirmek gibi.

Birbirlerine dik oldukları için ışığın hiç geçmediği iki kutuplayıcı filtreyle başlanıp şimdi ikisinin arasına sağduyuya göre ışığı keseceği beklenen yönelimde üçüncü bir filtre sokulursa şimdi sistemden ışığın yüzde 25'i geçecektir.

Deney çeşitli yönelimlerde iki kutuplayıcıyla yapılabilir ve geçen fotonların sayısı pürüzsüz ve düzgün olarak, kutuplayıcılar aynı yö-

nelimdeyken 100'de yüzden, dikey olduklarında sıfıra kadar değişir. Ve de fotonlar birer birer fırlatıldığında da aynı etki görülür. Değinilen, ikisi dikey ve birisi çapraz üçlü sistemden her dört fotondan birisi geçecektir; ancak hangi fotonların geçeceğini ve hangilerinin karşılaşacakları engellerden birine takılacağını önceden kestirmenin bir yolu yoktur.

Görünen o ki her bir "düşey kutuplanmış" fotonun (yani düşey kutuplayıcı filtreden geçen) aslında farklı bir kutuplanma için belli bir olasılığı bulunur; yatay kutuplanma için sıfır, köşeleme için yüzde elli vb.. Foton, kuantum fiziğinin standart yorumuna göre (bkz. ***Kopenhag yorumu***) bir kutuplayıcı filtreye rastlayana dek *üst üste binmiş durumdadır*. Sonra da geçip geçmemek için (sanki zar atar gibi rastgele seçerek) "karar verir." Eğer geçerse bu kez yeni bir kutuplayıcı filtreyle karşılaştığındaki sonucu güdecek farklı bir üst üste binmiş durumda olacaktır. Davranışı hep olasılığın kesin kurallarıyla güdülür ama olasılıklar olaylarla değişir, Paul Davies'in *Other Worlds* (Başka Dünyalar) adlı kitabında dediği gibi;




*Olasılık. Kutuplayıcı filtrelerin tuhaf davranışı. Aradaki filtre yokken birbirlerine dik konur ve hiç ışık geçmez, çünkü ışığın düşey filtreni ardından yatay kutuplayıcıdan geçme olasılığı sıfırdır. Araya 45 derecelik filtre konulduğunda bütün düzenekten ışığın yüzde 25'i geçer. Çünkü düşey filtreden geçen ışığın 45 derecede kutuplanma olasılığı yüzde 50, bunun da yatay yönelimli filtreden geçme olasılığı bir yüzde 50 daha oluyor.*

> Altı çizilmelidir ki kuantum belirsizliği yalnız fotonun asıl kutuplanma yönelimi olduğunu bilmememiz demek olmayıp, belirli bir kutuplanma yönelimi olan bir foton yok demektir. Belirsizlik fotonun kendi kimliğinde içrektir, yalnızca onu bilip bilmememizde değil.

Bu "içrek belirsizlik," kuantum olaylarının sonuçlarının yalnızca olasılıklar cinsinden betimlenebilmesi demektir.

Bkz. ***dalga-parçacık ikiliği***.

**olasılık dalgası//probability wave//** Elektron gibi bir kuantum varlığına ait ***dalga fonksiyonu***nun (bkz. ***Broglie, Louis de*** ve ***Schrödinger, Erwin***) Evren boyunca bir olasılık dalgası olarak gidip elektronun (ya da her neyse) uzayın belli bir noktasında bulunma olasılığını belirleyici olarak yorumu. ***Max Born***'un geliştirdiği bu fikir, ***Kopenhag yorumu***nun iskelesindeki ana payandalarından birisidir. Olasılık dalgasının herhangi bir noktadaki ***genliği***nin karesi[241] parçacığın o noktada bulunma olasılığını veriyor. Olasılık dalgaları, bildik dalgalar gibi birbirleriyle girişim yaparak uygun olasılıkları değiştirebilir. Olasılık dalgası, çift yarık deneyindeki gibi Evren boyunca karmaşık bir şekilde gider ve böylece çevrenin –ya da yapmak için seçtiğimiz deneyin– doğasına bağlı olarak bir olasılıklar örüntüsü oluşturur.

Kimilerinin yararlı buldukları bir benzetim, suç dalgasıdır. Bu aslında bir suçun ya da belli bir suçun işlenme olasılığındaki değişmedir. Olasılıklar değiştiğinde suç dalgası hem uzay hem de zamanda devinebilir (örneğin gündüzden geceye, ya da bir kentin nüfusu merkezden varoşlara kaydığında).

Ancak olasılık dalgası fikri, bütünüyle ciddi olarak hatalıdır. Çünkü bu, kuantum dünyasının dalgalılığını parçacık niteliğinden ayırıyor; sanki elektronlar ve fotonlar gibi nesneler "gerçekten" noktasal parçacıklarmışçasına. Bunu elektronlar için kabullenmek kolay olsa da çağdaş fizikçiler bir yana zamanda geriye giderek James Clerk ***Maxwell***'e ışık dalgalarının sırf olasılık dalgası olarak düşünür mü diye sormak ilginç olurdu. Kopenhag yorumu gibi, olasılık dalgaları fikri hakkında da söylenebilecek en iyi şey bunun kuantum olgularıyla ilintili olasılıkların hesaplanması için bir yol sağlaması türünden bir şey olmasıdır. Ama ne demek olduğuna girişmek çok zor. Ne olursa olsun artık tek tek kuantum varlıklarının aynı zamanda hem parçacık hem de dalga olarak davrandıklarını gösteren dolaysız deneysel deliller var. Bkz. ***dalga-parçacık ikiliği***.

**olasılıkçı yorum//probabilistic interpretation//** Bkz. ***topluluk yorumu.***

**olay ufku//event horizon//** Bkz. ***kara delik.***

**omega eksi//omega minus//** ***Sekiz katlı yol*** modelinin önsöydüğü ve ilk kez 1964'te Brookhaven Ulusal Laboratuarında Nicholas Samios tarafından yapılan deneylerle keşfedilen kütlesi 1672 MeV (proton kütlesinin 1,5 katından fazla) ve ***acayiplik*** değeri -3 olan bir baryon. Görece uzun bir ömrü ($10^{-10}$ s) olan, yükü -1 (elektronunkiyle aynı), spini ½ (yani bir ***fermiyon***) ve üç acayip kuarktan yapıldığı anlaşılan bir

***baryon***. Omega eksinin keşfi ve bunun, sekiz katlı yol yaklaşımının (grup kuramına dayanıyor) geçerliliğini sağlamasının kuark kavramının ve parçacık fiziğinin standart modelinin bütünüyle gelişmesindeki anahtar adımlardan birisiydi.

**Onnes, Heike Kamerlingh (1853-1926 )** Bkz. ***Kammerlingh-Onnes, Heike.***

**ontoloji (varlık) yorumu//ontolgical interpretation//** Bkz. ***Bohm, David Joseph*** ve ***saklı değişkenler.***

**operatör (işlemci) kuramı//operator theory//** Kuantum mekaniğinin 1920'lerin sonlarında büyük ölçüde ***Pascual Jordan*** tarafından geliştirilmiş bir sürümü. Bunda kuramın ***Erwin Schrödinger*** sürümü, işlemci (operatör) denilen matematiksel yapıya çevriliyor. Operatörler için çok basit bir örnek tanıdık karekök simgesidir: √. Bu, onu izleyen değişkene karekök işlemi uygulanması gerektiğini belirtmektedir.

Bu modelde konum, enerji ve momentum gibi gözlenebilir niceliklerin yerine işlemciler geçmekte. Bir işlemci, işlem yaptığı fonksiyonu, örneğin basit bir çarpmadan daha incelikli bir şekilde değiştirir; bu bağlamdaki en önemli husus işlemcilerin genelde –matrisler gibi– sıra değiştirmemeleridir (bkz. ***Abelyen grup***). Sonradan anlaşıldı ki kuantum dünyasını böylesine betimleyen matematiği aslında 19. yüzyılda ***William Hamilton*** geliştirmişti (bkz. ***Hamiltonian***).

**Oppenheimer, (Julius) Robert (1904-1967)** ABD'li fizikçi; en çok "atom bombasının babası" olarak hatırlanır. Ancak kuantum kuramı ve astrofiziğin gelişmelerine kayda değer katkılar da yapmıştır.

22 Nisan 1922'de New York kentinde doğan Oppenheimer dört yıllık programı üç yılda tamamlayarak 1925'te Harvard Üniversitesini bitirdi. Ardından Cambridge ve (1927'de doktorasını aldığı) Göttingen Üniversitelerini ziyaret etti. Kuantum mekaniğinin gelişmesindeki dönüm noktalarının geçildiği o çığır açıcı dönemlerde ***Werner Heisenberg, Paul Dirac ve Max Born***'un yakınlarındaydı.

Oppenheimer, Doktorasını tamamladıktan sonra Avrupa'da (Leiden ve Zürih'te) iki yıl daha kalıp ülkesine döndü. ABD'ye Avrupa'dan yeni fikirler getirerek oradaki çalışdaşlarının bunlarla tanışmasında büyük katkısı oldu. 1929'da hem Caltech hem de Berkeley'deki California Üniversitesinde yardımcı doçent oldu. İzleyen on üç yıl süresince bu iki kampus arasında gitti geldi ve 1936'da profesörlüğe (aslında iki profesörlüğe birden) yükseltildi. Oppenheimer kendi kendisini çok iyi bir öğretici yaparak ABD'li bir kuşak fizikçinin gelişimini etkiledi.

1943'te New Mexico Eyaletinde yeni kurulan Los Alamos Fenbi-

limi Laboratuarlarının direktörlüğüne getirildi. Buradaki çalışmaların çoğu nükleer bombanın (***Manhattan Projesi***) geliştirilmesine yönelikti. İkinci Dünya Savaşının bitiminde, kısa bir süre için gene California'ya döndü, ama 1947'de Princeton İleri Çalışmalar Enstitüsünün direktörü oldu. 1966'da emekli oldu ve boğaz kanserinden 18 Şubat 1967'de ölene dek profesör olarak Enstitüde çalışmayı sürdürdü.



*Robert Oppenheimer (1904-1967)*

Oppenheimer'in kuantum fiziğine yaptığı erken anahtar katkılarından birisi 1930'da ***Paul Dirac***'ın elektron kuramını kullanarak elektronun artı yüklü ve aynı kütleli bir benzeri olması gerektiğini göstermesiydi (oysa Dirac kendi çalışmasında bu kütle eşitliği hususunu kaçırmış ve kuramın gerektirdiği artı yüklü parçacığın proton olduğunu önermişti). Birkaç yıl sonra Oppenheimer, California'daki öğrencileriyle kara deliklerin matematiksel temelini geliştirmişti. Ama en önemli katkılarını –1930'larda Batı Yakasında (West Coast), İkinci Dünya Savaşı sırasında Manhattan Projesinde ve sonra da Princeton'da– takım önderi ve öğretici olarak yapmıştı.

Oppenheimer'in siyasi eğilimi soldu ve komünist "yoldaş"tı (ancak komünist partisi üyesi değildi). Bu yüzden 1950'lerin başlarındaki McCarthy döneminde mağdur edildi ve gizli bilgilere erişmesini sağlayan güvenlik belgesi iptal oldu. O dönemde haksız muamele edilmiş olduğunu da göz önüne alarak 1963'te Başkan Johnson O'na ABD Atom Enerjisi Komisyonunun en yüksek onuru olan Enrico Fermi Ödülünü verdi.

**orantılı sayıcı//proportional counter//** Bir tür parçacık dedektörü olup, verdiği elektriksel imin büyüklüğü, sayıcının gövdesinden geçen iyonlaştırıcı ışınımdan oluşan iyonların sayısıyla orantılıdır. ***Ernest Rutherford*** ve ***Hans Geiger***'in geliştirdiği ilk parçacık sayıcılarından birisi tek bir telle böyle çalışıyordu. ***Georges Charpak***'ın geliştirdiği

en etkin güncel sayıcılar bu tekniği çoklu tel kullanımıyla geliştirmişti. Bkz. *çok telli orantılı sayıcı*.

**orbital** Bkz. *yörüngesel*.

**organik kimya** Bkz. *kuantum kimyası*.

**ortalama ömür//mean life//** Bkz. *yarıömür, ömür*.

**ortalama serbest yol//mean free path//** Kökeni bir gaz içindeki atom ya da moleküllerin bir diğeriyle çarpışmadan önce gittiği ortalama uzaklık. Elektronların bir metalsi kristal içinde, çekirdek reaktörlerinde nötronların *moderatör*ler içindeki çarpışmaları arasında, esnek ya da esneksiz *saçılma* yapan parçacıkların gittikleri ortalama yol için de kullanılır. Deniz düzeyinde ve 0°C'deki havada bir molekülün ortalama serbest yolu metrenin 13 milyonda biridir. Bkz. *atom*.

**ortalama serbest süre//mean free time//** Örneğin havadaki moleküllerin çarpışmaları arasında geçen ortalama süre. Deniz düzeyinde ve 0°C'deki havada bir molekülün ortalama serbest zamanı kabaca saniyenin üç yüz milyonda biridir ($3 \times 10^{-8}$ s). Bkz. *ortalama serbest yol*.

**Osherof, Douglas Dean (1945- )** ABD'li fizikçi. Sıvı helyum-3'ün *süperakışkanlığı* üzerine çalışmalarından dolayı 1996 Nobel Fizik Ödülünü paylaştı.

1 Ağustos 1945'te Washington'da Aberdeen kentinde doğan Osheroff California Teknoloji Enstitüsünü (Caltech) 1967'de bitirdi ve 1973'te Cornell Üniversitesinden doktorasını aldı. Osheroff, 1971'de daha Cornell'de doktora öğrencisiyken binde birkaç kelvine aşırı soğutulmuş He-3'ün tuhaf davranışını fark etti. Bu keşfini tez danışmanı David Lee'ye ve çalışdaşları Robert Robertson'a bildirdi ve takım izleyen birkaç ay içinde süperiletkenlik gözlediklerini ortaya koydu.

Osheroff 1972'de AT&T Bell Laboratuarlarında çalışmaya başladı ve 1981'de oradaki katı hal ve alçak sıcaklık araştırmalarının başına getirildi. 1987'de Stanford Üniversitesinde fizik ve uygulamalı fizik profesörü olarak ayrıldı.

**öğretim görevlisi (ders saati ücretli)//privatdozent//**[242] Vermesine izin verilen derslerin ücretini (neredeyse yalnız erkek) öğrencilerden alan maaşsız öğretim elemanı. Genç akademisyenlere üniversitelerde ilk basamak olmak üzere 19. yüzyılda özellikle Almanya'daki uygulama. Britanya'daki bazı üniversitelerin 21. yüzyılda böyle bir sistem uygulayacağı haberinin asılsız bir söylenti olduğu bildirilmekte.

**ölçekleme//scaling//** *James Bjorken*'in, *derinliğine esneksiz çarpışma*larda (özellikle 1960'larda enerjetik elektronlar *SLAC*'da proton-

lara fırlatılırken) gözlenen davranış biçimlerinin değişik enerjilerde aynı olduğunu, sırf ölçeğin değiştiğini betimlemek için koyduğu ad. İşe yarar bir benzetim sıradan bir ağaçla onun bonzai eşdeğerinin karşılaştırılmasıdır: aslında ikisi de aynı ama ölçekleri farklıdır. Ancak ***Richard Feynman*** ölçeklemeyi ***parton*** modeliyle açıkladığında ***hadron***ların ***kuark-gluon*** modeli kabul gördü.

**ömür//lifetime//** Belli sayıda radyoaktif parçacığın (ya da çekirdeğin) bozunarak baştaki sayının $1/e$'sinin arta kalması için geçen süre. ($e$, doğal logaritmaların tabanı olan sayıdır; yani $\ln e = 1$, $e = 2{,}71828....$) Ortalama ömür olarak da bilinir. Bkz. ***yarıömür***.

**öncelik dalgası//priority wave//** Zamanda geri, yani "gelecek"ten "kaynağına" varmak için giden dalga. Bkz. ***işlemsel yorum***, ***Wheeler-Feynman soğurma kuramı***.

**Örsted, Hans Christian//Ørsted, Hans Christian//** (1777-1851) Elektrik akımının manyetik alan oluşturduğunu keşfeden Danimarkalı fizikçi.

14 Ağustos 1777'de Rudköbing'de doğan Örsted bir eczacının oğlu olup Kopenhag Üniversitesinde okuyarak 1797'de eczacı oldu ve 1799'da da felsefe doktorasını tamamladı. İki yıl eczacılık yaptıktan sonra 1801-1803 arasında Avrupa'da gezerek o günlerdeki bilimsel gelişmelere ilişkin bilgilerini güncelledi. Danimarka'ya dönüşünde ise, 1806'da Kopenhag Üniversitesinde fizik profesörü olana dek geçimini halka verdiği konferanslar ve gazetecilikle sağladı (bir tür Danimarkalı Carl Sagan). 1829'da gene Kopenhag'daki Politeknik Enstitüsünün başına getirildi ve 9 Mart 1851'deki ölümüne dek orada kaldı. Fenbilimini popülerleştirme ustası olan Örsted 1824'te Danimarka Doğa Bilimlerini Tanıtma Derneğini kurdu.

Örsted'i bugün hatırlatan çalışma, elektrik akımının manyetik alan oluşturacağını önsöydüğü 1812'yle,[243] bunu gözleyebildiği 1820 arasında yapıldı. Ne yazık ki (ama pek şaşırtıcı olmayarak) önsöyümü ne olup bittiğini pek anlayarak değil, tüm bilinen kuvvetlerin birbirlerine dönüşebilir olması inancından ileri geliyordu. Bu Immanuel Kant'ın doğadaki tüm kuvvetlerin kökeninin aynı olması savından kaynaklanıyordu; Örsted de zamanının 150 yıl önünde olarak pek yanılmıyordu. Bağlantının bu gösteriminden önce (Kantçı filozoflardan başka) herkes elektrik ve manyetizmayı tamamen ayrı olgular olarak düşünüyordu.

Elektromanyetizmanın sonraki incelenmesi, başta André Ampère ve ***Michael Faraday*** olmak üzere başka araştırmacılar tarafından

sürdürüldü. Örsted'in sonraki kendi çalışmaları gazların ve sıvıların sıkıştırılabilirliği ve akımın doğurduğu ısıl etki olan termoelektrik olayla ilgili oldu.

Ørsted/Oersted Bkz. Örsted.

özdeğer//eigenvalue// Belli bir *özdurum*la ilintili bir kuantum özelliğinin özgül değeri. Örneğin bir atomdaki belli bir enerji düzeyi bir özfonksiyonla betimlenir, bu düzeyle ilintili enerji ise o belirli özfonksiyonun özdeğeridir. Aynı özdurumla ilintili başka özdeğerler de (örneğin elektronun *spin* durumu) bulunabilir.

özdurum//eigenstate// Arı bir ***durum vektörü*** (ya da dalga fonksiyonu) ile betimlenen "arı" bir kuantum durumu. Çoğu kuantum sistemi, çoğu zaman ***üst üste binmiş durumlar*** halindedir.

özel görelilik kuramı//special theory of relativity// Bkz. ***görelilik kuramı.***

özel üniter grup (SU)//special unitary group// Tüm bilinen kuantum kuvvetleri için ***yerel simetri*** tanımlayan grup. Bkz. ***grup kuramı.***

özenerji//self energy// Bkz. *özetkileşme.*

özfonksiyon//eigenfunction// Bkz. *özdurum.*

özgül ısı//specific heat// Özgül ısı sığası deyişinin kısaltılmışı olup belli bir nesnenin belli bir kütlesinin belli nicelikteki ısı girişine karşılık sıcaklığındaki artma. Genel kullanımda bir kilogram ve bir kelvin başına joule olarak ölçülür. Önemli husus aynı nicelikteki ısı aynı kütledeki değişik nesnelerin (su ya da kurşun gibi) sıcaklıklarında farklı artış sağlayacaktır. Bunun nasıl olduğu klasik kuramla açıklanamadı ve ***Albert Einstein*** probleme 1906'da kuantum yönünden girişene dek gizem olarak kaldı. Bu kuantum fikirlerinin uygulanma alanının genişliğini ve yalnızca ***kara cisim ışınımı***nın incelenmesine özgü olmadığının ilk göstergesidir.

Bir nesnenin özgül gizli ısısı ise, ilgili bir özellik olarak nesnenin birim kütlesinin sabit sıcaklıkta katı-sıvı ya da sıvı-gaz geçişlerinde soğurulan ya da salınan ısıdır (bkz. ***faz geçişi***).

özısı Bkz. *özgül ısı.*

özkütle Bkz. ***yoğunluk.***

paralel (koşut) vektörler Aynı yönü gösteren oklar. Bkz. ***zıt-paralel vektörler.***

paramanyetizma Bkz. ***geçirgenlik.***

parçacık hızlandırıcısı//particle accelerator// Bkz. ***hızlandırıcı.***

parçacıklar//particles// Maddenin temel yapıtaşları. Çok küçükler dünyasının incelenmesinde tek tek parçacıkların ki koşullarda dalga olarak ele alınsa da (yani her şeyin dalga ve ***alan*** olduğu ileri sürülebilir) aynı çalışmalar dalga olarak düşündüğümüz şeyler de (başta elektromanyetik ışınım) kimi koşullarda parçacık olarak ele alınmalıdır. Yani parçacık kavramı fizikte hâlâ temeldedir.

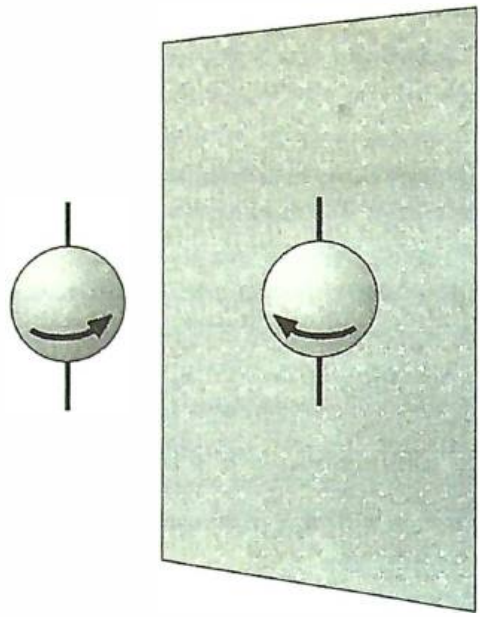
İlk düzeyde elde doğrudan deneyimlediğimiz nesnelerin hepsi ilke bakımından altı parçacık ve bunların birbirleriyle iki etkileşme şekli bulunuyor: madde parçacıkları olarak elektron, nötrino, proton ve nötron; kuvvet taşıyıcıları da foton ve graviton. Daha derinde proton ve nötronun iki türden ***kuark***la (üst ve alt) yapıldığını görüyoruz. Bunların bir arada tutanlar ise bir diğer kuvvet taşıyıcı takımı olan gluonlardır. Radyoaktif bozunma da bir diğer kuvvet taşıyıcı takımı olan aracı vektör bozonlarını gerektiriyor.

Birçok (yüzden fazla) tür başka parçacık da parçacık hızlandırıcılarında yaratılabilir, ama bunların yapıları birkaç tane daha temel yapıtaşı eklenerek açıklanabilir. Bunlar ağır ***leptonlar*** (elektron ve nötrinonun ailesinden) ve ağır kuarklar (tepe ve alt kuarklarla aynı aileden) olup yalnız on iki madde parçacığı ile çeşitli kuvvet taşıyıcılarıdır.

Evrende (bkz. ***karanlık madde***) başka türlü parçacıkların varlığını beklemek için hem astronomik hem de parçacık fiziğinden gelen kuramsal sebepler var. Hele bunlar öylesine bol ki gözlenebilen Evrenin kütlesinin çok büyük bir kısmını sağlıyorlar ya, *D*ünya'daki deneylerde hâlâ ele geçirilemiyorlar.

parite Bir sistemin betimi için kullanılan koordinatların işaretlerini tersine çeviren işlem; öyle ki üç boyutta $x$. $y$, $z$ ile gösterilen bir konum böylece $-x$, $-y$, $-z$ konumuyla betimlenir. Bu özgün sistemin ayna görüntüsüyle eşdeğerdir.

Her bir parçacığa bir parite özgülenebilir. Bu onların solak ya da sağ-elli olduklarını söylenmesine denktir ya fizikçiler çoğu kez "çift pariteli" ve "tek pariteli" (kimi zaman da pozitif ve negatif parite) terimlerini kullanır. Bu iki tür parite aslında bir parçacık için iki türlü kuantum dalga fonksiyonu olmasına karşılık geliyor: simetrik fonksiyon (bunda fonksiyonun $-x$, $-y$, $-z$ noktasındaki değeriyle $x$, $y$, $z$ noktasındaki değeri aynı) ya da karşı-simetrili fonksiyon (bunda da $-x$, $-y$, $-z$ noktasındaki değer, $x$, $y$, $z$ noktasındakinin *eksi*lisidir). Şüphesiz daha karmaşık ve belli bir paritesi olmayan yapılar da bulunur.



*Parite. Parite tersine çevrilmesi bir parçacık ya da bir etkileşmenin aynada yansımasıyla eşdeğerdir. Bunun bir etkisi (burada gösterilen) parçacığın spininin tersine çevrilmesidir.*

Başlarda paritenin tüm parçacık etkileşmelerde paritenin korunduğu varsayılıyordu. Ama bu fikir 1950'lerin ortalarında o zaman teta ve tau denilen parçacıkların bozunmalarındaki kimi kafa karıştıran özellikleri açıklamak için değiştirilmek gerekti. Bu parçacıklar özdeş gibi göründükleri halde teta iki piona bozunurken taudan üç pion çıkıyordu.[244] Sorun şurada, pionun paritesi tek (negatif) ama bir çift pionunki çift (pozitif), ama üçlününki tektir (negatif). Bunun sebebi toplam parite tek tek paritelerin çarpımıyla verilir, tıpkı negatif sayıların çarpımı gibi: (-1)×(-1), (+1) verirken (-1)×(-1×)(-1) ise (-1) verir.

***Richard Feynman***, 1956'da oda arkadaşı deneyci Martin Block'un bir uyarısıyla, Rochester'deki bir konferansta yaygın kanıya karşı çıkarak, teta ve taunun aynı parçacığın değişik durumları olduğunu, parçacığın belli bir paritesi olmadığını ve paritenin korunmayabildiğini önerdi. Bu fikri ***Chen Ning Yang*** ve ***Tsun Dao Lee*** çabucak ele alarak[245] zayıf etkileşmelerde paritenin korunmadığını gösterdiler. Kuramı ***Chien Shiung Wu*** hemen sınayarak doğruluğunu kanıtlayınca Lee ve Yang bu çalışmalarıyla 1957 Nobel Fizik Ödülünü aldılar (en çabuk verilen ödüllerden birisi). "Teta" ve "tau" parçacıkları ise kaon olarak adlandırıldılar, iki ya da üç piona bozunarak parite korunumunu bozan tek bir parçacık. Paritenin korunmadığı bir süreç ayna görüntüsü dünyasında farklı görünecektir; zayıf etkileşmenin ayna görüntüsü sıradan dünyada olanaksızdır.

**parite ihlali//parity violation//** Bkz. ***CP korunumu.***

Pauli dışarlama **ilkesi//** Bkz. ***dışarlama ilkesi.***


*Wolfgang Pauli (1900-1958)*

**Pauli, Wolfgang** (1900-1958) Avusturya doğumlu (sonradan ABD vatandaşı) fizikçi. 1920'lerde kuantum fiziğinin gelişmesine birçok katkıları oldu; en başta gelen ***dışarlama ilkesi*** için 1945 Nobel Fizik Ödülü verildi.

25 Nisan 1900'de Viyana'da doğan Pauli'nin babası Viyana Üniversitesinde fiziksel kimya profesörüydü (Vaftiz babası ise ***Ernst Mach***). Büyümüş de küçülmüş yeteneği 1920'de –Münih Üniversitesinde (***Arnold Sommerfeld***'in gözetiminde) doktorasını tamamlamadan bir yıl önce– kendini gösterdi. Hem özel hem de genel görelilik kuramları üzerine yazdığı 200 sayfalık kapsayıcı özet *Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften*'de (Matematiksel Bilim Ansiklopedisi) yayımlanmıştı; iki yıl sonra da ince bir kitap oldu. Albert Einstein "derinliğine fiziksel seziş, açık ve sistematik sunum, kaynaklara yatkınlık ..." diyerek yazarı övmüştü.

Doktorasını aldıktan sonra Pauli, Göttingen'e giderek ***Max Born***'la, ve Kopenhag'a gidip ***Niels Bohr*** ile çalıştı ve 1923'te Hamburg Üniversitesinde öğretim görevlisi oldu. 1928'de Zürih'teki Federal Teknoloji Enstitüsünde (ETH) fizik profesörü oldu. 1935-36 akademik yılında ise bu görevinden izinli olarak Princeton'da İleri Çalışmalar Enstitüsünde konuk profesörlük yaptı.

İkinci Dünya Savaşı sırasında 1940-45 arasını ABD'de İleri Çalışmalar Enstitüsünde geçirdi (ama ETH'daki konumu şeklen duruyordu). Nazilerin İsviçre'yi zapt etmesinden korkarak ABD'ye gitti. Onlara karşı çifte risk altındaydı, çünkü annesi Yahudi, kendisi de Avusturya pasaportu taşımaktaydı ama Avusturya Almanya'ya katılmış olduğundan Alman vatandaşı sayılmaktaydı. 1946'da ETH'ya döndü ve çalışma yaşamının sonuna kadar orada kaldı. Artık İsviçre vatandaşıydı ve zaman zaman Princeton'a gitmekteydi. Pauli 14 Aralık 1958'de Zürih'te öldü.

Ünlü Pauli dışarlama ilkesi ilk kez 1924'te ortaya konularak ayrıntılarıyla ertesi yıl yayımlandı ve bir atomdaki her ***yörüngeselde***

(o sıralarda fizikçiler henüz yörünge olarak düşünüyorlardı ama ilke aynı) niçin ikiden fazla elektron bulunmadığını açıkladı.

Pauli'nin diğer sezişi 1930'da, beta bozunmasındaki "yitik" enerjiyi görünmez bir parçacığın götürüyor olabileceğini ileri sürdüğünde (*Lise Meitner*'e yazdığı mektupla) ortaya çıktı. Fikri benimseyip ilgili kuramı geliştiren *Enrico Fermi* parçacığa ***nötrino*** adını verdi.

Pauli'nin kuantum fiziğine diğer katkıları geniş çaplıydı fakat çarpıcı olmaktan çok sağlamdı. Batan bir dili vardı ve dinlediği bir konferansta konuşmacının savlarında kusur görürse çok sert girişirdi. Kendisi kötü bir konuşmacıydı ama sohbet ederken fikirlerini (nötrino fikrinde olduğu gibi) berraklık ve canlılıkla anlatırdı. Pauli deneycilikte umutsuz vakaydı, söylenceye göre gereçlerin kırılıp bozulması için laboratuardan geçmesi yeterliymiş; çalışdaşları buna "Pauli etkisi" derlermiş.

**Pauling, Linus Carl (1901- 1994)** 1920'lerin sonlarında ve 1930'ların başlarında kuantum kimyasının temellerini oluşturmak için kuantum fiziğini uygulayan ABD'li kimyacı (20. Yüzyılın en büyük kimyacısı). Bu çalışmaları için 1954 Nobel Kimya Ödülünü, ikincisini, 1962 Nobel Barış Ödülünü de nükleer silah denemelerini durdurmak için yapılan kampanyalardaki ciddi katkılarından dolayı aldı. Pauling bir de amino asitler ile proteinlerin molekül yapılarını buldu ve sonra da yüksek dozda C vitamininin yalnızca soğuk algınlığı ve başka rahatsızlıklara koruyuculuk yanında vücudun kanserle savaşını desteklediğini gösterdi. Bu tartışmalı sav henüz tıp ortamlarında kabul görmediyse de birçok kimse (bu kitabın baş yazarı da) C vitaminini en azından soğuk algınlığını durdurduğunu birinci el deneyimlerden savlıyor.

Pauling 28 Şubat 1901'de Portland, Oregon'da doğdu. O 9 yaşındayken ölen babası eczacıydı. Pauling kimya mühendisliği derecesini 1922'de Oregon Eyalet Tarım Kolejinden aldı, fiziksel kimya doktorasını da 1925'te Caltech'ten. Guggenheim Bursuyla iki yıl kaldığı Avrupa'da Münih'te *Arnold Sommerfeld*, Kopenhag'da ***Niels Bohr***, Zürih'te *Erwin Schrödinger* ve Londra'da ***William Bragg*** ile çalışarak yeni kuantum kuramı ve X-ışını teknolojisinde yeni kavrayışlar edindi. 1927'de Caltech'te öğretim üyesi, 1931'de de profesör oldu.

1936'dan 1958'e kadar Caltech kimya laboratuarlarının direktörlüğünü yaptıysa da 1950'lerin ortalarında, Kimya Bölümünde solculuğu ve nükleer karşıtı eylemlerinden dolayı Pauling'e karşı, bir duygu yoğunlaşması görüldü. Kimya Bölümü 1962 Nobel Barış Ödülüne aldırış

etmediğinde derin acı duymuş (Biyoloji Bölümü ödül onuruna parti verdiyse de) Caltech görevlerinden istifa etmişti. Altmışlı yaşlarına girmiş ve resmen emekli olmuştu ama Caltech öğretim üyesi listelerinde ücretsiz araştırma ilgilisi olarak adı duruyordu; yetmişinci doğum gününden sonra da emekli profesör olarak. Eski yaralar 1991'e kadar yeterince geçtiğinde Kimya Bölümü ona koca bir doğum günü partisi verdi.

"Emekliliğinde" Pauling, C vitamini ve diğer sıra dışı tıbbi görüşlerini geliştirdiği Big Sur'de yapmış olduğu kır evine geçti. 1963-67 arası (Yaşamöyküculeri Ted ve Ben Goertzel'in "liberal beyin takımı" dediği) Santa Barbara'daki Demokratik Kurumların Çalışılma Merkezinin üyesi oldu. 1967'de San Diego'daki California Üniversitesinde profesörlüğe getirildi; 1969'da benzeri görev için Stanford üniversitesine geçti.

Pauling'in çok-satan kitabı *C Vitamini ve Soğuk Algınlığı* 1970'te basıldı. 1973'te Stanford'dan emekli oldu (düzen dışı tıbbi fikirlerinden doğan otoritelerin baskısı ve de solcu eğilimlerinin sürmesi yüzünden) ve Stanford'da da emeritus profesör oldu. Stanford'un tavrına aldırmayan Pauling C vitamini araştırmalarını sürdürmek için Linus Pauling Enstitüsünü kurarak 19 Ağustos 1994'te ölümüne kadar Big Sur'da çalışmalarını sürdürdü.

Pauling'in kimyada yaptığı çok büyük çalışma, iki elektronun (iki atomdan birer tane) paylaşılmasıyla iki atom arasındaki bağın nasıl oluştuğunu kuantum mekaniği kullanarak (bkz. ***kuantum kimyası***) açıklayan klasik makalesi "Kimyasal bağın doğası"nın 1931'de yayımlanmasıyla başladı. E. B. Wilson ile birlikte yazdığı ve melez ***yörüngeler*** fikrini ortaya koyduğu *Kuantum Mekaniğine Giriş* adlı etkileyici kitap 1935'te yayımlandı. 1939'da *yayımlanan Kimyasal Bağın Doğası* o güne dek yaptıklarını özetlemiş olup tüm zamanların en etkileyici kimya ders kitabı olarak görülür. Bu ve diğer ders kitapları kuantum kimyasına en iyi giriş yapıtları arasındadır.

1930'ların ortalarından başlayarak ilgisini yaşamın kimyasına çevirdi. Gereçlerinden birisi olan X-ışını kristalografisini kullanarak örneğin proteinlerin yapısını ve normal insan hemoglobiniyle orak hücre kansızlığı çekenlerinkinin farkını incelemeye başladı. Nerdeyse DNA'nın yapısını bulmak üzereyken Francis Crick ve James Watson onu geçtiler. 1950'ler gelişirken Pauling enerjisini nükleer silahlar konusunda yoğunlaştırarak ana akım bilimsel araştırmalarla çok az ilgilendi.

Ek okuma: Ted ve Ben Goertzel, *Linus Pauling.*

**Peierls, Rudolf Ernst (1907-1995)** Almanya doğumlu Britanyalı kuramsal fizikçi. Başka şeylerin yanı sıra kuantum kuramı ve çekirdek tepkimeleri kuramı üzerinde çalıştı. ***Kopenhag yorumu***nun çık sıkı bir düşkünüydü.

5 Haziran 1907'de Berlin'de doğan Peierles Berlin, Münih ve Leipzig Üniversiteleriyle Zürih'te ETH'da okudu. Kısa sürelerle Roma, Kopenhag, Manchester ve Cambridge'te çalıştı ve 1937'de Birmingham Üniversitesine yerleşerek 1963'e kadar orada kaldı. Sonra da Oxford'da fizik profesörü oldu ve 1974'te emekli olarak üç yıl fizik profesörü olarak Seattle'da Washington Üniversitesinde kaldı. 1977'de Oxford'a döndü ve New College'ın Onursal Üyesi oldu.

Peierls, 1940'ta Otto Frisch ile birlikte *Bir "süperbomba" Yapımı Üzerine* başlıklı bir makale yazdı. Bu, nükleer silahların geliştirilmesinde gerçekçi bir olanağın varlığını ortaya koyuyordu. Bu çok gizli muhtıra Britanya hükümetinin nükleer silahlar üzerinde araştırma başlatmasında ciddi etki sağladı; ABD savaşa girdikten sonra da Peierls ***Manhattan Projesi***ndeki İngiliz grubunun önderi oldu. 1968'de şövalyelik verildi, 19 Eylül 1995'te Oxford'da öldü. Oğlu Ronald (1935'te Manchester'da doğdu) Brookhaven Ulusal Laboratuarında parçacık fizikçisi oldu.

**pek ince yapı//hyperfine structure//** Bkz. ***ince yapı.***

**pek ince yarılma//hyperfine splitting//** Atom tayflarındaki çok yakın çizgilerin atomlardaki temel kuantum durumlarının çekirdeğin ayrıntılı etkisiyle yarılmasıyla oluşması. Çekirdeğin manyetik momenti, elektronun (minicik) manyetik momenti (yani ***spin***i) ile etkileşerek tek tek enerji düzeyini neredeyse aynı enerjide birkaç duruma ayırıyor.

**PEP** ***SLAC***'ta 36 GeV enerjiye erişecek gibi tasarlanan Pozitron-Elektron Projesinin kısaltması. 1980'de tamamlandı ve ***PETRA*** ile birlikte "üç jetli" olgulardan gluonlar için doğrudan deliller sağladı.

**periyodik cetvel/tablo** ***Elementler***in özelliklerine göre sınıflandırılarak dizilmesi. İlk kez 1869'da ***Dmitri Mendeleyev*** önerdi (sıralamadaki boşluklar için "komşu" elementlerle kıyaslayarak belirlediği özellikler, sonradan keşfedilen elementlerle uyumlu çıktı). Elementlerin periyodik tablodaki ilişkilerini ***kuantum kimyası*** açıklamaktadır (bkz. ***Bohr modeli***).

**periyodik yasa//periodic law//** Bkz. ***elementler.***

**Perl, Martin Lewis (1927-2014)** ABD'li fizikçi, tau parçacığını keşfi için 1995 Nobel Ödülü aldı.

24 Haziran 1927'de Brooklyn'de doğan Perl, oradaki Politeknik Enstitüsünde kimya mühendisliği okurken İkinci Dünya Savaşı sırasında Sahil Güvenlik ve Kara Kuvvetlerinde görev aldığında yarım kalan öğrenimin ancak 1948'de bitirebildi. Ardından iki yıl New York Schenectady'de General Electric'te kimya mühendisliği yaparken boş zamanlarında Union College'da derslere devam ederken asıl isteğinin fizik olduğuna karar vererek 1950'de Columbia Üniversitesine gitti ve 1955'te doktorasını aldı (***Isidor Rabi***'nin öğrencisi olmuştu) ve Michigan Üniversitesinde çalışmaya başladı. 1963'te Stanford'da fizik profesörü ve SLAC'da bir grup önderi oldu.

Perl ve çalışdaşlarının tau parçacığını SLAC'da 1970'lerin ortalarında yaptıkları bir dizi deneyle keşfettiler. Bu keşfedilen üçüncü (İngilizcesi "third") yüklü lepton olduğundan Perl buna tau adını, ilk harfinin Yunancası olarak koydu. Daha sonra Cornell'deki 10 GeV'lik elektron-pozitron carpıştırıcısındaki deneylerle ilgilendiyse de SLAC'dan resmen ayrılmayan Perl 30 Eylül 2014'te Stanford'da öldü.

**Perrin, Jean Baptiste** (1870-1942) Fransız fizikçi, Brown devinimini inceleyerek atomların gerçekliğini ortaya koydu. Bu çalışmasıyla 1926 Nobel Fizik Ödülünü aldı.

30 Eylül 1870'te Lille'de doğan Perrin Lyon'da başlayıp Paris'te Ecole Normale Supérieure'ü bitirdi ve orada doktorasını aldığı 1897'ye kadar fizik öğretmenliği yaptı. 1897'den 1910'a kadar Sorbonne'da kimya okutmanlığı yaptıktan sonra aynı kurumda fiziksel kimya profesörlüğüne getirildi. İzleyen 30 yılını orada geçiren Perrin, 1914-18 arasında İstihkâm Birliklerinde su altında denizaltı saptanmasında çalıştı. 1940'ta ise Alman işgali sırasında faşizm zıddı eylemleri yüzünden Fransa'dan ayrılmak zorunda kalınca New York'a gitti ve 17 Nisan 1942'de orada öldü.

Perrin'in ilk çalışmaları arasında en önemlisi 1895'te katot ışınları üzerinde olanıydı. Bu elektron yükünün kütlesine oranını veren kaba bir değer bulmasıydı. Bu ***J. J. Thomson***'ın elektronun parçacık olduğunu ve yük-kütle oranını kesinleştirecek çalışması için yol açmıştı. Ama fiziğe anahtar katkısı 1909'da gelmişti. Onun, ***Einstein***'ın 1905'te ileri sürdüğü kuramı destekleyen Brown deviniminin gözlenmesine ilişkin bu zorlayıcı çalışması bu sürecin ilgili parçacıkların atomlar tarafından dövülüyorsa olabileceğini ortaya koyarak 1905'te Albert Einstein'ın önerdiği kuramın deneysel desteğini sağladı. Bu da atomların gerçekliğinin kesin kanıtı oldu.

Perrin fenbiliminin çok hevesli bir popülerleştiricisiydi. İlk 1913'te yayımlanan *Les Atomes* sırf Fransa'da on binlerce sattı ve pek çok dile çevrildi. Hem oğlu Francis (1901 doğumlu) hem de torunu Nils (1927 doğumlu) fizikçi oldular.

PETRA "Positron-Electron Tandem Ring Accelerator"un (pozitron-elektron art arda halka hızlandırıcı) kısaltması. DESY'de yapılan bir çarpıştırıcı. Tasarlanan, huzme başına 19 GeV'lik enerjiye 1980'de erişti. 1979'da, tam gücüne erişmeden bile PETRA gluonlar için üç jetli olgular şeklinde delil elde etti. Daha sonra huzme başına 23 GeV enerjiye geliştirildi.

pırıltı/sintilasyon sayıcısı//scintillation counter// Bir tür parçacık dedektörü. Elektrik yüklü parçacıklar dedektörün içindeki malzemeden geçerken (ya da klasik televizyon ekranlarındaki gibi çarptığında) bir ışık pırıltısı oluşur. Bu tür bir dedektör ***Ernest Rutherford*** ve yardımcıları tarafından atomun çekirdekli yapısını ortaya koyan deneylerde kullanıldı. O günlerde fenbilimciler deneyleri sürekli izlemek ve ışıldamaları gözle saptamak durumundaydılar (bu amaçla da önceden saatlerce gözlerini karanlığa alıştırıyorlardı). Oysa bugün her bir ışık pırıldaması bir elektriksel dürtüye dönüştürülüp yükseltilerek bilgisayara yükleniyor. Bilgisayar pırıltıları denetler, eğer aynı dedektörde iki ya da daha çok sayıcı varsa deneyden geçen parçacıkların yörüngelerini kurgulamak mümkün olur.

Işık pırıltılarının oluşması, gelen parçacıkların dedektörün etken maddesinin atomlarını enerji vererek üst düzeylere uyarması ve hemen anında taban durumuna geri dönerken ışık salmasıyla olur. Etken maddeler Rutherford zamanında çinko sülfür iken artık bir tür plastik bazen da sıvı kullanılmakta.

pikosaniye//picosecond// Bir saniyenin milyarda birinin binde biri ($10^{-12}$).

pilot dalga//pilot wave// Evreni dolduran ve gerçek bir parçacığı yönlendiren dalga (örn. foton veya bir elektron) etrafında geliştirilen kuantum teorisinin versiyonunda aslen Louis de Broglie tarafından ve David Bohm ile meslektaşları tarafından genişletilmiştir. Bkz. ***saklı değişkenler, yerellik.***

pion (pi mezonu) Atom çekirdeğini bir arada tutmak için yeğin kuvveti proton ve nötronlar (ve diğer ***hadron***lar) arasında taşıyan parçacıklardan birisi. Bunları 1935'te ***Hideki Yukawa*** önsöymüş, 1947'de Bristol

Üniversitesinden *Cecil Powell*'in önderliğindeki bir grup araştırmacı tarafından Pic du Midi'de[246] yapılan kozmik ışın deneylerinde keşfedildiler. Pion'un üç değişik türü vardır, kütlesi 135 MeV olan nötr pi-sıfır, kütleleri 140 MeV olan, birer birim artı ve eksi yüklü pi-artı ve pi-eksi. Bunlar sıfır spinli bozonlar olup ***Bose-Einstein istatistiğ***ine uyar. Artık bunların yapıları da biliniyor: pi-sıfır, ya yukarı/karşı-yukarı ***kuark*** ya da aşağı/karşı-aşağı kuark çiftlerinden kurulu (yani ikisi de olabiliyor); pi-artı, yukarı/karşı-aşağı, pi-eksi ise aşağı/karşı-yukarı çiftten kuruludur.

**Pippard, Alfred Brian** (1920- 2008) İngiliz fizikçi; mikrodalga ışınların (mikrodalga fırınlarındaki ışınımlar gibi) kullanarak ***süperiletken***lerin yüzeylerinin davranışını inceledi. Mikrodalga ışınımlarını (mikrodalga fırınlarındaki ışınımlar gibi) kullanarak süperiletkenlerin yüzeylerinin davranışını inceledi. Süperiletkenlerdeki birçok elektronun, "uyuşma" dediği tek bir kuantum varlığı olarak davranması fikrini ortaya koyarak süperiletkenliğin ***John Bardeen, Leon Cooper*** ve ***John Schrieffer*** tarafından geliştirilen kuramının yolunu açtı.

7 Eylül 1920'de Londra'da doğan Pippard, 1938'de Cambridge Üniversitesinde kimya okumaya başladı ve 1941'de bitirince savaş göreviyle radar çalışmalarına katıldı. 1945'te Cambridge'e dönerek 1947'de doktorasını 1947'de tamamladı. Mesleğini orada sürdürerek 1960'ta Plummer Fizik Kürsüsü 1971'de de Cavendish Kürsüsü profesörlüğüne getirildi. Son görevinde 1982'de emekli oluncaya kadar kaldı. Bu arada 1974'te şövalyelik payesi verildi. Pippard 21 Eylül 2008'de Cambridge'te öldü.

**Planck bağıntısı//Planck's relation//** ***Max Planck***'ın ***Kara cisim ışıması***nı açıklarken elektromanyetik ışıma için ileri sürdüğü bağıntı: $E = hf$, ($E$ ile $f$ ışının (foton) enerjisi ile frekansı, $h$ ise ***Planck sabiti***.)

**Planck birimleri// Planck units//** Bu adı taşıyan birimlere ayrı ayrı bakın: ***Planck uzunluğu***, ***Planck süresi***, ***Planck kütlesi***. Planck'ın özgün tanımları ***ışık hızı c***, ***Planck sabiti h***, ve Newton-Cavendish ***kütleçekim sabiti G*** ile oluşturulmuş uzunluk, zaman ve kütle boyutundaki sayılardır.

**Planck enerjisi** Einstein'ın $E = mc^2$ bağıntısına göre ***Planck kütlesi***ne eşdeğer enerji miktarı. Kabaca $10^{19}$ GeV.

**Planck ışınım yasası//Planck radiation law//** ***Kara cisim ışıması***nın doğasını betimleyen matematiksel bağıntı. ***Max Planck*** tarafından 1900'de keşfedildi.

Planck kütlesi//Planck mass// Dalga boyu karşılığı (***Planck bağıntısı***ndaki frekansın dalga boyu karşılığı olup ilgili enerjiyi ve ***Einstein***'ın kütle-enerji bağıntısına göre karşılığı olan kütle) ***Planck uzunluğu***'na eşit olan bir sanal parçacığın kütlesi. Planck kütlesi yaklaşık $10^{-5}$ g olarak sıradan maddeye göre epeyce küçük olsa da proton kütlesinin $10^{19}$ katı, hacmi ise proton hacminin $10^{60}$'tabiridir. Tanımı: Planck kütlesi = $(c\ h\ G)^{1/2} = 2{,}17651\ 10^{-8}$ kg

Planck ölçeği//Planck scale// Planck birimlerinin (uzunluk, zaman) kullanıldığı ölçek.

Planck sabiti//Planck's constant// Adı, bunu ilk ortaya koyan ***Max Planck***'ın onuruna konulmuş olan, elektromanyetik ışınım kuantumunun (foton) enerjisini frekansına $E = hf$ şeklinde bağlayan temel sabit, $h$. Bu bir kuantum varlığının parçacık doğasını dalga doğasıyla ilişkilendirir. $h$'nın değeri 6,626 $10^{-34}$ J/s olup kuantum mekaniğine ilişkin bağıntıların –örneğin Heisenberg'in ileri sürdüğü ***belirsizlik ilkesi***– hemen tümünde yer alır. Bu bağıntıların birçoğunda, daha elverişli olduğundan $h$, 2 pi'ye bölünmüş olarak ($h/2\pi$) yer alır ve $\hbar$ ile gösterilerek "h-çizgi" denilir. Azıcık karışıklık doğursa da h-çizgiye de Planck sabiti denir, çünkü fizikçiler için bu $2\pi$ çarpanının ne işe yardığı çok açıktır (bu h-çizgi açısal momentumun kuantumudur). Nasıl olsa fizikçi olmayanlar için fark etmez; önemli olan, hem $h$ hem de h-çizginin her ikisinin de inanılmaz derecede küçük oluşlarıdır ki sıradan çevremizde, dalga-parçacık ikiliği gibi kuantum etkilerinin hiç farkında olamıyoruz.

Planck sıcaklığı//Planck temperature// ***Planck enerjisi***ne karşılık gelen sıcaklık olup $10^{32}$ kelvin kadardır. ($T = E/k_B$, $k_B$'ye Boltzmann sabiti denilir.)

Planck süresi//Planck time// ***Planck uzunluğu***nun ışık hızıyla aşılma süresi. Buna "zaman kuantumu," yani bir anlamı olabilecek en kısa süre denilebilir ve büyüklüğü $10^{-43}$ saniye kadardır (Planck Süresi = $(c^{-5}\ h\ G)^{1/2} = 5{,}3910\ 10^{-44}$ s). Dolayısıyla bugün fizik yasalarının çerçevesinde anlayabildiğimiz kadarıyla örneğin Evren var olduğunda yaşı yaklaşık $10^{-43}$ saniye ve yoğunluğu da ***Planck yoğunluğu*** kadardır denilebilir (Bkz. ***Planck birimleri***).

Planck uzunluğu//Planck length// Klasik kütleçekim ve uzayzamana ilişkin fikirlerin geçerliliğini yitirdiği ve kuantum etkilerinin baskın olduğu uzunluk ölçeği. Bu "uzunluk kuantumu," yani bir anlam verile-

bilecek en küçük uzunluktur. Bu kütleçekim sabiti, ışık hızı ve ***Planck sabit***lerinin bağıl büyüklükleriyle belirlenir (Planck uzunluğu = $(c^{-3}\ h\ G)^{1/2} = 1{,}6169 \times 10^{-33}$cm) ve kabaca protonun $10^{30}$'da biri kadardır.

**Planck yoğunluğu//Planck density//** 1 ***Planck kütlesi***nde ve yarıçapı 1 ***Planck uzunluğu*** olan küre hacmindeki bir nesnenin yoğunluğu. Olabilecek en büyük yoğunluk olan bu sayı yaklaşık $10^{95}$ kg/m$^3$ olup atom çekirdeği yoğunluğunun $10^{60}$ katı kadardır. Böylesine büyük bir yoğunluk Evrenin ***Büyük Patlama***da doğumundan sonra hiç oluşmamıştır. Böylesine parçacıkları oluşturacak koşullar için günümüz hızlandırıcılarının 1000 trilyon kat ($10^{15}$) daha güçlü yapılabilmesi gerekir.

**Planck, Max Karl Ernst-Ludwig (1858-1947)** Alman fizikçi; 19. yüzyılın en son yılında ***kara cisim ışınımı***nın ancak atomların elektromanyetik enerjiyi yalnız "kuantum" denilen kesikli çıkınlar halinde soğurup salmasıyla açıklanabildiğini gösterdi. Planck ışığın (ve diğer elektromanyetik ışınımların) artık foton denilen "kuantum"lar[247] halinde olduğunu önermiyordu ama –"temel eylem kuantumu" dediği ***Planck sabiti***'ni de içeren– bu sürecin atomların içindeki yüklerin salınım şekliyle ilgili bir şey olduğunu düşünmüştü. Yine de fiziğe devrim getiren bir dönüm noktasını temsil eden sezgisi Einstein'ı ışık kuantumlarının fiziksel gerçekliğini önermeye götürdü ve Planck'ın 1918 Nobel Fizik Ödülü almasına yol açtı.

Planck 23 Nisan 1858'de Kiel'de doğdu. Babası Kiel Üniversitesinde Medeni Hukuk profesörüydü. Planck dokuz yaşındayken ailesi Münih'e taşındı ve orada Maximillian Gimnazyumuna girdi. Kalburüstü bir öğrenci olup ilerisi için dilbilim de müzik de seçebilirdi (ses perdesi mükemmel olup ömrü boyunca piyano çaldı kimi zaman da Einstein'ın kemanıyla birlikte) ama özgün çalışma yapabileceği bir alan olan fizikte karar kıldı. 1874'te Münih Ludwig Maximillian Üniversitesine girdi. öğrencilik yıllarından birini Berlin Friedrich Wilhelms Üniversitesinde geçirdi. Burada Gustav Kirchhoff, Hermann Helmholtz ve matematikçi Karl Weierstrass'dan öğrenim gördü (o dönemlerde Almanya'daki üniversite öğrencilerinin *Wanderjahr* denilen süreçle bir dönemi/yılı başka bir üniversitede geçirmeleri adettendi). Doktorasını termodinamik konulu teziyle 1879'da Münih Üniversitesinden aldı, ve doçentlik aşamasını da geçtikten sonra *öğretim görevlisi* olarak orada kaldı.




*Max Planck (1858-1947)*

Planck 1888'de Kiel Üniversitesinde fizik doçentliğine başladı; 1888'de aynı unvanla Berlin'e geçti ve oradaki Kuramsal Fizik Enstitüsünün ilk direktörü oldu. 1892'de Berlin Üniversitesinde fizik profesörü ve Kirchhoff'un ardından kürsü başkanı yapıldı. Burada 1926'ya kadar kalıp başkanlığı Erwin Schrödinger'e bırakarak emekli oldu.

1930'da Berlin'deki Kaiser Wilhelm Enstitüsünün başkanı oldu. 1937'de bu konumundan Nazi rejiminin Yahudi bilim kişilerine davranışını protesto ederek istifa etti. İkinci Dünya Savaşından sonra Göttingen'e taşınan ve Max Planck adı verilen Enstitüsünün yeniden başkanlığına getirildi ve 4 Ekim 1947'deki ölümüne kadar bu görevde kaldı.

Planck eski toprak Alman bilim kişisiydi: çok çalışkan, dosdoğru ve muhafazakâr. En büyük ilgisi termodinamikti ve 1890'ların ikinci yarısında kara cisim ışıması muammasıyla ilgilenmeye başladığında umudu ***morötesi felaketi***ni termodinamiğin kurallarıyla çözebilmekti. Arada termodinamikle elektrodinamik arasında bağlantı kuran birçok anahtar çalışma yaptıysa da tayfın doğru betimini bulamamaktan yılgınlığı gittikçe artıyordu. 1900'ün ikinci yarısında eriştiği dönüm noktası bilimsel içgörüden gelen durgun ve mantıksal bir süreçle değil neredeyse

Çaresizlikle tahminlerini fiziksel sezgisiyle karıştırıp elektromanyetik ışınımın iki tam olmayan betiminin (***Rayleigh-Jeans yasası*** ve ***Wien yasası***) matematiksel bir karambole sokarak birbirlerine uydurup doğru matematiksel eğriyi şapkasından çıkarabildi (buna daha sonra "şanslı sezgi" demişti[248]) ama ne kendisi ne bir başkası mad-

de ve ışınımın hangi özelliklerinin bu eğriyi doğurduğunu bulamadı. Daha sonra onu ünlendirecek kuantum fikrine varışı için bkz. ***kara cisim ışıması.***

Planck 1900'den sonra optik, termodinamik ve diğer alanlara da katkıları oldu ve özel görelilik kuramının önemini ilk anlayanlardan birisiydi. Ama 1900'den sonra fenbilimine en önemli katkıları 1909'dan başlayarak yaşamındaki çok ciddi darbelere karşın yöneticiliğiyle oldu: önce ilk eşi öldü, büyük oğlu 1916'da savaşta öldü, 1917'de ikiz kızlarından birisi doğum yaparken öldü, diğeri dul eniştesiyle evlendi ve gene aynı şekilde öldü. Planck'ın Berlin'deki evi 1944'te bombardımanda yıkıldı, küçük oğlu ise aynı yıl Hitler'e planlanan suikastla ilişkisi yüzünden kurşuna dizildi (Hitler'in Planck'a onu desteklerse oğlunu affedeceğini söylediği ve Planck'ın bunu reddettiği biliniyor).

**plazma** Maddenin yüksek sıcaklıkta atomlardan elektronlarının sökülerek artı yüklü iyonlar oluşması ve bunların serbest elektronlarla karışmasıyla oluşan bir durum. Plazma maddenin, tanıdık katı, sıvı, gazın yanı sıra dördüncü ***fazı*** olarak da ele alınır.

**Poincaré, (Jules) Henri (1854-1912)** Fenbilimine de önemli katkıları olan Fransız matematikçi, 1906'da ***Albert Einstein***'ın özel görelilik kuramının birçok sonucunu bağımsız olarak elde etmiş, ***Hendrik Lorentz***'in keşfettiği dönüşüm bağıntılarının bir ***grup*** oluşturduğunu göstermişti.

29 Nisan 1854'te Nancy'de doğan Poincaré, Ecole Polytechnique ve Madencilik Okulunda okudu, niyeti mühendis olmaktı. Ama matematiğe saptı ve 1879'da kısmi diferansiyel denklemlerle tanımlanan fonksiyonların özellikleriyle ilgilenen teziyle doktorasını tamamladı. Kısa bir süre Caen Üniversitesinde öğretim yaptıktan sonra 1881'de Paris Üniversitesinde profesör oldu ve 17 Temmuz 1912'de öldü.

**Poisson beneği//Poisson's spot//** Bkz. ***Fresnel, Augustine Jean.***

**Poisson, Simeon-Denis (1781-1840)** Fransız matematikçi ve fizikçi; en çok olasılık üzerine yaptığı çalışmalarla tanınır. Başka şeylerin yanı sıra radyoaktif bozunmayla ilgili olan Poisson dağılımını keşfetti.

21 Haziran 1781'de Pithiviers'de doğdu ve 25 Nisan 1840'ta Sceaux'da öldü. Poisson, Paris'te Ecole Polytechnique'te okudu. Hocaları arasında Pierre Laplace ve Joseph Lagrange da vardı. Daha sonra Ecole'de ve Sorbonne'da hocalık yaptı. Isı kuramı, esneklik, manyetizma üzerinde çalıştı ve olasılık üzerindeki ünlü işlerini yaptı.

Bkz. ***Fresnel, Augustine Jean.***

**kutuplanma//polarization//** Işığın (ve de diğer elektromanyetik ışınımların) bir özelliği olup en iyi ışınımın dalga doğasıyla anlaşılır.

Işık, James Clerk Maxwell'in betimlemesine göre ışınımın elektrik ve manyetik bileşenlerini temsil eden birbirlerine dik iki takım enine dalgadan oluşur. Basitleştirmek için bunlardan yalnız birini (diyelim elektrik bileşenini) düşünelim. Sıradan, kutuplanmamış ışıkta bunun gittiği yönün çevresinde karmakarışık dalgalar bulunur. Bunlardan her biri gidiş yönüne dik bir okla temsil edilmekte. Bunlardan kimileri yukarı, kimileri yana yönelirken kimileri de aradaki bir yöndedir. Ama düzlemde kutuplanmış bir ışıkta okların hepsi aynı yöndedir; tıpkı bir tabur süngü takmış askerin yürüyüşünde görüleceği gibi.

Dairesel ya da eliptik kutuplanmada, dalgalanma yönünü gösteren gene bir "ok" vardır ama bu ok, dalga ilerledikçe saatin bir kolu gibi dönüp durur.

Kutuplanma, ışık belli tür kristallerden geçerken, yansıması sırasında ya da bir tür güneş gözlüğünde kullanılan Polaroid gibi yapay malzemeden geçerken olur (bkz. ***Malus, Etienne Louis***). Kutuplanmış ışık, kuantum dünyasının davranışının kimi kilit niteliklerini vurgular (bkz. *olasılık*).

**kutuplanmış ışık//polarized light//** Bkz. ***kutuplanma.***

**Poltergeist Projesi** Bkz. ***nötrino.***

**potansiyel enerji** Bir cismin, konumu dolayısıyla edinmiş olduğu enerji; örneğin kütleçekim ya da elektrik *alan*ında. Bir merdivenin üst basamağındaki bir cismin kütleçekimsel potansiyel enerjisi alt basamağındakinden daha çoktur. Cismi yukarıya çıkartmak için iş yapılmak gerekir ki potansiyel enerji artışını sağlayan budur. Eğer cisim aşağıya düşerse kütleçekimsel potansiyel enerjisi önce ***kinetik enerji***ye dönüşür sonra da yere çarpmayla kinetik enerji (esnekse hepsi ya da bir kısmı, esnek değilse hepsi) ısıya (ısıl enerjiye) dönüşür ve (esnek değilse) durur, (değilse sıçrar).

Potansiyel enerji hep bir standart duruma göre ölçülür; yukarıdaki örnekte ölçülerimizi en alt basamağı sıfır noktası olarak alıp yapabiliriz. Ancak belli bir alana ilişkin potansiyelin, daha aşağısı olanaksız bir en küçük değeri olabilir.

Bir diğer örnek sıkıştırılmış bir yayın taşıdığı potansiyel enerjidir. Ancak bu elektromanyetik kuvvetlerle ilgili olduğundan eninde sonunda kuantum elektrodinamiği kuramıyla betimlenecek bir kuantum olgusuyla ilişkili olacaktır. Kütleçekimin tuhaf niteliklerinden birisi

de birçok parçacıktan oluşan bir $m$ kütlesinin enerjisinin sıfır noktası bu parçacıkların sonsuz uzaklığa dağılmasıdır. Parçacıklar daha sonra kütleçekim etkisiyle bir araya düşerlerse enerji salınır (tıpkı merdivenden aşağıya düşen bir cisim gibi) o zaman da kalan potansiyel enerji negatif olacaktır. Eğer parçacıklar bir noktada kaynaşırlarsa bunlarla ilişkili enerji $-mc^2$'ye indirgenmiş olacak ve bunların toplam Einsteincı kütle enerjisi olan $mc^2$'yi dengeleyerek toplam enerjiyi sıfır yapacaktır. Bu durum ise şaşırtıcı bir ilginç bir oluşa, yani Evrendeki bütün maddenin uzayzamanın bir noktasında toplam enerjinin sıfır olduğu bir hiçlikten doğduğuna götürecektir.

**Powell, Cecil Frank (1903-1969)** İngiliz fizikçi, temel parçacıkları fotoğraf emülsiyonlarında bıraktıkları izlerle inceleme yöntemini geliştirdi ve ***pion***'u keşfiyle 1950 Nobel Fizik Ödülünü aldı.

Powell, 5 Aralık 1903'te Tonbridge-Kent'te doğdu ve 1925'te Cambridge Üniversitesini bitirerek ***Charles Wilson***'un (***sis odası***nın mucidi) gözetimi altında sis odasındaki izlerin fotoğrafını çekme tekniklerini iyileştirme üzerinde çalıştı. Bu da 1928'de doktora almasına götürdü.

Powell sonra da Bristol Üniversitesine geçerek çalışmalarını orada sürdürdü. 1948'de fizik profesörü ve 1964'te de Wills Fizik Laboratuarının direktörü oldu. Silahların denetimi ve fenbilimcilerin sosyal sorumluluklarıyla ilgilendi ve fenbilimi ile dünya sorunları üzerine yapılan Pugwash Konferanslarında görev aldı. ***CERN***'in kurulmasına katılan fenbilimciler arasında olan Powell 9 Ağustos 1969'da Bellano-İtalya'da öldü.

Pionun keşfine götüren tekniğin geliştirilmesi 1938'de başladı. Powell, kozmik ışınlardan gelen parçacıkların izlerini gözlemek için sis odası yerine fotoğraf plakası yığınları kullandı. Bu teknik, İkinci *D*ünya Savaşı sırasında askeri amaçlarla geliştirilen duyarlı fotoğraf emülsiyonlarıyla iyileştirildi ve 1947'de pion keşfedildi.

**Poynting, John Henry (1852-1914)** İngiliz fizikçi; 1890'larda *D*ünya'nın yoğunluğunu yüksek kesinlikle ölçerek kütleçekim sabitini belirledi (bkz. ***Cavendish, Henry***). 1903'te Güneş'in ışınımları görünürde çelişkili olarak Güneş çevresinde dolanan küçük parçacıkların içeriye doğru spiraller çizerek Güneş'in sıcaklığına kapıldıklarını ileri sürdü. Bu fikri 1930'larda Howard Robertson görelilik kuramı çerçevesinde ele alarak geliştirdi ve buna artık ***Poynting-Robertson olayı*** denilmekte.

9 Eylül 1852'de Manchester yakınlarında Monton'da doğan Poynting, Manchester'daki Owens Kolejinde (sonradan Manchester Üniversitesi) okudu ve (Owens Kolejinin tüm öğrencileri gibi) diplomasını dışarıdan öğrenci olarak Londra Üniversitesinden aldı (Lisans 1872). Sonra da 1876'ya kadar Cambridge Üniversitesinde okudu (resmen doktora diploması almadı ama 1887'de Cambridge Fen Doktorası derecesi sunuldu). 1876'dan 1878'e kadar Owens Kolejinde çalıştı. Ardından iki yıl Cambridge'te araştırmacı olarak Cavendish Laboratuarında *James Clerk Maxwell*'in yanında çalıştıktan sonra Mason Fen Kolejinde (sonradan Birmingham Üniversitesi) fizik profesörü oldu ve 30 Mart 1914'te (diyabetten) ölünceye kadar burada çalıştı.

**Poynting-Robertson olayı// Poynting-Robertson effect//** Bkz. *Poynting, John Henry.*

**Poynting vektörü** Bkz. *Poynting, John Henry.*

**pozitif geri besleme//Positive feedback//** Bkz. *geribesleme.*

**pozitron** Elektronun artı yüklü karşı-parçacığı; karşı-elektron. Bkz. *karşı-madde.*

**pozitronyum** Bir tür yalancı atom: eksi yüklü elektron ile sanki hidrojen atomunda protonun rolünü yüklenmiş olan pozitronun oluşturduğu yapı. Böyle sistemler yapay olarak yapılabilmekte ama ömürleri çok kısa olmakta (on milyonda bir saniyeden daha kısa) ve elektronla pozitron birbirlerini yok ederek bir gama ışıması fışkırır. Bkz. *karşı-madde.*

**parton** Proton, nötron ve diğer *baryon*ların iç yapılarında olabilecek parçacıklar için *Richard Feynman*'ın taktığı genel ad. Bu parçacıklar bugün *kuark*lar ve *gluon*lar olarak biliniyor. Feynman'ın 1960'ların sonundaki terim seçişini kasten belirsiz yapışı o sıralarda maddenin yapısını kurcalayan deneylerin yorumlarını bulunabilecekler üzerine önyargılı olabilecek fikirleri etkilememekti; Feynman'ın kendisinin de söyleyebileceği gibi araştırmacılar önyargısız kalmalıdır.

**parton modeli//parton model//** Proton ve nötronlar gibi parçacıkların (*baryon*lar) yapılarını içlerinde olabilecek başka parçacıklar (partonlar) cinsinden betimleyen her türlü modele verilen genel bir ad. Parçacık fiziğinin standart modeliyle birleşik özgül parton modeli, partonlar olarak kuark ve gluonları içerir; ama (geç 1960'larda Richard Feynman'ın önerdiği) parton fikri kuarkların var olup olmadığı sorusunda önyargılardan kaçınmak ve (o sıralarda *SLAC*'da yapılmakta olan) saçılma deneylerinin sonuçlarının tartışılmasının daha geniş

bir kuramsal çerçevede yapılabilmesini sağlamak için öne sürülmüştü. Deneylerde yüksek enerjili elektronlar protonlara gönderiliyordu. Bu saçılmalar, 1911'de atom çekirdeklerinin varlığını göstermek için altın atomlarından alfa parçacıklarının saçılmasının ***Ernest Rutherford***'a gösterdiklerini andırıyor.

Feynman SLAC deneylerini basit bir modelle yormuştu: elektron huzmesinin nükleonu uzun ömürlü noktasal varlıklarla dolu bir kutu olarak görüp bunlardan saçıldığını varsayıyordu. Her elektron bir partondan esnek saçılmaya uğrayarak tamı tamına deneylerde görüleni oluşturuyor, kutunun içeriği de sarsılıp elektron çekip gittikten sonra yeniden yatışıyor.

Aslında bu model bir nükleonun sırf –torbada üç bilye gibi– üç "gerçek" kuarktan yapılmış olması fikrinden çok daha güçlü ve genel. Gerçekten de gözlenen saçılma (özellikle de saçılma sürecinin *ölçeklenme*si) böylesine basit bir üç kuarklı modele uyacak gibi değil. O kuarkların (bunlara "değerlilik" kuarkaları da denilebilir, sanki kimyadaki "değerlilik elektronları gibi) sanal kuark/karşı-kuark çiftleri denizine gömülü olduğunu ve de doğru ölçeklenmeyi sağlamak için ayrıca kuarkları bir arada tutacak gluonları da katmak gerekecektir. Tüm bu parçacıklar –değerlilik kuarkları, sanal kuarklar ve gluonlar– partonlardır.

Parton modelinin kilit özelliklerinden birisi bir elektronun partondan saçılmasının sanki parton sıkıca bağlı bir varlık değil de serbestçe devinen bir parçacık gibi olmasıdır. Bu ***asimtotik özgürlük*** olgusunun iş üstünde olduğu bir örnektir.

**Prokhorov, Aleksander Mikhailoviç** (1916-2002) Rus fizikçi; ***maser*** ve ***laser***in geliştirilmesi için 1964 Nobel Fizik Ödülünü Nikolai Basov ve Charles Townes ile paylaştı.

Prokhorov 11 Temmuz 1916'da doğduğunda ailesi göçmen olarak Avustralya'daydı. Aile 1917 devriminden sonra Rusya'ya döndü. Kendisi 1939'da Leningrad Üniversitesini (artık St. Petersburg Üniversitesi) bitirdi, İkinci *D*ünya Savaşında Kızıl Ordu'da görevliydi, doktorasını 1946'da Leningrad'da tamamladı ve bilimsel meslek yaşamını Basov ile çalıştığı, Moskova Lebedev Fizik Enstitüsünde sürdürdü, 1954'te enstitünün Salınım Laboratuarının başına getirildi, aynı zamanda Moskova M.V. Lomonosov Devlet Üniversitesinde profesörlüğe de atanmıştı. 8 Ocak 2002'de Moskova'da öldü.

**proton** ***Temel parçacıklar***dan birisi, kütlesi $1{,}6726231 \times 10^{-27}$ kg (= 938,2796 MeV), elektrik yükü $+1{,}60218925 \times 10^{-19}$ C, spini ½ ve ***Fermi-Dirac istatistiği***ne uyan bir ***baryon***. Bkz. ***atom fiziği.***

proton bozunumu//proton decay// Elektrozayıf ve yeğin kuvvetleri birleştirerek ***kuarklar*** ile ***leptonları*** ilişkilendirmeye girişen ***büyük birleşik kuramların*** bir önsöyümü (bkz. ***doğa kuvvetleri***). Protonlar kuarklardan yapılı olup bundan dolayı bozunmaları beklenir (ancak nötronlar zayıf etkileşme sonucu protonlara bozunur).

Bu kuramların önsöydüğü tipik bozunma yarıömrü $10^{32}$ yıldan fazla olduğundan tek bir protonun bozunmasını beklemek abestir. Ama kuantum dünyasını güden olasılık kuralları, elimizdeki bir parça maddede $10^{32}$ proton varsa (ve yarıömür kesinkes $10^{32}$ yıl ise) her yıl bunlardan birinin kesinlikle bozunacağını belirtiyor. Bir kilogram madde (bir avuç demir ya da bir litre su) $1{,}8 \times 10^{27}$ nükleon içerir, çoğu maddede bunların da yarısına yakını protondur (suda ise 5/9'u). Öyleyse 1 milyon kilogram (1000 ton) suda $10^{33}$ proton bulunuyor.

Bu üzerinde çalışmak için baş edilebilecek bir miktar. Koca tanklar dolusu su ve büyük demir-çelik parçaları üzerinde yapılan birçok deneyde proton bozunmasından beklenebilecek etkiler beklenip durulmakta. Böylesi bir bozunmanın kuramın önsöydüğü belgin doğası (tipik olarak protondaki kuarklardan birisinin bir pozitrona dönüşmesi diğer iki kuarkın ise çiftlenerek sıfır yüklü bir pion yapması[249] gibi) ve bu gibi olguların gözlenmesi proton bozunması için belgin "belirti" oluşturmalı. Ne yazık ki henüz daha hiç gözlenen olmadı. Bu, büyük birleşik kuramların en basit türlerini ortadan kaldırıyor, ama protonun diğer ***BBK***'ların önsöydüğü daha uzun süreli ölçeklerde bozunabilme kapısını açık tutuyor.

p sayıları Bkz. ***kuantum cebiri.***

psi mezonu Bkz. ***J/psi parçacığı.***

q sayıları Bkz. ***kuantum cebiri.***

**Rabi,** Isaac Isidor (1898-1988) Avusturya doğumlu ABD'li fizikçi; elektronun manyetik momentinin ölçümüne götüren rezonans yöntemini geliştirmesiyle 1944 Nobel Fizik Ödülünü aldı. Bunun, kuantum elektrodinamiğinin gelişiminde anahtar adım olmuştu.

Rabi 29 Temmuz 1898'de o zaman Avusturya-Macaristan İmparatorluğunun parçası olan Rymanow (şimdi Polonya'da) doğdu. Ailesi ertesi yıl ABD'ye göçtü. Kimya okuduğu Cornell Üniversitesini 1919'da bitirdi. Rabi üç yıl bilimsel olmayan bir işte çalıştıktan sonra önce Cornell'e devam etti ve 1927'de doktorasını Columbia Üniversitesinden aldı. Aldığı burslarla izleyen iki yılın büyük bir kısmını (başkalarının yanı sıra) ***Max Born, Wolfgang Pauli, Werner Heisenberg*** ve

*Otto Stern* ile çalışarak geçirdi. Özellikle Stern, molekül demetleri tekniklerini tanıtarak Rabi'nin çalışmalarının yönünü çok etkiledi. Rabi 1929'da ABD'ye dönünce Columbia'da görev aldı ve 1937'de profesör olarak çalışma yaşamını sonuna kadar orada sürdürdü. En önemli çalışmasını 1930'larda yaptı. Bu, manyetik alanda dönen çekirdeklerin *manyetik moment*lerinin ölçümlerinden atom, çekirdek ve moleküllerin manyetik özelliklerini incelemek için teknikler geliştirilmesiydi.

İkinci Dünya Savaşı sırasında Rabi MIT'de radar üzerinde çalıştı. Los Alamos'taki *Manhattan Projesi* takımın başkan vekili olma önerisini geri çevirdi; daha sonra da atom enerjisinin barışçı amaçlarla kullanılmasının kuvvetli bir savunucusu oldu. Rabi hem *Brookhaven Ulusal Laboratuarı*'nın hem de –bir ara UNESCO üyesi olarak– *CERN*'in kuruluşuna yardımcı oldu. Rabi'nin yaptıklarından çıkan *nükleer manyetik rezonans* tekniğinin çok yaygın bir uygulama alanı bulunuyor. Rabi'nin atom ve çekirdeklerin davranışları üzerinde yaptığı çalışmalar, başka şeylerin yanı sıra *lazerler* ve *atom saatleri* gibi kullanışlı uygulamaların temeli oldu. *Lamb kayması* da Rabi'nin gerçekleştirdiği tekniklerden birisinden geliştirilmiştir.

Rabi 11 Ocak 1988'de Manhattan'da öldü.

**radyo dalgaları//radio waves//** Dalga boyları birkaç milimetreden (*kızılaltı ışınım*dan az uzun) yüzlerce kilometreye uzanan –yani istediğiniz kadar– *Elektromanyetik Işınım*lar.

Radyo dalgası adı verilen varlıkların varlığı 1860'larda James Clerk Maxwell tarafından *ışık* dahil her çeşit elektromanyetik dalganın yayılmasını betimleyen denklemleri keşfinden sonra önsöyüldü. Radyo dalgaları yapay olarak ilk kez bilinçli olarak 1888'de *Heinrich Hertz* tarafından oluşturularak Maxwell'in önsöyümü onaylandı.

**radyoaktif bozunum//radioactive decay//** Kararsız bir çekirdeğin ya da parçacığın bir ya da daha çok parçacık fırlatıp kararlı bir çekirdeğe ya da parçacığa dönüşmesi süreci. Aşırı durumu yüksek kütleli bir çekirdeğin iki kabaca eşit parçaya ayrılması olup genelde bozunma yerine bölünme denilir ve de iki "yarım çekirdeğin" yanı sıra başka parçacıkların fırlatılmasını da içerir.

Atom çekirdeğiyle ilişkili iki ana tür radyoaktif bozunma *alfa bozunması* ve *beta bozunması*dır. Bunların etkisi baştaki bir radyoaktif çekirdeğin (anası denilir) bir diğer *element*in çekirdeğine (kızı denilir) dönüştürmesidir; bu ise radyoaktif olabilir de olmayabilir de. Bozunma *yarıömür* denilen belgin bir zaman ölçeğinde gerçekleşir. Böyle

bozunmalar, kararlı bir çekirdekte durana dek zincirleme birçok basamak halinde uzun sürebilir. Bozunma ***elektromanyetik ışınım*** şeklinde ***enerji*** salarak da olabilir.

Kararsız parçacıklar da benzer şekilde bozunabilir; klasik örnek tek başına bir nötronun beta bozunması bir ***proton***, bir ***elektron*** ve bir ***nötrino*** üretir. Parçacık fiziğinin kabul edilen modellerine (***koca birleşik kuramlar***a ya da KBK'lara da) göre tek gerçekten kararlı parçacıklar ***kuarklar***ın en hafif ailesi, ***elektron*** ve ilişkili ***nötrino***dur. Bunların dışındaki her şey –*D*ünya'daki parçacık hızlandırıcılarında ya da Evren'deki zorlu olgularda enerjiden oluşturulan daha ağır parçacıklar– önünde sonunda ya kuarklara ya da elektronlara bozunacaktır. Kuarklar protonları ve nötronları yapar, nötronlar protonları ve elektronlara bozunur. Protonlar bile kararsız olma durumunda olup bir ***pozitron*** ve ***pion***'a bozunur. Pionlar iki gama ışınına bozunurlar, pozitronlar ise elektronlarla yok olup daha da gama ışını yaparlar ki bu maddenin ***Büyük Patlama***'da enerjiden yaratıldığı düşüncesinin yansıması gibidir. Ancak KBK'ların ***süpersimetri*** sürümleri protonun ömrünün $10^{36}$ ile $10^{39}$ yıl arasında olduğunu önsöyüyor, yani Evrenin hemencecik püf diye gama ışınlarına yok olma beklentisi yok.

Bkz. ***Becquerel, Henri.***

radyoaktif seri Bilinen dört ***radyoaktif bozunma zincir***inden herhangi birisi. Üç doğal (yani bugün *D*ünya'daki koşullarda "doğal" olan) radyoaktif seri bulunuyor. Üçü de yinelenen ***alfa bozunmaları***yla sürer ve bir kurşun izotopuyla sonlanır. Biri (toryum serisi) doğal olan toryum-232 ile başlar ve kurşun 204 ile biter; ikincisi (aktinyum serisi) uranyum-235 ile başlar, aktinyum-227'den geçerek kurşun-207'de sonlanır; üçüncüsü (uranyum serisi) uranyum-238 ile başlar ve kurşun-206 ile biter. Dördüncü seri (neptünyum serisi) yapay plütonyum-241 ile başlar ve gene alfa bozunmasıyla neptünyum-237'den geçerek bizmut-209'da biter.

radyoaktiflik Bkz. ***radyoaktif bozunum***.

radyoaktiflik zinciri//radioactiviıy chain// Bkz. ***radyoaktif seri***

radyoaktiflikle tarihleme//radioactive dating // Bir madde örneğinin yaşını radyoaktif bozunma içeren bir teknikle kestirmeye verilen ad.

radyoizotoplar Radyoaktif izotoplar deyişinin kısası. Kimi radyoizotoplar, kimi nesnelerin mekanik, kimyasal ya da canlı bir sistemde dolaşımını izlemekte etiket olarak kullanılır. Bu süreçte bileşikteki

atomların bazıları radyoaktif çeşitleriyle değiştirilir ve devinimleri (belki) *Geiger sayacı* ile kollanır.

**radyokarbon** Radyoaktif karbon-14 izotopu için diğer bir ad. Bkz. *karbonla yaş belirleme*.

**radyoloji (radyosağaltım)//radio therapy//** (Özellikle) X-ışınlarının ya da başka ışınım çeşitlerinin tıpta –özellikle kanser sağaltımında– kullanımı. Işınımlar bölünen hücrelerin etkinliğini azaltır, hatta onları öldürür; böylece kötü huylu bir ura doğrudan uygulanabilirse kanseri öldürebilir (en azından büyümesini durdurur). Sorun şu ki ışınım hastanın (ya da ilgili sağlıkçının) sağlıklı bir yeriyle etkileşirse zarar verebileceği için bu gibi işlemlerde olağanüstü özen gerekir.

Bu tür işlerde, yani radyosağaltımda radyoaktif kobalt, yüksek giriş gücü olan *gama ışınları* kaynağı olarak kullanımı yaygındır. Radyoloji tanısal tıpta da bildik X ışını resimleri gibi (tanısal radyoloji).

**Rainwater, (Leo) James (1917-1986)** ABD'li fizikçi; çekirdek yapısı kuramı üzerinde yaptıkları için 1975 Nobel Fizik Ödülünü paylaştı.

**Raman, (Çandrasekara) Venkata (1888-1970)** Hint fizikçi, 1928'de *Raman olayı*nı buldu ve bunun sonucunda 1930 Nobel Fizik Ödülünü aldı. Nobel Ödülü alan ilk Asyalı oldu ve bu edimi bir kuşak genç araştırmacıya esin kaynağı oldu.[250]

Hindistan'ın Trikinopoli, Madras kentinde 7 Kasım 1888'de doğan Raman, Vizagepatam'daki, babasının matematik ve fizik profesörü olduğu AVM Kolejinde okudu. Sonra da Madras Üniversitesinin Başkanlık Kolejinden lisans[251] derecesini 1904'te ve yüksek lisans derecesini de on dokuz yaşında 1907'de aldı. Her iki olguda da sınavlarda mümkün en yüksek notları aldı. O sıralarda Hindistan'da bilimsel araştırma için hiçbir açık iş olmadığından Kalküta'da bir resmi kurumda muhasebeci olarak on yıl çalıştı; ancak boş zamanlarında sesin doğası ve müzik aletleri kuramı üzerinde (Hindistan Bilimi Geliştirme Birliğinin olanaklarını kullanarak) yaptığı araştırmalarla edindiği ün sayesinde 1917'de Kalküta Üniversitesinde profesörlüğe atandı.

Raman bu konumda en önemli çalışmalarını yaparken 1933'e kadar kaldı (bu arada 1929'da şövalyelik verildi[252]) sonra da Hindistan Fenbilimleri Enstitüsünün Fizik Bölümü Başkanlığına getirildi (bir süre de Enstitünün direktörlüğünü yaptı; bu görevdeki ilk Hint olmuştu). Bu görevi, Hindistan'ın yeni bağımsızlığını kazandığı 1948'de devletin Bengalor'da yeni kurduğu Raman Araştırma Enstitüsünün ilk direktörlüğüne atanana kadar sürdü. 21 Kasım 1970'te ölünceye dek bu görevdeydi.

Raman, ışığın ses dalgalarından saçılması, kristallerde atomların titreşimleri, elmas ve başka mücevherlerin optik özellikleri ve renkli görme üzerinde de çalıştı.

**Raman olayı//Raman effect//** Tekrenkli (tek dalga boyu olan) ışığın saydam bir ortamdan geçerken saçılması. Saçılmanın sebebi tek tek ***fotonların*** ortamdaki moleküllerle etkileşmesidir. Moleküllerin gelişigüzel devinimlerinden ötürü kimi fotonların enerjileri yükselir ve küçük dalga boyuyla saçılır, kimileri de daha uzun dalga boylarına saçılarak enerji yitirir. Dolayısıyla saçılan ışık bütünüyle tekrenkli olmuyor ve şaçılma biçiminden de moleküllere ilişkin bilgi sağlıyor. Bu ***esneksiz saçılma***ya bir örnektir. ***Compton olayı*** gibi de fotonların gerçekliğini gösterir.

Olay adını, onu 1928'de ayrıntılarıyla ilk inceleyen Çandrasekar Raman'dan alıyor. Işık saçılmasına ilgisi 1921'de İngiltere'deki bir konferanstan Hindistan'a gemiyle dönerken geçtiği Akdeniz'de başladı. Denizin mavi renginin suda asılı durumda olan parçacıklarla (o sıralarda ***Lord Rayleigh***'in önerisi olan standart açıklama) açıklanamayacağının farkına vardı ve bunun –gökkuşağının tüm renklerini içeren– beyaz ışığın su moleküllerinden saçılmasından ileri geldiğini gösterdi. (Benzer şekilde Albert Einstein gökyüzünün maviliğinin havadaki tozdan değil hava moleküllerinden saçılmasından ileri geldiğini göstermişti; aslında denizin maviliği kısmen de gökyüzünün maviliğinin yansımasıdır). Kısa dalga boylu mavi ışık diğer renklerden daha kolay saçılıp (bkz. ***Rayleigh-Jeans saçılması***) oradan buradan savrularak bakanlara her yönden gelir.

***Arthur Compton, Compton olayı***nı (X ışınlarının esneksiz saçılması) 1923'te keşfettikten sonra, 1925'te ***Werner Heisenberg*** aynı olayın görünen ışıkta da olacağını önsöymüştü. Bunu düşünmüş olan Raman zaten bazı ilksel deneyler yapmıştı ve Heisenberg'in yaptığıyla cesaretlenerek bu deneylerini geliştirip 1928'de olayın tertemiz havada ve arı sıvılarda gerçekleştiğini gösterdi.

**Raman saçılması//Raman scattering//** Bkz. ***Raman olayı.***

**Ramsay, William (1852-1916)** Asal (inert, soy) gazlar olan helyum, neon, argon, kripton, zenon ve radonu keşfeden İskoç kimyacı. Bu onu ***periyodik cetvel***deki bir gruptaki elementlerin hepsini bulan tek kişi yapmıştı.

Ramsay 2 Ekim 1852'de Glasgow'da doğdu. Babası mühendis, büyükbabası Glasgow Kimya Derneğinin kurucusu ve bir amcası da je-

oloji profesörüydü. Ailesi bir Kilise görevlisi olmasını umduğundan 1866-69 arasında Glasgow Üniversitesinde klasik eğitim gördü. Ramsay ailesinin fenbilimsel geleneğinden gurur duyduğu için izleyen iki yıl boyunca Glasgow'un kent laboratuarında çalışarak kimya öğrendi. 1873'te kimya doktorasını aldığı Tübingen'de Rudolf Fitting'le (1835-1910) çalıştıktan sonra bir yıl kadar Heidelberg Üniversitesinde Robert Bunsen'in yanında bulundu. Glasgow'a döndüğünde Anderson Kolejinin kimya bölümünde asistanlık yaparken kısa süre sonra üniversitede aynı göreve geçti. 1880'de Bristol Üniversite Kolejinde kimya profesörü oldu. 1887'de de Ondra Üniversite Kolejinde gene kimya profesörlüğüne geçti.

Her ne kadar önceleri organik kimya üzerinde çalıştıysa da Ramsay 1892'de Lord Rayleigh'in çalışmalarından havadan ayırılan azotun kimyasal olarak türetilen azottan daha yoğun olduğunu öğrendi. Rayleigh bunun yapay azota daha hafif bir gazın karıştığı demek olduğunu düşünmüştü, ama Ramsay sebebin havadan çıkarılan azotun önceden bilinmeyen daha yoğun bir gazla karışmış olacağını önerdi. 1894'te bu gazdan bir kabarcık kadar örnek çıkarabilince ve ***William Crookes*** bunu tayf gözlemiyle belirleyince, Rayleigh ve Ramsay, kimyasal olarak her şeyle etkileşmeye olan aşırı isteksizliğinden dolayı "yeni" elemente argon (Yunanca "inert") adını verdiler (bkz. ***kuantum kimyası***). Argonun *atom numarası* 18'dir.

Bu da Ramsay'i yukarıda adları geçen diğer asal gazları da keşfetmeye götürdü. Derken (Güneş tayfında gözlenerek bulunan) helyumun bulunması onu 1903'te Frederick Soddy ile çalışmaya yöneltti. ***Rutherford***'un yardımcılığını yapan Soddy, helyumun, radyumun ***radyoaktif bozunma***sından çıkan ***alfa parçacıkları***nın helyum çekirdekleri olduğunu göstermişti ve bu çekirdek fiziğinin gelişmesinde bir anahtar buluştur.

Ramsay popüler ve arkadaşça birisiydi. Soddy tüm büyük çalışmalarını başka insanlarla işbirliğiyle yaptı. 1902'de şövalye yapıldı ve 1904'te Nobel Kimya Ödülü aldı (Rayleigh'in Fizik Ödülü aldığı yıl). 1912'de emekli oldu ve 23 Temmuz 1916'da High Wycomb'da öldü.

**rasgele yürüyüş//random walk//** Bkz. ***Brown devinimi***.

**Rayleigh, Lord (John William Strutt, Third Baron Rayleigh of Terling Place) (1842-1919)** Britanyalı fizikçi; argon elementini keşfi üzerine 1904 Nobel Fizik Ödülünü aldı (aynı yıl ***William Ramsey*** benzer sebeple Kimya Ödülünü almıştı).

12 Kasım 1842'de Essex, Langford Grove'da doğan Rayleigh yaşama John William Strutt adıyla başlamış ve babasının ölümü üzerine Lord Rayleigh olmuştu (tanındığı ad olarak hep Rayleigh olarak kullanacağız).

Çocukluk ve gençliği hastalıklı olarak geçen Rayleigh hem Eton hem de kısa süreyle Harrow okullarında okudu, ama sağlık durumu yüzünden bırakmak zorunda kaldı. 1857-61 arasında özel öğrenim gördükten sonra Cambridge'e gitti ve 1865'te bitirerek üniversitenin Trinity Kolejinin üyesi oldu; ancak 1868'e kadar ABD'de bulundu. İngiltere'ye döndüğünde Terling Place'deki aile evinde özel laboratuarını kurdu. 1871'de evlenince üyeliğinden çekilmek zorunda kaldı. Bundan kısa bir süre sonra başlayan romatizma krizini atlatmak için (1902-05 arasında başbakanlık yapan Lord Balfour'un kız kardeşi olan) karısı Evelyn ile birlikte bir tekneyle Nil Nehrinde gidip geldi.

Çok ince bir beyefendi ama ciddi bir amatör fenbilimci olan Rayleigh araştırmalarını sürdürdü ve babasının öldüğü 1873 yılında ***Kraliyet Derneği***'ne üye seçildi. Elektromanyetizma, ses ve ışığın davranışlarını inceledi; kırınım şebekeleriyle çalıştı ve gökyüzünün maviliğinin ***John Tyndall***'ın ışığın toz moleküllerinden saçılmasıyla oluştuğuna ilişkin önerisini geliştirdi. Einstein bunun tozlardan değil hava moleküllerinden olduğunu gösterecekti, ama Rayleigh'in fikri doğruydu.

Rayleigh 1879'a gelindiğinde öylesine tanınmıştı ki ***James Clerk Maxwell***'in ardından Cambridge'te Cavendish Fizik kürsüsü profesörlüğüne getirildi. Bu konumda beş yıl kaldı ve özel araştırmalarına döndü; yine de Londra'daki Krallık Fizik Enstitüsündeki (bkz. ***Count Rumford***) sorumlulukları pek az olan doğa felsefesi profesörlüğünü (Tyndall'ın ardından) 1887'den 1905'e dek sürdürdü. Nobel Ödülünü aldığında parayı ***Cavendish Laboratuarı***na ek yapılması için bağışladı. Rayleigh 1900'de Teddington'daki Ulusal Fizik Laboratuarlarının yapılmasına yardımcı oldu; 1908'de de getirildiği Cambridge Üniversitesi rektörlüğünüyse, 30 Haziran 1908'de Withami Terling Place'de ölümüne dek sürdü.

Rayleigh yetkin bir deneyciydi. Yazdığı *Theory of Sound* (Sesin Kuramı) adlı destansı kitap 1877 ve 1878 yıllarında iki cilt olarak yayımlanmıştı. Fenbilimlerinde geniş çapta sağlam katkıları oldu ama en çok argonu keşfi için hatırlanır. Havadan çıkarılan azotun, kimyasal olarak elde edilenden yüzde yarım daha yoğun olduğunu bulmuş

ve 1892'de *Nature* dergisinde bu soruna dikkat çekmişti. Bu William Ramsay'i, Rayleigh'le eşzamanlı sayılacak şekilde argonun keşfine götürmüştü. Keşfi 1895'te birlikte açıkladılar.

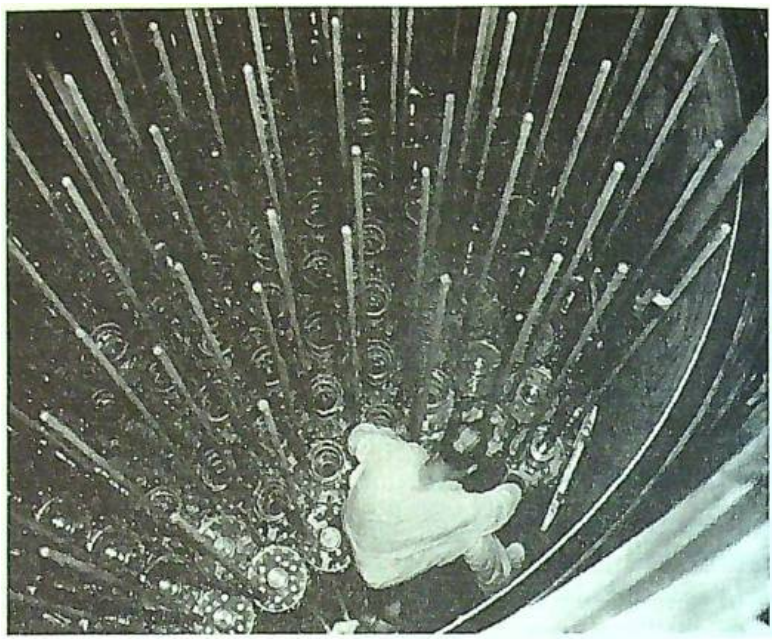
Ama fizikçiler için Rayleigh'in en önemli katkısı 1900'de yayımlanan ***Rayleigh-Jeans Yasası –kara cisim ışınımı***nın dalga boylarındaki dağılımını betimleyen bir denklem– oldu. Bu bağıntı kara cisim tayfını uzun dalga boylarında gerçekçi olarak betimlerken ***Wilhelm Wien*** aynı şekilde çok kısa dalga boylarıyla "genel biçimini" betimliyordu. ***Max Planck*** ise fiziğe ***kuantum*** fikrini getirerek kara cisim eğrisini bütünüyle tam olarak elde edecek yolu buldu.

Erken sağlık sorunlarına karşın Rayleigh yaşlılığında da faal ve uyanıktı ve 76 yaşındaki ölümünden birkaç gün öncesine kadar bilimsel makaleler üzerinde çalıştı.

**Rayleigh-Jeans Yasası// Rayleigh-Jeans Law//** Başta (1900) Rayleigh'in geliştirdiği ve daha sonra (1905) Sir James Jeans'ın (yalnızca momentum uzayının özelliğinden dolayı 8'e bölünmek gereğini göstererek) düzeltme yaptığı ve kara cisim ışınımı tayfının uzun dalga kısmını sağlıklı olarak betimleyen bağıntı. Yasanın önceki yaklaşık biçimleri bilinmekteydi ama bunu incelikli şekle sokan Rayleigh oldu. Bağıntı ışığı klasik dalga olarak ele alır ama kısa dalga boylarında ***morötesi felaketi***'ne götürür.[253] Ama bu kısmı ***Wien yasası*** çok sağlıklı şekilde belirler. Kara cisim ışımasının bu iki uç betimini bağdaştırma gereksinimi ***Max Planck***'ı fiziğe ***kuantum*** fikrini getirmeye yönlendirdi.

**reaktör** Kendi kendini sürdüren ***zincirleme tepkime***de çekirdek ***bölünme***sinden (fisyon) enerji elde eden bir gereç. ***Kaynaşma***ya (füzyon) dayanan reaktörlerin de geliştirilebilmesi umulmakta ama bu henüz becerilemedi.

Bölünme reaktörünün temeli yakıt olarak kullanılan uranyum-235, uranyum-233 ve plütonyum-239 gibi doğal radyoaktif bir maddenin kullanılmasıdır. Bu malzemelerden yeterince büyük bir parçadaki çekirdeklerin bir kısmının ***bozunma***sından çıkan nötronlar diğerlerinin de bozunmasını tetikler. Bu sürecin patlamaya gitmesini önlemek için reaktörde, düzenleyici olarak bulundurulan maddeler çıkan nötronların bir kısmını soğurur. Düzenleyici, su ya da grafit gibi sıradan maddeler olabildiği gibi ***döteryum*** yüklü ağır su gibi sıra dışı maddeler de olabilir. Düzenleyicinin miktarı ayarlanarak (kontrol çubukları) kendini sürdüren zincirleme tepkimenin düzgün olarak ısı enerjisi üretip buhar türbinlerini döndürerek elektrik üretmesi sağlanabilir (ya da kimi gemi ve denizaltıların devinimini sağlayabilir).



*Reaktör: Bir bölünme reaktörünün içi. Reaktör çalışırken çubuklar nötronları soğurarak zincirleme tepkimenin başıboş sürmesini engeller.*

Reaktörler yan ürün olarak nötrinolar, ***radyoizotoplar*** ve başka ***nüklid***ler üretirler.

Reines, Frederick (1918-1998) ABD'li fizikçi; nötrinoyu deneysel olarak saptadığı için 1995 Nobel Fizik Ödülünü aldı.

16 Mart 1918'de Paterson, New Jersey'de doğan Reines, Hoboken, New Jersey'deki Stevens Teknoloji Enstitüsünde (Y. Lis. 1941) ve New York Üniversitesinde (Doktora 1944) okudu. Aslında daha tezini (***sıvı damlası modeli*** üzerinde) yazmayı bitirmeden ayrılarak ***Manhattan Projesi***'nde çalışmak için New York'tan ayrıldı. İzleyen on beş yıl boyunca Los Alamos Laboratuarında grup önderi olarak nükleer patlamaların fiziğini ve etkilerini inceledi. Savannah River Reaktöründe üretilen ***nötrinoları*** (açıkçası karşı-nötrinoları) saptadıkları deneyleri (***Clyde Cowan*** ile birlikte) buradayken yaptılar. Aslında Reines ve Cowan nötrinoları araştırmayı bir nükleer bombanın patlamasından çıkan ışınımlarda aramayı düşünmüşlerdi, ama 1951'de Los Alamos fizik bölümünün başındaki M. B. Kellog bunun yerine reaktörden yararlanmalarının daha elverişli olabileceğini önerdi. Washington'daki Hanford yakınlarında bulunan bir reaktördeki başarısız girişimlerinin ardından Savannah River'dekini öneren ***John Wheeler*** olmuştu.

Reines 1959'da Cleveland'da Case Teknoloji Enstitüsünde fizik profesörü olarak çalışmaya başladı. 1966'da da California Üniversitesi, Irvine'da fizik profesörü oldu. Nobel Ödülü getiren çalışmalarından ayrı olarak pırıldama sayaçları kullanarak temel parçacıkların bulunması için ileri teknikler geliştirdi ve kozmik ışınları imceledi. Irvine'daki grubu 1987'deki süpernova patlamasından gelen nötrinoları gözleyen takımın parçasıydı. Ayrıca ***proton bozunması*** çalışmalarıyla da katılmıştı. Reines uzun bir rahatsızlıktan sonra 26 Ağustos 1998'de Orange California'da öldü.

**renk//colour//** Kuark ve gluonların bir özelliği olup bunların birbirleriyle yeğin kuvvet aracılığıyla etkileşmelerinin şiddetini belirler. Renk, elektrik yükünün yeğin kuvvet eşdeğeridir. Bkz. ***yük***.

**renk kuvveti//colour force//** Bkz. ***gluon kuvveti.***

**renk yükü//colour charge//** Bkz. ***yük, kuantum renkdinamiği.***

**rezonans** Klasik fizikte bir sistemin (örneğin bir gitar teli), uygun frekanstaki bir dış dürtünün tetiklemesiyle doğal titreşim frekansında salınması. Piyanoda, yakınındaki bir gitarın tellerinden birisinin frekansına tam uyan bir tuşa bastığınızda tel çekilmese de rezonansa gelip ses verecektir. Böyle rezonanslar mekanik sistemlerde de olur (motor belli bir hızda dönerken arabaların titremesi ya da eğitilmiş bir şarkıcının çıkarttığı bir notanın bir kadehi kırması), elektrik devrelerinde de ve atomlarda ve moleküllerde de.

Kimyada "rezonans" terimi kimi zaman molekül durumları karışımının, bir bileşiğin aynı atomların iki ya da daha çok düzenlenimiyle oluşmasına da denir (izomer?). Ozon bu tür rezonansın iyi bir örneğidir (bkz. ***kuantum kimyası***).

Parçacık fiziğinde rezonans ***baryon*** ya da ***mezon*** ailelerinin üyesi olan kısa ömürlü bir parçacık olup daha kararlı bir parçacığın uyarılmış bir durumudur. Böyle rezonanslar yeğin etkileşmenin tesiriyle daha kararlı durumlara bozunabilir (bkz. ***doğa kuvvetleri***). Bunların ömürleri $10^{-23}$ s mertebesindedir. Bunu bir perspektive yerleştirirsek $10^{-23}$ saniyenin milyonda bir saniyeye oranı, milyonda bir saniyenin 1000 yıla oranına eşittir. Bunlar doğrudan saptanamazlar ama kimi parçacık etkileşmelerinin oluş hızını etkileyebilirler; varlıklarına ilişkin delil ise ilk kez (fizikçilerin şaşkınlığıyla) erken 1950'lerde Chicago'da Enrico Fermi'nin grubu tarafından bulundu. Ayrıntılı incelenmeleri de 1960'ları buldu.

Rezonansların varlığı proton gibi parçacıkların kuarklardan oluşmuş olmasındandır. Bir atomun uyarılmış duruma çıkması elektronlarından birini (ya da birkaçını) daha yüksek enerjili yörüngesele fırlatacak enerjinin sağlanmasıyla olur; elektron ise çok geçmeden aşağıya "düşer" ve düşerken elektromanyetik enerji salar. Rezonanslar ise hadronların yapılarındaki kimi kuarkların daha yüksek enerjilere fırlatılmasıyla oluşan uyarılmış durumlarıdır. Bunlar pion ya da fazla enerjiyi götürecek kaon gibi parçacıklar salarak bozunurlar. Artık pek çok kısa ömürlü parçacık bilindiğinden "rezonans" terimi bu bağlamda anlamsızlaşmakta.

**Richardson, Owen Williams (1879-1959)** Britanyalı fizikçi; elektronların sıcak yüzeylerden salınmasını (termoiyonik olay adını verdi) inceledi. Bu, elektron tüpleri için ilk adım olup radyo lambaları ve sonra da TV tüplerinin öncüsü olarak "elektronik" disiplinini başlatan gereçti. Bu edimiyle 1929 (aslında 1928'den bir yıl ertelenen) Nobel Fizik Ödülünü aldı.

26 Nisan 1879'da Dewsbury'de doğan Richardson, Cambridge Üniversitesinde okudu ve 1900'de bitirdi (eşzamanlı olarak Londra Üniversitesinden de lisans derecesi aldı) ve Cavendish Laboratuarında araştırma yapmak için orada kaldı, bu arada 1903'te Londra Üniversitesinden doktora aldı. 1906-13 arasında ABD'de Princeton Üniversitesine öğretim verdikten sonra İngiltere'ye dönerek Londra Üniversitesinin King's College'da profesör oldu ve bu görevde 1944'te emekli olana dek kaldı. Birinci *D*ünya Savaşında askeri amaçlı telekomünikasyon çalışmaları yaptı. 1939'da şövalye unvanı verildi ve İkinci Dünya Savaşı sırasında radar çalışmalarında bulundu. Emekliliğinde ise Hampshire'de satın aldığı mandıra çiftliğini işleten Richardson 15 Şubat 1959'da öldü.

**Richardson, Robert Coleman (1937-2013)** ABD'li fizikçi; sıvı helyum-3'ün süperakışkan olduğunu keşfiyle 1975 Nobel Fizik Ödülünü paylaştı.

26 Haziran 1937'de Washington DC'de doğan Richardson Virginia Politeknik Enstitüsünde okudu ve 1958'de lisans, 1960'ta yüksek lisans derecelerini aldıktan sonra doktorasını 1966'da Duke Üniversitesinden aldı. Ardından Cornell Üniversitesine katıldı ve 1975'te profesör olduktan sonra 1990'da Atom ve Katıhal Fiziği Laboratuarının direktörü oldu. 1984'te New Jersey-Murray Hill'deki Bell Laboratuarları araştırma merkezinde konuk profesördü. Richardson'un Nobel Ödülü aldığı çalışma 1971 ve 1972'de Cornell'deyken yapılmıştı. O

sırada araştırma öğrencisi olan ***Douglas Osheroff*** helyum-3'ün çok düşük sıcaklıklarda tuhaf davranışlarını fark etmişti. David Lee ve Richardson ile birlikte Osheroff bunun süperakışkanlığın bir sonucu olduğunu ortaya koydular.

Richardson 19 Şubat 2013'te Ithaca-New York'ta öldü.

**Richter, Burton** (1931-2018) ABD'li fizikçi. ***J/psi parçacığı***nın keşfiyle 1976 Nobel Fizik Ödülünü aldı.

22 Mart 1931'de ABD-Brooklyn'de doğan Richter MIT'de okuduktan (Lisans 1952, Doktora 1956) Stanford'a geçti ve 1967'de profesör oldu. Richter, kendi takımının 1974'te neredeyse eşzamanlı olarak, (Nobel'i paylaştığı) ***Samuel Ting***'in önderliğindeki takımla eşzamanlı olarak ***J/Psi***'yi keşfine götüren ***SPEAR*** hızlandırıcısının yapılmasının ardındaki itici güçtü. 1984'te SPEAR'in başına getirilen Richter, 18 Temmuz 2018'de Palo Alto'da öldü.

**Röhrer, Heinrich** (1933- ) İsviçreli fizikçi. Tünellemeli elektron mikroskobunun keşfindeki katkısı dolayısıyla 1986 Nobel Fizik Ödülünü paylaştı.

6 Haziran 1933'te St. Gallen-Buchs'ta doğan Röhrer, Zürih'de Federal Teknoloji Enstitüsünde (ETH) okudu ve ilk derecesini 1955'te süperiletkenlik üzerindeki bir araştırmayla aldığı doktorasını 1960'ta aldı. 1960'tqn 1963'e kadar New Jersey'deki Rutgers Üniversitesinde çalıştıktan sonra IBM Araştırma Laboratuarında çalışmak üzere Zürih'e döndü. Nobel Ödülüne götüren çalışmayı burada ***Gerd Binning*** ile birlikte yaptılar. Binning 16 Mayıs 2013'te Wollerau'da öldü.

**Röntgen ışınları//Röntgen rays//** ***X-ışınlarının eski adı.***

**Röntgen, Wilhelm Conrad** (1845-1923) Alman fizikçi; X-ışınlarının keşfiyle 1901'de ilk kez verilen Nobel Fizik Ödülünü aldı.

27 Mart 1845'te Lennep'te doğan Röntgen, önce Hollanda'da (Annesi oralıydı), sonra da 1869'da doktorasını alacağı Zürih'de Federal Teknoloji Enstitüsünde (ETH) okudu. ETH'dayken August Kundt'tan (1834-94) etkilendi ve onun peşinden önce Würzburg Üniversitesine sonra da 1872'den 1874'e kadar Strasbourg Üniversitesine giderek asistanlığını yaptı. Sonra orada 1874-5'te doçent olarak bulunup bir yıl Hohenheim'da kalarak Strasbourg'a fizik ve matematik profesörü olarak döndü ve Würzburg üniversitesine fizik profesörü olarak geçeceği 1879'a kadar kaldı. 1900'de Münih'deki Ludwig-Maximilian Üniversitesine fizik profesörü olarak atanarak oradan 1920'de emekli olan Röntgen, 19 Şubat 1923'te Münih'de öldü.

Röntgen fizikte çeşit çeşit problem üzerinde çalıştıysa da en çok, X-ışınlarını Würzburg'dayken 1895 Kasım'ındaki keşfiyle hatırlanır. Bu onun, bir yıl önce bir ***Crookes tüpü*** kullanarak başladığı flüoresans üzerindeki araştırmalarından filizlenmişti. Her ne kadar bu keşifte şansın biraz payı varsa da Röntgen birinci sınıf bir deneysel fizikçiydi ve keşfettiği olguları hemen ve derinliğine incelemeye girişirdi.

**Rubbia, Carlo (1934- )** İtalyan fizikçi; CERN'de başında bulunduğu büyük bir araştırmacı takımının 1983'te W ve Z parçacıklarının keşfine götüren çabalarının tanınmasıyla 1984 Nobel Fizik Ödülünü paylaştı.

31 Mart 1934'te doğan Rubbia, Pisa'daki Scuolo Normale Superiore'de ve Pisa Üniversitesinde okudu ve doktorasını 1957'de aldı. Araştırma görevlisi olarak ABD Columbia Üniversitesine katılmadan önce iki yıl Pisa'da kaldı. 1960'ta Roma Üniversitesine katıldı ama 1962'ye kadar kalarak görevini ***CERN***'de sürdürürken bunu 1972'den 1988'e kadar Harvard Üniversitesinin fizik profesörlüğüyle birlikte yaptı. 1989'dan 1993'e kadar CERN'in genel direktörlüğünü yaparken LEP ve BHÇ projelerini başlatıp sürdüren Rubbia Ağustos 2013'te yaşam boyu İtalya Cumhuriyeti senatörü olarak atandı.

**Rumford, Kont (Benjamin Thompson) (1753-1814)** Amerika doğumlu fizikçi; ısının bir devinim tarzı olduğunu kanıtlamıştı.

26 Mart 1753'te Woburn-Massachussets'de doğan Benjamin Thompson bir çiftçinin oğluydu. Öğretmen oldu ve Rumford (sonradan Concord)-New Hampshire'e taşındı ve 1772'de 19 yaşındayken kendinden çok yaşlı zengin bir dulla evlendi. Britanya'nın 2. New Hampshire Alayında binbaşı olarak görev yaparken o sırada bağımsızlık için çırpınan (Britanya kolonisi olan) Amerikalı yoldaşlarıyla problemler başladı; bu, başta Thompson'u Britanyalılardan ayıracak gibiydi ama sonunda onlarla birleşti ve Amerikan Bağımsızlık Savaşı arifesinde Krallık için gizli ajanlık yaptı. 1776'da Londra'ya kaçmak zorunda kaldı (bir yıl önce karısını ve bebek kızını terk etmişti).

Thompson İngiltere'de kaldığı altı yılda barutla ilgili bir seri deney yapıyordu. Bir fenbilimci olarak ününün sebebi değişik barut türlerini ve bunların değişik toplardan atılacak güllelere uygulayacakları kuvvete ilişkin çalışmalarıydı. Bu onun 1779'da Kraliyet Derneğine Üye seçilmesine yol açmıştı. 1780'de 27 yaşında Koloniler Bakanlığına Bakan Yardımcısı oldu. 1782'de yarbay olarak New York'taki alaya gitti, ama savaşın sonunda Avrupa'ya döndü. 1783'te albaylığa yükseldi ve

İngilizler 1784'te şövalyelik verdi. Aynı yıl Bavyera'ya taşındı. Birkaç yıl bakanlık yaptı. Bavyera'da yaptığı birçok iş arasında orduya reform, Mannheim çevresindeki bataklıkların kurutulması, yerel tarıma patates getirilmesi ve Yoksullar Yasası sisteminin getirilmesi sayılabilir.

Thompson, Bavyera'da devlet işlerinin yanı sıra ısının doğasını inceledi ve kendi sosyal mühendislik deneylerini sürdürdü. Savaş Bakanlığı yetkisiyle, dilencileri üniforma üretiminde çalıştırırken askerleri de çorba yapılan sebzelerin yetiştirildiği tarlaların bakımında kullandı. Kahve içilmesini (alkol almak yerine) özendirmeye çalışırken de ilk perkolatörü icat etti. Isıyla ilgisi etkin yalıtım sağlayan daha iyi üniformalar tasarımına götürürken bahçeciliğe olan ilgisi ise Münih'teki ünlü Englischer Garten'in (İngiliz Bahçesi) kurulmasına götürdü.

1791 Bavyera'daki devlet görevleri onuruna Kutsal Roma İmparatorluğu Kontu yapıldı. Kendisi halen Kont Rumford olarak ve en çok anıldığı çalışmayla bilinir. Bu çalışmayı Bavyera'da top yapımıyla ilgilenirken yapmıştı. Bunda toplar silindirik metal bloklarının uygun bir deliciyle oyulmasıyla yapılıyordu. Bu sırada metal aşırı ısınmakta ve blok ile çıkan malzemenin toplam kütlesinde bir değişme olmazken çıkan ısı miktarının, oyarken yapılan işle ilişkili olduğu anlaşılıyordu. Bu da ısının, düşünüldüğü gibi bir akışkan ("kalorik") bir enerji türü olduğu değil, bir tür enerji olduğunu gösteriyordu. Bu, 19. yüzyıl ilerleyinceye dek hemen yaygın bir kabul görmedi.

Rumford fenbiliminin özendirilme ve tanıtımına çok hevesliydi. 1796'da Kraliyet Derneği ile Boston Beşeri ve Fen Bilimleri Akademisinin vermeleri için Rumford Madalyası denilen ödüller başlattı. Bu ödüller hâlâ ışık ve ısıyla ilgili fenbilimleri alanlarındaki önemli edimler için verilmektedir. Rumford 1798'de Bavyera'dan ayrıldı ve Londra'ya dönerek 1800'de Kraliyet Kurumunu kurdu ve şahsen başına konferansçı olarak Humphrey Davy'yi koydu. Bir de mutfak fırınını ("kutudaki ateş") icat etti. İki yıl sonra, Kıta Avrupası'nda da bir yıl gezdikten sonra Paris'e taşındı; orada ***Antoine Lavoisier***'in dul karısıyla evlendi (Rumford'un karısı 1792'de ölmüştü); ama ilk evliliğindeki gibi bu da yürümedi ve çift 1809'da ayrıldı. Rumford 21 Ağustos 1814'te Paris yakınlarında Aueuil'de öldü. Vasiyeti, Harvard Üniversitesindeki Rumford Kürsüsünün kurulmasını da içeriyordu.

**Ruska, Ernest August Friedrich** (1906-1988) Alman elektrik mühendisi; elektron mikroskobunu geliştirme çalışması için 1986 Nobel Fizik Ödülünü aldı.

25 Aralık 1906'da Heidelberg'de doğan Ruska Münih Teknik (1925-27) Üniversitesinde ve Berlin'de okuyarak Berlin Teknik Üniversitesini 1931'de mühendis olarak bitirdi ve 1934'te doktorasını aldı. 1928-29'da lisansüstü öğrencisi iken yaptığı ***elektron***un dalga olarak davranışını sağlamlaştıran deneysel çalışmanın ardından sıcağı sıcağına 1931'de Dr. Max Knoll ile birlikte elektron mikroskobu denilebilecek bir gereç geliştirdiler, bu ancak 17 kere büyültüyordu. Çözünürlüğü optik mikroskoptan daha iyi bir elektron mikroskobunu (kendi başına) yapmayı başarması 1933'ü buldu.

Ruska 1930'larda televizyonun gelişmesiyle ilgili çalıştı ve 1937-55 arasında Berlin'de Siemens & Halske şirketindeydi. Sonra da 1972'de emekli olana dek Fritz Haber Enstitüsünde Elektron Mikroskobisi Enstitüsünün direktörlüğünü yaptı. Bu çalışmaları sırasında 1949'da Berlin Özgür Üniversitesinde ve 1959'dan sonra da Berlin Teknik Üniversitesinde profesörlüğe atanmıştı. Meslek yaşamının büyük kısmını elektron mikroskobunun daha da geliştirilmesine hasretti.

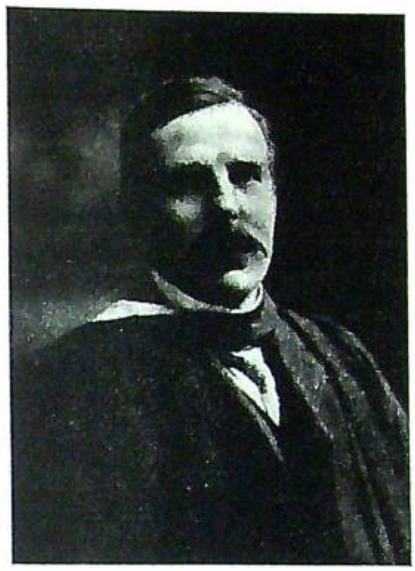
17 Mayıs 1988'de Berlin'de öldü.

**Rutherford, Ernest (Baron Rutherford of Nelson) (1871-1937)** Yeni Zelanda doğumlu Britanyalı fizikçi. Atomun yapısı ve radyoaktiflik üzerinde birçok öncü araştırmalar yaptı ve 1908 Nobel Fizik Ödülünü aldı; o sırada Nobel Komitesi Rutherford'un çalışmaları için en uygun dalın kimya olduğunu düşünmüştü. Ama ödül epeyce gülümsemeye sebep oldu çünkü Rutherford kimyayı fenbilimi olarak hep küçümseyip "fenbilimi ya fiziktir ya da pul biriktirme" demişti.

30 Ağustos 1871'de Yeni Zelanda'da Nelson yakınlarında Spring Grove'da (sonradan Brightwater) doğan Rutherford 1892'de Christchurch, Canterbury Kolejini Genel Lisans derecesiyle (BA) bitirdi sonra fene geçti ve 1893'te fizik ve matematikten yüksek onur derecesiyle yüksek lisansını (MA) tamamladı. Aynı yerde bir yıl daha kalarak araştırma yaparken (geçimini bir burs ve öğretmenlikle sağlamıştı) 1894'te fizik lisans derecesi (BSc) aldı.[254] Bu sırada demirin manyetik özelliklerine ilgi duyarak bunu şimdi yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalarla inceledi (***Heinrich Hertz***'in radyo dalgalarını keşfinden yalnızca altı yıl sonra!); bu amaçla bu dalgaları saptamak için duyarlıklı bir dedektör (ilk radyo alıcılarından birisi) yapmıştı Bu çalışma üzerine yayımladığı iki makale ona İngiltere'de araştırma yapmak için burs sağladı.[255]

Rutherford 1895'te İngiltere'ye giderek Cambridge'teki ***Cavendish Laboratuarı***nda, ilk uzun erimli (yani laboratuarın dışına) telsiz ya-

yını olarak kabul edilen işi başardı ve 3 km kadar uzağa erişti. Ama laboratuarın başındaki ***J. J. Thomson***'un etkilemesiyle bu tür işleri bırakarak ***atom fiziği***ne yoğunlaştı. 1898'de ise Kanada'ya giderek Montreal'daki McGill Üniversitesinde fizik profesörü olarak radyoaktiflik üzerindeki öncü çalışmalarını yaptı. 1907'de İngiltere'ye dönüp Manchester Üniversitesine katılarak atom *çekirdeği* ve de ***elementlerin dönüşümleri*** üzerindeki keşiflerini gerçekleştirdi.



*Ernest Rutherford (1871-1937)*

Rutherford Birinci Dünya Savaşı sırasında Manchester'dan geçici görevle ayrılarak Deniz Kuvvetlerinde görev yaparken dalış halindeki denizaltıları bulma teknikleri üzerinde çalıştı. 1919'da Thomson'un yerine Cavendish Laboratuarının başına geçerek 19 Ekim 1937'deki ölümüne kadar çalıştı.

Rutherford'un Cambridge'te Thomson'un güdümündeki ilk çalışmaları ***Wilhelm Röntgen***'in henüz yeni keşfetmiş olduğu X ışınlarının gazlar üzerindeki etkileriydi. Bunun ardından 1897'de, ***Henri Becquerel***'in yeni bulduğu radyoaktifliğe geçti ve iki tür ışınım bularak bunlara ***alfa ışınımı*** ve ***beta ışınımı*** adlarını verdi; 1903'te ise 1900'de Paul Villard'ın bulduğu ışınımlara ***gama ışını*** adını verdi. Rutherford Montreal'de ***Frederick Soddy*** ile birlikte radyoaktif bozunmanın, bir atomun kendiliğinden parçalanarak farklı bir elementin atomlarını oluşturduğunu buldular ve salınan ışınımın şiddeti ile radyoaktif maddenin yarıömrü arasındaki ilişkiyi buldu. Bertram Boltwood (1870-1927) ile birlikte de ***radyoaktif serile***rin incelenmesinde öncülük ederken ***radyoaktif tarihleme***yi icat ederek Dünya'nın kabuğundaki kimi kayaların bir milyar yıldan daha yaşlı olduğuna ilk delillerden birisini sağladılar. Alfa ışınımın uzun süren incelenmesi 1908'de sonuna vardı: Rutherford İngiltere'ye dönüşünden sonra alfa parçacıklarının iki birim artı yük taşıyan –yani iki eksi yüklü elektronunu *yitirmiş*– helyum atomu olduğunu bulmuştu.

Rutherford ***Hans Geiger*** ve Ernest Marsden'e yaptıracağı ve atomun çekirdekli modeline götürecek deneyi 1909 önerdi. Sonucu

1911'de açıkladı (atomun nüvesini betimlemek için "çekirdek/nucleus" terimini ilk kez 1912'de kullandı). 1912 ve 1913'te ***Niels Bohr***, Manchester'a, Rutherford'un yanına gitti ve çekirdekli atomun ***Bohr modeli***ni orada akıl etti.

Savaş işlerinin ardından Rutherford 1919'da, bir alfa parçacığının bir azot çekirdeğine çarpmasının azot çekirdeğinin parçalanarak bir hidrojen ve bir oksijen çekirdeği oluşturduğunu, yani bir elementin bir diğerine yapay olarak dönüştüğünü göstererek fiziğe en son büyük doğrudan katkısını yaptı. Cavendish'in başı olarak, ***John Cockroft*** ve ***Ernest Walton***'un 1932'de yaptığı –aynı yıl Cavendish'ten ***James Chadwick***, Rutherford'un 1920'de önsöymüş olduğu ***nötron***u keşfetmişti– ilk parçacık ***hızlandırıcı***sının yapımında destekçi oldu. 1934'te ise Rutherford'un güdümündeki bir takım, döteryumu döteronlarla bombardıman ederek trityum oluşturdular. Bu, yapay çekirdek ***kaynaşması*** tepkimesinin de ilk örneği olarak düşünülebileceği gibi bu kaynaşma Cockroft ve Walton'un öncü "atom parçalama" deneylerinde esaslı bir ara adım olarak ele alınabilir.

Hem kendi elleriyle hem de yönetici olarak tüm edimleri için Rutherford modern çekirdek fiziğinin babası olarak düşünülür. Etkileyici ve açık yürekli bir kişiliği vardı, çok beğenilir (ve de saygı görür) ve üstün bir takım önderiydi. 19 Ekim 1937'de Cambridge'te öldü.

**Rutherford modeli** Bkz. ***atom fiziği***.

**rübidyum-stronsiyum tarihlemesi// rubidium-strontium dating//** Bkz. **stronsiyum tarihlemesi.**

**Rydberg sabiti//Rydberg constant//** Bkz. ***Rydberg, Johannes Rober.***

**Rydberg, Johannes Robert** (1854-1919) İsveçli fizikçi; elementler için tayflarının frekansları arasındaki ilişkiyi belirleyecek matematiksel bağıntıyla ilgisi ve bununla ilgili, onuruna Rydberg sabiti denilen katsayı ile tanınır.

8 Kasım 1854'te Halmstad'da doğan Rydberg Lund Üniversitesinde okuyarak 1875'te matematik lisans, 1879'da doktora derecelerini aldı. Çalışma yaşamını orada sürdürerek 1897'de fizik profesörü oldu (görev 1901'de sürekli oldu). 1919'da emekli olduktan bir ay sonra 28 Aralık'ta öldü.

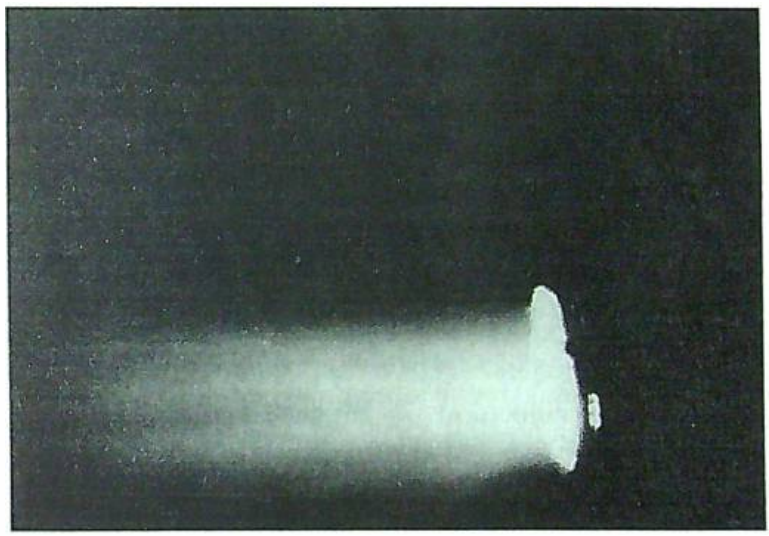
Rydberg'in çalışması periyodik cetvele olan ilgisinden ve ***Dmitri Mendelyev***'in bulduğu örüntülerin atomun yapısıyla ilintisi olması gerektiğine olan inancından kaynaklanıyordu. Büyük edimi, çoğu başka araştırmacılarca elde edilmiş bir kütle tayf ölçümü verileri to-

parlayarak bunları bir düzene sokmaktı. Bu, hidrojenin ***Balmer serisi*** için daha genel bir çerçeve sağladı. Her ne kadar bu sırf bir empirik keşif olup, Rydberg bulduğu örüntülerin fiziksel temeline ilişkin fikri olmasa da daha sonra ***Niels Bohr***, kendi atom modeliyle hidrojenin tayf çizgileri arasındaki ilişkileri tamı tamına açıkladı. Rydberg, atom numarası fikrinin de bir erken destekçisiydi.

Bkz. *tayf ölçümü*, ***Balmer***.

**sabit hedefli makine//fixed-target machine//** Parçacıkları karşılıklı iki huzme olarak çarpıştırmak yerine bir parçacık huzmesini belli bir hedefe gönderen bir parçacık hızlandırıcısı.

**saçılma//scattering//** Dalga ya da parçacıkların bir engele çarpıp dağılmasına verilen genel ad. 20. yüzyılın başlarında atomun çekirdekli yapısını ortaya çıkaran, ***alfa parçacıklarının*** altın *çekirdeklerinden* saçılması, fotonların gerçekliğini kanıtlayan ise yirmi yıl kadar sonra ışığın esnek olmayan saçılmasıydı. Parçacık saçılmaları hızlandırıcı deneylerinde –hadronların içlerindeki yapının bulunmasında da (bkz. ***kuarklar***)– başlıca gereç olmayı sürdürüyor.



***Saçılma.*** *Bir ışık huzmesinin sudan geçerken görünebilmesinin sebebi sudaki parçacıkların ışığın bir kısmını yanlara saçmasıdır. Su iyice temiz olsaydı huzme yandan bakınca görünmeyecekti.*

Terimin az değişik kullanılışında ışığın da pürüzlü yüzeylerden yansımak yerine saçılmasından sözü edilebilir; gelen fotonlar uyumlu bir bütün desen yerine değişik açılara yansırlar. Yani her bir fotonun

yansıdığı söylenebilirse de sonuç bütünüyle gelen ışığın gelişigüzel saçılmasıdır. Gökyüzünün mavi oluşunu yapan işte ışığın bu türlü saçılmasında mavi fotonların atmosferde kırmızılardan daha kolay saçılmasıdır.

**sağanak//shower//** Atmosferin yükseklerinde birincil bir kozmik ışının atmosferdeki bir atom çekirdeğine çarpmasıyla oluşan bir yüksek enerjili parçacık sürüsü. Sağanaktaki ikincil kozmik ışınlar çarpışma yerinden başlayarak dar bir koni içine açılır.

Terim, bir hızlandırıcıda yüksek enerjili parçacıklar hedefe vurduğunda oluşturulan bir parçacık püskürüğünün betiminde de kullanılır.

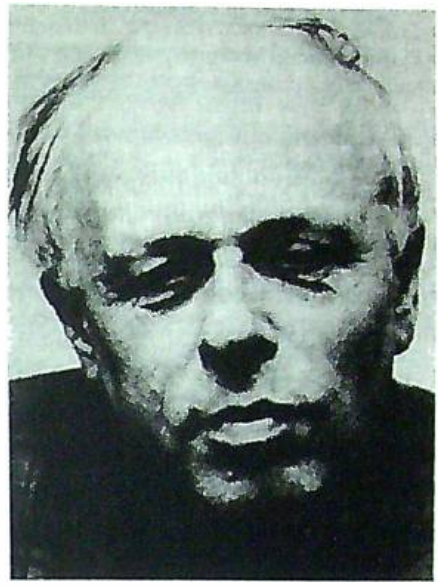
**Sakharov, Andrei Dimitriyeviç (1921-1989)** Rus fizikçi 1970'lerde ve 1980'lerde Sovyet rejimine karşıtlığıyla tanınmıştı (1975'te nükleer testlerin yasaklanma antlaşması için çabaları dolayısıyla Nobel Barış Ödülü verildi) ama önceleri Sovyet hidrojen bombası yapımı çalışmalarının önderiydi. Fiziğe yaptığı diğer birçok katkı arasında 1960'larda Büyük Patlamadaki madde oluşumu için mekanizma (***karşı-madde*** yerine) önermesi bulunuyor. O sırada bu önerinin pek farkına varılmadı ama 1980'lerde Büyük patlamanın standart modeli için köşe taşı oldu.

Sakharov, 21 Mayıs 1921'de Moskova'da doğdu, bir fizik öğretmeninin oğluydu ve 1938'de Moskova Devlet Üniversitesinde fizik okumaya başladı ama Hitler'in orduları Rusya'yı işgal ettiğinde bölüm Aşkabad'a taşındı ve 1942'de bitirdi. Ardından Volga kıyısındaki Ulyanovsk'daki silah fabrikasında üç yıl mühendis olarak çalıştı.

1945'te Sakharov, Leningrad'daki Lebedev Enstitüsüne girdi ve ***Igor Tamm*** ile ***kozmik ışınlar*** üzerinde çalışarak 1947'de doktorasını tamamladı. Tamm ile çalışmayı sürdürerek hem sivil hem de askeri (hidrojen bombası için) amaçlarla çekirdek kaynaşması problemi üzerinde çalışarak kaynaşma reaktöründe plazma tutulması için "manyetik şişe" kullanılması önerdiler. Bu kaynaşma reaktörleri için en umut verici tasarımlardan birisi olan Tokamak'ın geliştirilmesine götürdü. 1953'te Sovyet Bilimler Akademisine seçilen en genç kişi olmasına karşın 1960'lara gelinirken bir yandan test yasaklama antlaşması ve insan hakları için kampanya yaparken bir yandan da kurulu düzenden gittikçe uzaklaşıyordu. 1958 ile 1965 arasında bilimsel makalesi olmadı ama Sovyet eğitim sistemine reform getirmekte etkili olmuştu. Bu, fizikçi ve matematikçilerin (en verimli oldukları genç yaşlarda) üniversiteye erken girmesini teşvik ederken Trofim Lysenko'nun (1898-1976, yaşam bilimlerindeki Sovyet çalışmalarında Stalin'in ve

Nikita Khrushchef'in gözdesiydi) tuhaf biyolojik fikirlerinin etkisinden kurtarmaya uğraşıyordu.

Sakharov kısmen erken yaptıklarının maksatlı reddi olarak kozmoloji gibi siyasetten uzak bir alanla gittikçe daha çok ilgileniyordu. Ayrıca ***kuark*** kuramı üzerinde de çalıştı ve bir ***kuantum kütleçekim*** kuramı geliştirmeye girişti. Sakharov Büyük Patlamadan önce ne vardı sorusuna takılmış, ayrıca da Evrende büyük miktarda ***karanlık madde*** olabileceğini ilk önerenlerden (1969) birisiydi.



*Andrei Sakharov (1921-1989)*

Ama Sakharov'un kozmolojiye en önemli katkısı kuşkusuz baryon simetrisizliğini –Evrenimizdeki maddenin, eşit miktarlarda baryon/karşı-baryon karışımından değil sırf baryonlardan oluşması– incelemesiydi. Sorun şu ki madde *D*ünyamızda sırf enerjiden oluşturulduğunda (parçacık ***hızlandırıcı***ları kullanılan deneylerde) her parçacığa karşı-madde karşılığı eşlik ediyor. Örneğin bir ***elektron***"yapmak"için bir de ***pozitron*** yapmak gerekir. Ama Büyük Patlamada madde ve karşı-madde eşit miktarlarda yapılsaydı tüm parçacıklar ve karşı-parçacıkları bir şekilde karşılaşıp birbirlerini yok ederek artlarında sırf ***elektromanyetik ışınım*** bırakırlardı. Hepimiz baryonlardan yapıldığımızdan, var oluşumuz Büyük Patlama karşı-baryondan daha fazla baryon üreterek yok oluş bittikten sonra yıldızları, gökadaları, gezegenleri ve insanları oluşturacak azıcık fazla madde bırakmış oluyor.

Sakharov 1967'de yayımlanan makalede fizik yasalarında minicik bir simetrisizlik olduğunu ve bunun Büyük Patlamayı güden koşullar altında her bir milyar karşı-baryona karşılık bir milyar + bir baryon oluşturulmuş olmalı. Bizler yok olmamış milyarda bir parçacığın bazılarından yapılmışız; geri kalanlar (tüm karşı-parçacıklarla birlikte) kozmik ardalan ışınımına dönüşür.

Ama bu, yalnız soğuma sürecinde olan (dolayısıyla içinden gelen bir ***zaman oku*** olan) sıcak bir Büyük Patlamada olabilirdi. Bu, Evrenin enerji yoğunluğu azalırken dört doğa kuvvetinin birbirlerinden ayrılış şekliyle ilişkilidir (bkz. ***büyük birleşik kuramlar***). Sakharov zamanı-

nın çok ilerisindeydi. Yaptığı iş hakkettiği ilgiyi ancak 1978'de benzeri bir modeli Japon fizikçi Motohiko Yoşimuro bağımsız olarak geliştirdiğinde gördü. Sakharov'un, bugün Evrende maddenin var olması için gerekenleri açıklayan ve büyük birleşik kuramlar geliştirilmeden önce gelen ve de yalnızca sıcak bir Büyük Patlamanın varlığı için güçlü kuramsal savları değil ardalan ışınımının şiddeti asıl (doğru!) önsöyümü (her baryon için kabaca bir milyar foton) sağlayan içgörüsü, gerekliliklerı tek başına Nobel Ödülü hakkettiği gibi bütün kozmolojinin en zekice içgörülerinden biriydi. Ama her ne kadar geri kalan yaşamında baryon simetrisizliğini incelemeye tekrar tekrar döndüyse de Sakharov fikrin tanınmasıyla uğraşmak yerine dikkatini 1970'lerin daha etkin siyasi sorunlarına yöneltip durduğundan problemden uzaklaştı.

1980'de muhaliflerin baskılanmasının bir uygulanması olarak Sakharov Gorki kentine sürgün edildi. Orada karısı Yelena Bonner'in tıbbi işlemler amacıyla Sovyetler Birliği'nden ayrılmasına izin çıkartmak için tekrar tekrar açlık grevi yaptı. Bu ve başka fenbilimcilerden yalıtık olmasına karşın çalışmayı sürdürdü ve (başka şeylerin yanı sıra) buharlaşan ***kara delik***lerin özellikleri üzerine önemli kozmoloji makaleleri yayımladı. Aralık 1986'da Mikhail Gorbaçev tarafından salıverildi ve SSCB'de insan hakları için kampanyaları yeniledi. Bir yandan kozmoloji ve özellikle baryon simetrisizliğinin kökeni üzerine çalışıyordu. 1989'da, 14 Aralıkta Moskova'daki ölümünden kısa bir süre önce Halkın Vekilleri Kongresine seçilmişti.

Ek okuma: John Gribbin, *In search of the Big Bang*.

saklı değişkenler//hidden variables// Kuantum kuramının bir yorumu (ya da bir yorumlama ailesi). Kuantum mekaniğinin tüm sıradan tarzlarının tamamlanmamış olduğunu ve dünyaya ilişkin ek bilgi içeren bir alt gerçekliğin (bir tür kuantum-altı dünya) bulunduğu varsayımına dayanan bir yorum (ya da bir yorumlar silsilesi). İşte bu ek bilgi saklı değişkenler şeklindedir. Eğer fizikçiler bu saklı değişkenlerin değerlerini bilselerdi belli ölçümlerin sırf olasılıklarını değil, kesin sonuçlarını önsöyebileceklerdi.

İşe yarar bir benzeşim iyice karıştırılmış bir deste oyun kartıyla kartlar birer birer açılarak kurulabilir. Olasılık kuramı, dağıtım sırasında kartların belli bir sırayla çıkma olasılığını verir. Ama kartların sırasına önceden bakıldıysa dağıtımda her kartı hangisinin izleyeceğini kesinlikle "önsöymek" mümkündür. Aslında kartların sırası biz bilmesek de tam olarak belirliydi. Kuantum mekaniğinin genelde hâlâ öğretilmekte olan şekli olan ***Kopenhag yorumu*** ise kuantum deneyle-

ri düzeyinde durum, kart açılıp bakılana dek sanki hiçbir kartın bir değeri *yokmuş* gibi olmasıdır. Sırf herhangi bir kartın çıkma olasılığı vardır ve bu, kartlar açıldıkça değişir (daha fazla gözlem yapıldıkça).

Tabii ki gerçek oyun kağıtlarının böyle davrandığını söylemiyoruz. Ama bunlar elektronlar gibi bir kuantum varlığıymışçasına benzeşime daha ayrıntılı bakalım. İlk açılan kart karo üçlüsü olsun. Bu, olasılıkları şöyle etkiler. Kartı açmadan önce onu açmanın olasılığı 52'de 1, kırmızı çekmenin şansı 2'de 1 (52'de 26), karo açma şansı 4'te 1 (52'de 13) vb. Karo üçlüsünü ayırdıktan sonra ise yalnız 51 olanak kalıyor. Bir sonraki kartın karo üçlüsü olma şansı sıfır, kırmızılı 25/51, karo 12/51 vb. Kopenhag yorumu bunların tam anlamıyla olasılık olduklarını ve tepede açılmayı bekleyen kartın ne olduğunun önceden belirlenmiş olmadığını söyler. Saklı değişkenler kuramı ise kartın belli bir değeri olduğunu ama bizim bunu bilmediğimizi söylüyor. Her iki durumda da olasılık değerleri aynı çıkar. Böyle sunulduğunda saklı değişkenler fikri sağduyuya çok daha uygun düşüyor. Peki, öyleyse niçin daha yaygın olarak öğretilmiyor?

Uzun yıllar saklı değişkenler kuramı çoğu fizikçi tarafından yok sayıldı, büyük ölçüde matematikçi ***John von Neumann*** bunların kuantum fiziği dünyasında işe yaramayacağını gösteren bir kanıt ortaya koyduğu için. Buna karşın ***David Bohm***, aklı von Neumann'ın yanıldığına yattığından saklı değişkenler üzerinde çalışmayı sürdürdü, ama yanılgının nereden geldiğini gösteremiyordu. En sonunda matematikçi ***John Bell***, von Neumann'ın savının mantığı doğru olsa da bütünüyle temeli olmayan bir varsayıma dayandığını gösterdi. Yani aslında saklı değişken fikrinin göz ardı edilmesi için matematiksel ya da mantıksal bir sebep yoksa da göreceğimiz gibi kimilerinin fikre ayak sürümesi için bir sebep var.

Bu işin soyu ***Werner Heisenberg***'in, kuantum parçacıklarını ereklerine güdecek hipotetik pilot dalga fikrine kadar gider (***Louis de Broglie'ün*** de kuantum dünyası için benzeri bir fikri vardı ama Niels Bohr'un, Kopenhag yorumu için yaptığı sıkı kampanyadan dolayı terk etmişti). Bu, Bohm ve çalışdaşlarınca işlenerek canlı tutuldu. Saklı değişkenler kuramının birçok kişiyi rahatsız eden yanı, anahtar niteliği olan aslında yerel olmayışıdır. Bu, dünyanın bir yerinde olanların pilot dalgayı dünyanın her yerinde *anında* etkilemesi demektir. Bu görüşe göre çift yarık deneyinde bir yarıktan geçen bir elektronun diğer yarıktan ve onun açık mı kapalı mı olduğundan "haberi olabilir;" çünkü pilot dalga deneyin bütünüyle kurulmuştur. Ama saklı değiş-

kenler kuramının bu yerel olmayışının biricik olmadığı ortaya çıktı: Bell, gösterdi ve ***Aspect deneyi*** yerel olmayışın kuantum dünyasının bütünsel bir parçası olduğunu onayladı. Kuantum kuramının; elektron gibi varlıkları, onlara bakılmadığında bile var olan gerçek nesneler olarak ilgilenen her türlü biçimi kendiliğinden yerel olmayandır. Dolayısıyla bu fikirler 1990'larda, öncesine göre daha çok fenbilimci tarafından daha ciddi olarak ele alınmaktadır.

saklama halkası//storage ring// Kimi ***hızlandırıcı***larda parçacıkları çarpışmalarda doğru zamanda kullanmak amacıyla içinde tutmak için kullanılan bir sistem. Parçacıklar yüksek enerjilere hızlandırılıp manyetik alanlarla güdülerek halkalarda dolanıp dururlar. Klasik saklama halkası sisteminde iki halka bulunur. Bunlardan birisinde elektronlar, diğerinde de pozitronlar, kafa kafaya çarpıştırılana kadar zıt yönlerde dolanırlar.

Salam, Abdus Bkz. ***Abdüsselam, Muhammed***

sanal çiftler//virtual pairs// ***Vakum***da ***kuantum çırpıntıları***ndan oluşan ***elektron*** ve ***pozitron*** gibi parçacık/ karşı-parçacık çiftleri.

sanal foton//virtual photon// Bkz. ***sanal parçacıklar.***

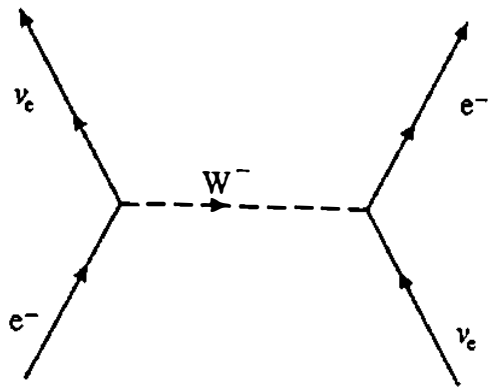
sanal kuantum//virtual quantum// Bkz. ***sanal parçacıklar.***

sanal parçacıklar//virtual particles// İki türlü sanal parçacık bulunuyor.

Bir türü ***vakum***dan ***kuantum çırpıntıları***yla oluşan parçacıklardır. Böylesi birçok parçacık, Evrenin elektrik yükü gibi var olan özelliklerinin dengesini korumak için yalnız ***sanal çiftler*** içinde oluşabilir. Ama bu ***korunum yasaları***yla kısıtlanmamış parçacıklar, özellikler fotonlar bir ayna simetriği karşılıkları olmadan oluşabilirler.

Bir Feynman diyagramının kavşaklarında kavuşan parçacıklar da sanal parçacıklar olup, "gerçek" parçacıkların etkileşmelerinde kilit önemleri olduğu halde doğrudan hiç gözlenemezler. Örneğin bir elektronun bir nötrinoyla etkileşmesi, saldığı bir sanal $W^-$ parçacığını, nötrinonun soğurmasıyla olur. Etki, nötrinonun elektrona, elektronun da nötrinoya dönüşmesidir. Böylece yük ve diğer özellikler de korunur. Ama bu sanal $W^-$'ye bu gezintisinde eşdeğer bir karşı-parçacığın eşlik etmesi gerekmez (gerçekten de eğer gerekseydi etkileşme özgün parçacıkları oldukları gibi bırakırdı).

Elektromanyetik etkileşmelerde yüklü parçacıkların (örneğin ikisi de eksi yüklü oldukları için birbirlerini iten iki elektronun) ***değiş tokuş*** ettikleri fotonlar sanal fotonlardır.




***Sanal parçacıklar.*** *Bir kuantum etkileşmesinin, bir parçacığa "ait" sanal parçacıklardan birisi bir diğer parçacığa aktarıldığında olduğu düşünülebilir. Burada bir elektronla bir nötrino, elektronu çevreleyen sanal parçacıklar bulutundaki bir $W^-$'ye nötrinoyu çevreleyen buluta aktarılmaya yetecek kadar yakınlaşmış. Uzaktan elektron nötrinoya, nötrino ise elektrona dönüşmüş gibi görünebilir. Daha incelikli bir düzeyde ise etkileşmenin elektrondan gelen bir $W^-$'nin nötrinodan gelen bir $W^+$'yla yok olduğu görülebilir.*

Tüm kuantum parçacıkları, ana parçacık tarafından salınıp (genelde) soğurulan çeşitli sanal parçacık (ve çifti) bulutlarıyla kuşatılmıştır. Bu sanal parçacıkların her birinin ömrü (ve dolayısıyla ana parçacıktan ne kadar uzaklaşabildiği) kütle ve enerjisine ve de izin verdiği süreye bağlı; kütlesi ve enerjisi ne denli çoksa ömrü ve erişimi o denli kısa olur. Etkileşmenin olması diğer bir parçacığın, buluttaki bir ya da fazla sanal parçacığa ana parçacıktan daha çok yaklaşmasına bağlıdır.

Kuantum etkileşmelerinin parçacık değiş tokuşu ile olduğuna ilişkin bu merkezi fikir (çoğu kuantum sürecindeki gibi; bkz. *modeller*) başka bir şekilde de görülebilir. Bunda, her biri $W^+$ ve $W^-$ parçacığı çiftleri içeren sanal parçacık bulutlarıyla sarılı A ve B parçacıkları düşünülüyor. İki bulut üst üste binme durumundaysa, A parçacığını kuşatan buluttaki $W^-$ parçacığı B parçacığının bulutundaki bir $W^+$ ile bir araya gelerek yok olabilir. Bu her iki bulutta birer fazlalık parçacık bırakır, A parçacığıyla bir çiftlenmemiş $W^+$ ve B parçacığıyla da çiftlenmemiş bir $W^-$ parçacığı. Bu artık parçacıklar kendi anaları tarafından soğurulmalıdır. Bu sanki A bir $W^+$ kazanmış ve B bir $W^-$ yitirmiş ya da A bir $W^+$ yitirmiş ve B bir $W^+$ kazanmış gibidir ($W^+$ kazanmak/yitirmek tamı tamına bir $W^-$ yitirmek/kazanmak gibidir). Ama A ya da B parçacığının herhangi birisinden bir parçacığın gerçekten salındığını ve karşılığı olana geçip gittiğini düşünmenin gereği yok; bu yalnızca

Feynman diyagramlarıyla çalışmanın kolaylığını gösteren yararlı bir araç.

**sanal sayı//imaginary number//** -1'in karekökünü (*i*) basit olarak içeren sayılar. Örneğin $4i$ sanal bir sayıdır. Bkz. ***karmaşık sayı.***

**sanal süreçler//virtual processes//** Saptanabilme eşiğinin altında kalan ama kuantum varlıklarının gözlenen özelliklerini etkileyen kuantum süreçleri. Belirtken örnek ***kuantum elektrodinamiği***nden seçilebilir. Bunda (***elektron*** gibi) yüklü bir parçacık, onları sürekli soğurduğu bir ***sanal foton***lar bulutuyla kuşatılmış olarak düşünülür. Elektronun manyetik momentinin deneysel değerine tam uyum, ancak bu sanal süreçlerin hesaba katılmasıyla mümkün olmakta. Bu sanal süreçler ele alındığında kuramla deneyin on milyarda birden daha iyi bir yakınlıkla uyuşması sağlanabilir.

**santigrad ölçeği//centigrade scale//** ***Celcius ölçeği***nin eski adı.

**Schawlow, Arthur Leonard** (1921-1999) ABD'li fizikçi, ***lazer***lerin ***tayf ölçümü***nde kullanımını (***Nicolaas Bloembergen***'den bağımsız) geliştirmesiyle 1981 Nobel Fizik Ödülünü aldı.

5 Mayıs 1921'de Mount Vernon-New York'ta doğan Schawlow, Toronto Üniversitesini 1941'de bitirdikten sonra doktorasını 1949'da aldı. Ardından Columbia Üniversitesinde ***Townes*** önderliğindeki gruba katıldı (sonradan Townes'in kız kardeşiyle evlendi). Townes'le çalışmaları lazerin geliştirilmesinin temellerini serdilerse de ilk çalışan lazerin yapılması ***Theodore Maiman***'dan bilindi. 1951'de Schawlow Bell Telefon Laboratuarlarının ekibine katılarak on yıl kaldı ama konuk profesör olarak Columbia ile ilgisini kesmedi. 1961'de ise fizik profesörü olarak Stanford Üniversitesine geçti; Nobel Ödülüne götüren lazer tayf ölçümü tekniklerini geliştirmesi 1970'lerde burada oldu.

Schawlow 28 Nisan 1999'da Palo Alto-California'da lösemiden öldü.

**Schrieffer, John Robert** (1931-2019) ABD'li fizikçi, geliştirdikleri süperiletkenlik kuramı için 1972 Nobel Fizik Ödülünü ***John Bardeen*** ve ***Leon Cooper*** ile paylaştı.

31 Mayıs 1931'de Oak Park-Illinois'de doğan Schrieffer MIT ve Illinois Üniversitelerinde okudu. Doktorasını, Bardeen'in danışmanlığında yaptığı ve BCS kuramındaki payını oluşturan teziyle 1957'de aldı. Ardından Ulusal Fenbilimi Vakfı desteğiyle Avrupa'da iki yıl geçirirken Birmingham Üniversitesinde ve Niels Bohr Enstitüsünde çalıştıktan sonra üç yıl için Illinois'ye döndü. 1962'de Philadelphia'da-

ki Pennsylvania Üniversitesinde görev aldı ve 1964'te profesör oldu. Daha sonra Cornell'de ve California Üniversitesinde çalıştı ve Florida Eyalet Üniversitesinde üniversite profesörlüğü makamında bulunan Schriffer bir trafik kazasından doğan birtakım sıkıntılar da geçirdikten sonra, Florida'da bir huzur evinde kalırken 2019 Temmuz sonunda uykusunda öldü.

**Schrödinger denklemi//Schrödinger equation//** Kuantum mekaniğinin bir versiyonunda, elektron gibi bir kuantum varlığının davranışını betimleyen dalga denklemi. Erwin Schrödinger tarafından 1920'lerin ortasında yazıldı. Bkz. ***dalga mekaniği.***

**Schrödinger, Erwin** (1887-1961) Avusturyalı fizikçi, kuantum fiziğinin dalga mekaniği biçimini geliştirdi ve bunun sonucunda 1933 Nobel Fizik Ödülünü aldı.

Schrödinger 12 Ağustos 1887'de Viyana'da doğdu. Bu yıl özel sayılır çünkü Schrödinger bir bakıma 1020'lerdeki kuantum öncülerinin en yaşlısı sayılır; dalga mekaniğini geliştirmesi kuantum kuramına sağduyu getireceği umut ve beklentisiyle olmuştu ya dalga denkleminin kafa karıştırıcı kuantum süreçlerine (örneğin bkz. ***kuantum sıçraması***) gereksinmeyi ve gözlemcinin rolünü (bkz. *Kopenhag yorumu*) kaldırmadığını gördükten sonra babalığına yardımcı olduğu kuram hakkında "hoşuma gitmiyor, keşki buna hiç bulaşmasaydım" demişti.

Schrödinger, Viyana'da 1898'de gimnazyuma girene kadar özel öğretmenle eğitildi. 1906'da da Viyana Üniversitesine girdi. O sıralarda Avusturya üniversitelerinde ilk verilen fizik derecesi doktora olup hem belli dersleri ham da biraz araştırmayı içeriyordu; daha çok günümüzdeki yüksek lisans derecesi gibiydi. "Felsefe Doktorası"nı ise 1910'da aldı. Bir yıllık askerlikten sonra 1911'de üniversitede asistanlığa başladı. Birinci Dünya Savaşında topçu subayı olarak görev yaptı ve üniversitedeki



*Erwin Scrödinger (1887-1961)*

konumuna geri döndü. Savaş sonrası Avusturyası'ndaki yaşamın zorlukları yüzünden Almanya'ya göçtü ve kısa bir süre Jena'da (1921), Stutgart (1920-1) ve Breslau'da (1921) çalıştı, sonra da İsviçre'ye geçerek 1921'de Zürih Üniversitesine fizik profesörü olarak yerleşti. İşte, kuantum kuramında onun adını sürdüren (Louis de Broglie'ün, elektronun bir dalga gibi ele alınabileceğine ilişkin çalışmasından doğan) çalışmaları Zürih'te yapıldı; kuantum mekaniğinin ***Hamilton fonksiyonu*** yöntemini kullanan bu çalışmanın 1926'daki (39 yaşındayken) yayımı ona 1927'de Berlin'de ***Max Planck***'ın halefi olarak kuramsal fizik profesörlüğü önerilme fırsatına yol açmıştı. Kuantum mekaniğinin Hamilton fonksiyonu biçimi, matematiksel yapısının yaygın olarak bilinmesinden dolayı standart yöntem oldu ve bugün de çoğu öğrenciye öğretilmekte olan budur. Öte yandan ***Richard Feynman***'ın (1940'larda geliştirdiği) ***Lagrange denklemi*** yaklaşımı daha tam ve doyurucu olup uzmanlar tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır.

1933'te Nazi'ler Almanya'da iktidara geldiklerinde Schrödinger Oxford'a gitti ve Magdalen Kolejinin üyesi oldu. Ancak Oxford'un ortamına uymadı (en azından meslektaşları, oraya hem karısı hem de metresiyle birlikte gelmiş olmasına şaşırmadılar denilemez) ve 1936'da Graz Üniversitesinde çalışmak üzere Avusturya'ya döndü. Ama iki yıl sonra Almanların Avusturya'yı ilhakı onun gene ayrılmaya götürdü (önce İtalya'ya sonra da kısa süre için ABD'ye); 1939'da da İrlanda'daki Dublin İleri Çalışmalar Enstitüsünde onun için bir kürsü kuruldu (aslında Enstitü sırf onun için, çalışmalarına bir üs sağlamak amacıyla kurulmuştu). Schrödinger'in, Dublin'de geçirdiği sürede yazdığı *What is Life?* (Yaşam nedir?) adlı kitap, bir kuşak fizikçinin (Francis Crick dahil) İkinci *D*ünya Savaşından sonra moleküler biyolojiye geçerek biyolojide çok büyük ölçüde yararlı işler yapmasına neden oldu. Schrödinger Dublin Enstitüsünde 1956'ya kadar kaldıktan sonra Viyana Üniversitesinde profesör olarak Avusturya'ya döndü. Ertesi yıl ağır bir hastalığa tutuldu. Bundan hiç kurtulmadı ve 1958'de emekli olduktan sonra 4 Ocak 1961'de Viyana'da öldü.

Schrödinger'in toplumsal düzene olan aykırılığı cinsel yaşamının dışına da uzanıyordu. ***Paul Dirac***'a göre (Robert Weber'in *Pioneers of Science* [Fenbiliminin Önderleri] adlı eserinden alıntı) Schrödinger bir konferansa gittiğinde "istasyondan delegelerin kaldığı otele giderken bagajını bir sırt çantasında taşıyarak bir serseri görünümünde vardığı resepsiyonda bir oda tutabilmek için uzun uzun tartışmak zorunda

kalmıştı." Öğrenciler arasında çok popüler olduğu ve öğretmen olarak çok tutulduğunu söylemek gerekmez.

Ek okuma: Walter Moore, *Schrödinger: Life and Thought.* John Gribbin, *Erwin Schrödinger ve Kuantum Devrimi*, Alfa Bilim.

**Schrödinger'in kedisi// Schrödinger's cat//** Erwin Schrödinger'in 1935'te kuantum mekaniğinin Kopenhag yorumunun saçma olduğunu göstermek için yarattığı hayali "deney"in kısa adı.

Schrödinger özellikle iki şeyden kaygılanıyordu: birisi bir kuantum sisteminin ***üst üste binmiş durumlar*** olabilmesi ve akıllı bir gözlemcinin "dalga fonksiyonunu çöktürerek sistemi tek bir ***durum***a zorlamasının (Kopenhag yorumu) gerekmesi. Sorun, belli bir kuantum olgusunun tamı tamına yüzde elli-elli şansı bulunduğu –bir radyoaktif çekirdeğin ***bozunması*** gibi– bir sistemin kurulmasında.

Kuantum mekaniğinin yaygın anlanışına göre çekirdek, eğer henüz ölçü yapılmamışsa durumların bir üst üste gelişidir, yarısı bozunmuş yarısı bozunmamış. Hangi durumda olduğuna ancak ölçerek karar verecektir. Schrödinger şöyle düşünmüştü, radyoaktif bir madde, açıklığı olmayan sıkıca kapalı bir çelik kap içerisine (genelde "kutu denilir ama büyükçe bir oda olmasını yeğleriz) kollamak amacıyla bir dedektörle (basit bir ***Geiger sayacı*** olabilir) birlikte kapatılır. Dedektör, radyoaktif madde bozunduğunda zehirli gaz salacak bir düzeneğe bağlı, odada da ünlü kedi yaşıyor olsun. Oda sıkıca kapalı ve kimse içini kurcalamıyorsa, radyoaktif madde yüzde elli elli durumlar üst üste binmişse, kesin Kopenhag yorumuna göre Geiger sayacı, zehirli gaz ve kedi üst üste binmiş durumlardaysa, radyoaktif madde hem bozunmuş hem bozunmamış, zehirli gaz hem salınmış hem salınmamış ve de kedi hem öldürülmüş hem de öldürülmemiş olacaktır.

Bu yalnızca bir düşünce deneyi olup hiçbir kedi böylesi bir sıkıntıya zorlanmamıştır. Ama Kopenhag yorumu doğruysa akıllı bir gözlemci odanın içine bakmadıkça her şey havada kalacaktır. Bakıldığı anda ise üst üste binme durumu çöker ve kedi ya canlı ya ölü olur ve odadaki durum Schrödinger'in kendi sözleriyle "içindeki canlı ve ölü kedinin (deyiş için kusuruma bakmayın) eşit parçalar halinde birbirine karışmış ya da sıvanmıştır."

Bu tuhaf resim kimi fizikçileri kuantum mekaniği için almaşık yorumlar aramaya yüreklendirerek sonuçta elle tutulur bir başarıya götürdü (örneğin bkz. ***işlemsel yorum***). Ama Schrödinger'in kedisi "çatışkısı"na karşın Kopenhag yorumu hâlâ çoğu ders kitabında kut-

sanarak çoğu kuantum mekaniği öğrencisine standart yorum olarak öğretilmektedir.

Bkz. *Wigner'in dostu.*

Ek okuma: John Gribbin, *In Search of Schrödinger's Cat.*

**Schwarz, John (1941- )** ABD'li fizikçi; ***sicim kuramı***nın gelişimine, modern parçacık fiziği bağlamında önderlik etti.

22 Kasım 1941'de North Adams-Massachusetts'te doğan Schwarz 1962'de Harvard Üniversitesini bitirdi doktorasını da 1966'da Berkeley'deki California Üniversitesinden aldı. 1966'dan 1972'ye kadar Princeton Üniversitesinde çalıştıktan sonra Caltech'e (California Teknoloji Enstitüsü) geçti. Burada 1985'te profesör oldu ve 1989'da Harold Brown Kuramsal Fizik Kürsüsü profesörlüğüne atandı. Arada zaman zaman Paris'teki Ecole Normale Supérieure ve Londra'daki Queen Mary Kolejinde ve çeşitli ABD kurumlarında bulundu.

**Schwartz, Melvin (1932-2006)** ABD'li fizikçi; birlikte ***müon nötrinosu***nu keşfettikleri için 1988 Nobel Fizik Ödülünü ***Leon Lederman*** ve ***Jack Steinberg*** ile paylaştılar.

Kasım 1932'de New York Kentinde doğan Schwartz New York'ta Columbia Üniversitesinde okudu ve 1958'de doktorasını aldı ve 1966'ya kadar orada kaldıktan sonra Stanford Üniversitesinde fizik profesörü oldu. Bu konumu yanı sıra 1970'lerde bir bilgisayar şirketi olan Digital Pathways'i kurdu ve 1983'te akademik yaşamı bırakarak işlerine yoğunlaştı. Schwartz 1991'de, Nobel Ödülüne götüren 1960'ların başlarındaki çalışmalarını yaptığı Brookhaven Ulusal Laboratuarı yüksek enerji ve çekirdek fiziği direktör yardımcısı olarak akademik yaşama döndü.

Schwartz 2006'da Twin Falls Idaho'da öldü.

**Schwinger, Julian Seymour (1918-1994)** ABD'li fizikçi; ***kuantum elektrodinamiği*** kuramının geliştirilmesindeki katkısı için 1965 Nobel Fizik Ödülünü paylaştı.

12 Şubat 1918'de (***Richard Feynman***'ın neredeyse tam yaşıtı) New York Kentinde doğan Schwinger bir harika çocuktu; matematiğe yeteneği erken yaşta belli olmuş ama üniversitedeki (1934'te girdiği City College of New York) devamlılığının düzensizliği ve diğer konulara ilgisizliği meslek yaşamını tehdit ediyordu. Şansına, eğitmenlerinden birisi olan Lloyd Motz yakınlardaki Columbia Üniversitesinde doktora öğrencisi olup Schwinger'in yetenekli olduğunu ve yetiştirilmesi gerektiğini fark etti ve Columbia'da Isidore Rabi'nin dikkatini çekti.



*Julian Schwinger (1918-1994)*

Rabi'nin sayesinde Schwinger Columbia'ya geçti ve orada serpildi. Lisansını 1936'da on sekiz yaşında bitirdi ve doktorasını da Columbia'dan 1939'da aldı. Doktora tezinin dayandığı çalışma yavaş nötronların atomlardan saçılmalarıyla ilgili olup büyük ölçüde lisans öğreniminin son yılında yürütüldü. Lisansüstü öğrencisiyken deneycilerle çok zaman geçirerek sonuçların çözümlenmesine yardımcı oldu. Ayrıca 1937/38 akademik yılını Wisconsin Üniversitesinde geçirirken (hep sürdüreceği) bütün gece çalışıp gündüzleri uyuma alışkanlığını edindi; böylece çalışırken rahatsız edilmiyordu.

Schwinger sonra Berkeley'deki California Üniversitesine geçerek Robert ***Oppenheimer***'in yanında çalışmaya başladı. 1941'de Purdue Üniversitesine geçti, ancak kuşağındaki birçok fizikçi gibi meslek yaşamı savaş çalışmaları yüzünden sekteye uğradı. Yeteneğine ve ilişkilerine karşın İkinci Dünya Savaşında ***Manhattan Projesi***'ni yürüten Los Alamos ekibine katılmadı (çağırılmıştı ama reddetti) yerine 1943 yazını, ilk nükleer reaktörün kurulmakta olan Chicago Üniversitesinin Metalürji Laboratuarında geçirdikten sonra 1943'ten 1945'e kadar MIT'nin Radyasyon Laboratuarında radar araştırmalarına katıldı (Purdue'deyken de bu çalışmaların danışmanlığını yapmaktaydı). Ardından Harvard'a geçti ve 1947'de daha 29 yaşındayken profesör oldu; Harvard'da en genç profesör olanlardan birisiydi. 1972'de Los Angeles'taki California Üniversitesine geçti ve meslek yaşamının sonuna kadar orada kaldı.

Schwinger ***KEDİ***'nin kendi sürümünü, (yaklaşımı kendisine özgü olan) Feynman'ınkinden ve *Şin-İçiro Tomonaga*'nınkinden (esas bakımından Schwinger'inkiyle aynı yaklaşımda) bağımsız olarak yaptı. Ama Schwinger zanaatının olağandışı inceliklerinden keyiflenen bir matematikçiydi ve sonuçlarını tüm doğru sonuçları veren ama yalnız uzman matematikçilerin anlayabileceği karmaşık bir yapıda sunuyor-

du. Bir keresinde Feynman'ın yaklaşımını küçümseyerek "hesaplamayı kitlelere götürdü" derken KEDİ gibi zevklerin ayak takımının erişimine açılmaması gerektiğini kastediyordu. Schwinger'in, bu 1948'de tamamlanan KEDİ üzerine olan çalışmadan sonra fiziğe önemli bir katkısı olmadı. Sinkrotron ışıması üzerinde çalıştı ve 1957'de iki çeşit ***nötrino*** (elektron ve müona karşılık gelenler; tau parçacığı henüz bilinmiyordu) olması gerektiğini önsöydü. Schwinger'in 1948'den sonraki en büyük edimi bir dizi en başarılı lisansüstü öğrenciye danışmanlık ve esin kaynağı olmasıydı.

16 Temmuz 1994'te Los Angeles'ta öldü.

Ek okuma: Silvan Schweber, *QED and the Men Who Made It* (KEDİ ve onu yapanlar)

**Segrè, Emilio Gino (1905-1989)** İtalya'da doğan ABD'li fizikçi; karşı-protonun keşfi için 1959 Nobel Fizik Ödülünü aldı.

1 Şubat 1905'te Roma yakınlarındaki Tivoli'de doğan Segrè, Roma Üniversitesinde Mühendislik okumaya başladı ama ***Enrico Fermi***'nin etkisiyle fiziğe geçti. Fermi'nin ilk lisansüstü öğrencisi olarak 1928'de doktorasını aldı. Bir yıllık zorunlu askerlikten sonra mesleğine başlamak üzer Roma Üniversitesine döndü. Kısa sürelerle Hamburg'da ***Otto Stern*** ve ***Pieter Zeeman***'la Amsterdam'da çalıştı ya 1932'de Roma'da Fermi'yle çalışmak üzere öğretim üyesi oldu. Çekirdek fiziği üzerine çalışırken, çekirdekleri nötronlarla bombardıman ederek yapay radyoaktifliği inceliyorlardı. 1936'da Segrè Palermo Üniversitesinde profesör oldu ve burada 1937'de daha önce bilinmeyen ve teknesyum adını verdiği bir elementi keşfetti (***atom numarası*** 43). Bunu, Berkeley'deki eski hızlandırıcının büyük ölçüde ışınlanmış parçalarında oluşturmuştu. Segrè, teknesyumun keşfine götüren yola Berkeley'e bir gidişinde bulup yanında geri götürdüğü bir radyoaktif atık parçasıyla çıkmıştı. Ama çeşitli radyoaktif nesnelerin şimdi güvenliğe soluk kesici aldırışsızlık olarak göreceğimiz şekilde ABD'den düzenli olarak Segrè'ye postayla gönderilen örneklerden birisinde eskiden bir siklotronun parçası olan bir molibden yaprakta teknesyum teşhis edildi. Bu, daha önce bilinmeyen bir yapay kimyasal elementin ilk kez belirlenmesiydi.

Segrè sık sık ABD'yi ziyaret ediyordu; 1938 yazında Berkeley'de konuk olarak çalışırken Avrupa'daki yıpratıcı siyasal durum İtalya'ya dönmeyi sakıncalı yapmıştı (Segrè Yahudi idi ve İtalya'da 1938'de yeni antisemitik yasalar geçirilmişti). Ailesi ona California'da katılmayı

başarabildi. Segrè meslek yaşamının geri kalanını (savaş zamanında ***Manhattan Projesi***nde grup önderi olarak Los Alamos'ta bulunduğu süre dışında) Berkeley'de geçirdi ve 1944'te ABD vatandaşı oldu. 1947'de Berkeley'deki California Üniversitesinde profesör oldu. Segrè ve çalışdaşları 1940'ta, sonradan astatin adı verilen (atom numarası 85) başka bir yeni element[256] bulmuşlardı; ayrıca plütonyum denilen (atom numarası 94) yeni bir elementin keşfinde de bulundu. Savaştan sonra önce Berkeley'deki yeni siklotronda sonra da ***Bevatron***da proton-proton ve nötron-nötron etkileşmelerini inceledi. Karşı-proton, Bevatron deneyleri sırasında keşfedilmişti. Bu pozitrondan sonra keşfedilen ilk karşı-parçacık oluyordu.

Fenbilimine yaptığı önemli katkıları kadar Segrè fenbilimsel dergilerin editörlüğü ve yazar olarak da kendisini göstermişti. Fermi'nin yaşamı ve (ölümünden sonra yayımlanan) özyaşam öyküsü ve anıları, 20. yüzyılın orta dönemlerinde parçacık fiziğinde çalışmanın nasıl olduğu üzerine pek bulunmaz içgörüleri anlatır.

Ek okuma: Emilio Segrè, *A Mind Always in Motion.*

Ayrıca tanık olduğu fizikçileri ve ilgili fiziği sıradan okuyucuya yalın ve ilginç bir dille anlattığı "*From X-Rays to Quarks*" (*X-Işınlarından Kuarklara Çağdaş Fizikçiler ve Buluşları,* Sarmal Yay.) ve bunu okuyan fizikçilerin ısrarıyla aynı havada yazdığı "*From Falling Bodies to Radio Waves*" adlı kitapları bir tür fizik tarihi sayılır.

**sekiz katlı yol//eight-fold way//** Temel parçacıklar için bir sınıflandırılma biçimi; 1961'de ***Murray Gell-Mann*** ve bağımsız olarak ***Yuval Ne'eman*** tarafından önerilmişti. Düzenlemenin yapısı parçacıkları özelliklerine göre gruplandırıyor; ***Dmitri Mendeleyev***'in yüz elli yıl önce kimyasal elementleri özelliklerine göre gruplandırdığı biçimi andırır gibi. Mendeleyev'in periyodik tablosunda olduğu gibi, sekiz katlı yol sınıflandırmasında da düzenlemenin arasında kalan boşluklar, tıpkı Mendeleyev'in tablosunun yaptığı gibi özellikleri o boşluklara uyacak ve 1961'de henüz keşfedilmemiş parçacıkların bulunmak gereğinin önsöyülmesine götürecekti. Böyle parçacıkların (özellikle de omega eksi) beklendiği gibi önsöyülen özellikleriyle bulunması bu sınıflandırma sisteminin en büyük başarılarından birisidir.

Bu sekiz katlı yol adı, ilgili özelliklere sahip parçacıkların gruplarının sekizli yapıda olmalarından gelmekte olup Budist dininin "soylu sekiz katlı yol"undan gelmektedir (parçacıkların Davud'un altı köşeli yıldızına uydurulamaması Ne'eman'ı düş kırıklığına uğratmıştı). Se-

kiz katlı yolu kuran yapı, sonradan parçacıkların içlerindeki ***kuark***ların düzeninin bu yapıyı oluşturmasından ileri geldiği anlaşılacaktı; tıpkı Mendeleyev'in periyodik tablosunun sonradan tablodaki atomları oluşturan elektron, proton ve nötronlar cinsinden anlaşılması gibi.

Ek okuma: Yuval Ne'eman ve Yoram Kirsh. *The Particle Hunters.*

**selektron** ***Elektron***un ***süpersimetrik eşi.***

**serbestlik/özgürlük derecesi//degree of freedom//** Bir parçacık sisteminin durumunu tamı tamına belirlemek için gereken farklı parametrelerin sayısı. Örneğin tek bir parçacığın durumu hızı ve konumu ile tanımlanır. Ama üç boyutlu uzayda konumu da hızı da belirlemek için üçer parametre gerekeceğinden tek bir parçacığın serbestlik derecesi iki değil altıdır. Örneğin 1 kg kütleli bir kedide yaklaşık $10^{26}$ atom bulunduğundan atomları kuran (elektron, proton ve nötron) parçacıkları düşünmesek bile her bir atom temel parçacık olarak düşünüldüğünde kedinin durumunu belirlemek için $6\times10^{26}$ sayıya gereksinilir. Kimi fizikçiler; sıradan ("makroskopik") nesnelere ilişkin bu denli büyük sayılar olması bu nesnelerin, kuantum mekaniğinin değil de klasik mekaniğin yasalarına uymalarının sebebi olduğunu ileri sürüyorlar. Bkz. ***eşevresizlik.***

**Serpukhov** Moskova'nın güneyinde bulunan, Rusya'nın hızlandırıcı laboratuarı.

**sezyum saati//caesium clock//** Bkz. ***atom saati.***

**Shockley, William Bradford (1910-1989)** Britanya doğumlu ABD'li fizikçi; transistörün icatları için 1956 Nobel Fizik Ödülünü, John Bardeen ve Walter Brattain ile paylaştı.

13 Şubat 1910'da Londra'da doğan Schockley ABD'li iki maden mühendisinin oğluydu. Caltech'te ve 1936'da doktorasını aldığı Harvard Üniversitesinde okudu. Sonra, Palo Alto'da kendi şirketini kurduğu 1956'ya kadar (arada savaş zamanı denizaltı savar çalışmaları dışında) Bell Laboratuarlarında çalıştı. 1963'te Stanford'da mühendislik profesörü oldu ve 1965'ten başlayarak Bell Laboratuarlarında danışmanlık yaptı. 1975'te emekli oldu ve 12 Ağustos 1989'da Palo Alto'da öldü.

**Shull, Clifford Glenwood (1915-2001)** ABD'li fizikçi; maddenin yapısının nötron ***saçılma***sı teknikleriyle incelenmesini geliştirmesiyle 1994 Nobel Fizik Ödülünü aldı. Bu, nötronların ***dalga-parçacık ikiliğ***ini kullanarak nötronların kristallerden ***kırınım***ını içeriyordu.

23 Eylül 1915'te Pittsburgh'da doğan Shull Carnegie Teknoloji Enstitüsünde (şimdi Carnegie-Mellon Üniversitesi) okudu (lisans 1937) ve

doktorasını New York Üniversitesinden aldı (1941). Ardından beş yıl endüstride, Beacon New York'ta Texas Şirketi'nde çalıştı ve 1946'da Oak Ridge Ulusal Laboratuarına katıldı. 1955'te MIT'de profesör oldu ve 1986'da emekli oluncaya dek orada çalıştı. Nobel Ödülü aldığı ve malzemeleri nötronların ***esnek saçılmasını*** kullanarak yoklamanın temellerini attığı çalışmayı Oak Ridge'deyken yapmıştı. Shull 31 Mart 2001'de Medford, Massachussetts'te öldü.

Ayrıca bkz. ***Brockhouse, Bertram Neville***.

**SI birimleri//SI units//** Uluslararası sistem adının Fransızcası olan Système International deyişinin baş harfleri. Bunu, fenbilimciler kullanıyor olmalıdırlar ama tam sisteme uymayan ***barn*** gibi birimleri de tutarlar. SI esasında ***metre, kilogram, saniye*** (MKS) birim sisteminden gelir ama yerine göre ***kelvin,*** amper, lümen gibi birimleri de içerir. (Birimler listesi ve ayrıntılı tanımlar için bkz. https://tr.wikipedia.org/wiki/Uluslararas%C4%B1_Birimler_Sistemi)

**sıcaklık//temperature//** Bir nesnenin içerdiği enerjinin (iç enerji-internal energy) bir ölçüsü olup nesneyi yapan ***atom*** ve ***molekül***lerin ***ortalama enerji***sidir. ***Elektromanyetik ışınım***ların da sıcaklığının sözü edilebilir. Bu, ışınımın taşıdığı enerji olarak düşünülebilir ve ***foton***ların sayıları ve ***dalga boyu***yla ilgilidir.

Fenbilimcilerin kullandığı sıcaklık ölçeği olan ***Kelvin ölçeği*** ısının ışımayla farklı sıcaklıklardaki iki cismin birinden diğerine akışıyla ölçülür. Eğer akış yoksa cisimler aynı sıcaklıktadır. Sıcaklık farkı arttıkça akış artacaktır.

Yapay bir ölçek olmayıp varlıkların termodinamik özelliklerine dayanan doğal bir ölçek olan Kelvin ölçeğinin temel bir niteliği sıcaklığın bir ***mutlak sıfır***ı olmasıdır. 0 K denilen bu sıcaklıkta (kabaca -273 °C) cisimler artık ısı/enerji veremezler ama hâlâ enerji içerirler. Bu, kuantum belirsizliği ilkesinin bir özelliğidir. Bir nesnenin bildik enerjisi ya da sıcaklığı hep kuantum belirsizliği yüzünden azıcık bulanıktır; ama nesnenin enerjisi kesinkes sıfır olsa belirsizlik olmayacaktır, çünkü buna kuantum kuralları izin vermez.

Isının soğuk bir nesneden sıcak bir nesneye kendiliğinden geçemeyeceği temel bir doğa yasasıdır. Bkz. ***termodinamiğin ikinci yasası*** ve ***kara cisim ışıması***.

**sıfır noktası enerjisi//zero-point energy//** Bir nesnenin mutlak sıfır sıcaklığında (0 K) kütle enerjisinin (bkz. ***görelilik kuramı***) üzerinde içerdiği enerji. Bu enerji, ***kuantum belirsizliği***nden dolayı var olup

hiçbir zaman aktarılamaz. *Kuantum alan kuramı*nda bir alanın en düşük enerjili durumu da (taban durumu) aynı sebeple sıfır olmayıp kuantum vakumuna karmaşık bir yapı verir; bu deneysel olarak yoklanabilir (örneğin *Casimir etkisi*).

**sıkı saçılma//hard scattering//** Bkz. *derinliğine esneksiz saçılma.*

**sıra değiştirme (komütatiflik) yasası//commutative law//** Bkz. *Abelyen grup.*

**sıvı damlası modeli//liquid-drop model//** Çekirdeği, nötron ve protonları torbadaki bilyeler gibi tamı tamına kesikli parçacıklar yerine bir sıvı damlası olarak ele alan bir model. Bunda tek tek nükleonlar daha çok sıvı molekülleri olarak davranıyor ve bütün nesne bir tür çekirdeksel yüzey gerilimle bir arada tutularak çekirdeğe kabaca küresel biçimi veriliyor. Modeli *George Gamow* 1928'in sonlarında Kopenhag'da *Niels Bohr*'un Enstitüsünde konuk iken düşlemişti. Ama Gamow'un özgün sıvı damlası modeli güncel biçiminden farklıydı çünkü 1928'de nötron henüz keşfedilmemişti ve O, çekirdeği başlıca alfa parçacıklarından ve birkaç proton ve elektrondan oluşmuş olarak düşünmüştü (pek de saçma bir fikir değil; bkz. *çekirdeksel-bireşim.*) Sıvı damlası modelinin güncel sürümü ağırca çekirdeklerde olanların kimi özelliklerini oldukça iyi betimlemekte; en başta da çekirdek bölünmesi, farklı çekirdeklerin nasıl davranacaklarını matematiksel olarak önsöymek için sıvı damlasının daha küçük damlacıklara parçalanması olarak görülebilir.

Gamow'un fikri, nötronun 1932'de keşfinden sonra *Niels Bohr* dahil başka araştırmacılarca ele alınıp geliştirildi. Bundan ve fikir Kopenhag Enstitüsünde geliştirildiğinden dolayı model yanlış olarak Bohr'a atfedilir.

Ek okuma: A. P. French ve P. J. Kennedy (editör), *Niels Bohr: A centenary volume.*

**sıvı kristal//liquid crystal//** Sıvı gibi davranan ama moleküllerinin yerleşiminde bir düzen görülen bir nesne; örneğin bir sıvı kristal birbirleriyle yönelme eğiliminde olan uzun moleküllerden oluşmuş olabilir. Moleküller manyetik alan kullanılarak saptırılabilir ve sıvı kristal öyle ayarlanabilir ki kutuplanmış ışığı moleküllerin bir yönelimi geçirirken bir diğer yönelim geçirmez. Bu akıllı cep araçlarında kullanılabilir.

**sicim//string//** Bkz. *sicim kuramı.*

**sicim kuramı//string theory//** Fizikte temel parçacıkları ve etkileşmelerini minicik, bir boyutlu varlıklar –sicimler– cinsinden betimleyen kuram sınıfları. Bu sicimler ***proton***lar gibi parçacıklardan çok daha küçük ilmekler şeklindedir ama önemli yanı bunların matematiksel noktalar olmamasıdır. Nokta gibi bir varlık olarak ele alınan ***elektron*** bile sicim cinsinden betimlenebilir. Bunun denklemler üzerinde derinliğine etkisi olup parçacık dünyasının gözlenmiş birçok niteliğine doğal bir şekilde götürüyor. Sicim kuramının en heyecan verici yanı, kütleçekim de diğer ***doğa kuvvetleri*** ile aynı çerçevede kendiliğinden alması. Bkz. ***süperkütleçekim, süpersimetri.***

Sicim kuramı fizikçilerin ancak 1980'lerde önde gelen ilgileri arasına girdiyse de bunun kökenleri, "yeni" hadron türlerinin ***hızlandırıcılar***da oluşturulduğu ama ***kuark*** modelinin henüz tam gelişmediği ve çoğalıp duran parçacıklarla davranışlarını açıklamaya girişen çeşitli rakip modellerin ileri sürüldüğü 1960'ların sonlarına gider. Gabrielle Veneziano'nun önerdiği bir fikir bu parçacıkların davranışını matematiksel olarak (bir düzeye kadar) modelliyordu ama bunun yanı sıra gidecek bir fiziksel modelden yoksundu. Ancak, kısa sürede anlaşıldı ki Veneziano'nun geliştirdiği matematiksel yapı küçük bir boyutlu varlıklar arasındaki etkileşmelere karşılık geliyordu. 1970'lerde kuark modeli geliştirildiğinde bu olağan dışı matematiksel modelin neden görece başarılı olduğu anlaşıldı. Hadronların içlerindeki kuarklar ***gluon*** değiş tokuşuyla bir arada tutulurken etki iki kuarkın bir lastik parçasıyla bağlı olması gibidir. Kuarklar arasındaki kuvvet (onun da dolaylı olarak ***yeğin etkileşme***yi doğurduğu ***renk*** kuvveti) öyle yeğindir ki "lastikteki enerji kuarkların kendi kütle enerjileriyle kıyaslanabilir. Bu koşullar altında renk kuvvetiyle bağlı iki kuark birçok şekilde gergin bir sicim parçasına benzer. Uygun bir benzetme yelkenliler çağlarındaki deniz savaşlarında kullanılan zincirli gülleler (bir zincirle bağlı bir çift top güllesinin, bir savaş gemisinin armasına çarpması iki tek güllenin yelkeni delip geçmesinden çok daha büyük hasar vermesi) gibi olabilir.

İlk başta, sicim kuramı matematikçiler için şaşırtıcı da olsa gerçekten bir betimleme olarak yalnızca ***bozon***lar (gluonlar da) için işe yaramaktaydı, ki zaten kısa süre sonra yerine, geliştirilmiş olduğu özgün bağlamda kuark modeli geçti. Ama 1970'te ***John Schwartz*** ve çalışdaşı André Neveu fermiyonları da sicim kuramıyla betimlemenin yolunu buldular ve de 1974'te tam ***kuantum renkdinamiği***nin hadronlar için tatmin edici bir kuram olarak geliştirilmekte olduğu sırada

Schwarz ve bir diğer çalışdaşı sicim kuramı ile kütleçekim arasında bir bağlantı buldu.

Fermiyonların sicimler cinsinden matematiksel betiminin kafa karıştırıcı yanlarından birisi bu paketin fizikçilerin ısmarladığından daha çok parçacık içermesi. Matematik, kendiliğinden sıfır kütleli ve *spin*i 2 olan bir parçacık veriyordu. Bu betime uyan bir hadron bulunmuyordu ve fenbilimciler bu istenmeyen parçacığı yok etmek için bir yol aramaya uğraşırlarken bunun herhangi bir ***kuantum kütleçekim*** kuramının gerektirdiği kütleçekim etkileşmesinin taşıyıcı parçacığı olan ***graviton***un betimine tam uyduğunu fark ettiler. Kütleçekim sicim kuramı için zorunlu imiş.

Bu fikri pek az insan ciddiye aldı. İzleyen on yıl kadar sürede Schwartz'ın dışında sicim kuramının önde gelen tek destekçisi ***Michael Green*** idi; bir arada ve öncülerden küçük ve değişken bir grupla zaman zaman çalışarak sicim kuramının matematiğindeki, parçacık fiziğinin ezeli problemi olan istenmeyen sonsuzlukların çıkışı dahil birçok soruna girişiyorlardı. Ama sicim kuramı, 1980'lerin ortasında ***süpersimetri*** fikrini sicimlerle birleştirilerek yeni ve gelişkin bir sürümü olan ve görünüşe göre ele geçirilebilen her şeyin güçlü ve tam betimi olan süpersicim kuramının yapılmasıyla canlandı.

Ama fizikçilerin süpersimetri fikrini edinme şeklinde bir acayiplik var. Her şey 1970'te Chicago Üniversitesinden ***Yoichiro Nambu***'nun temel parçacıkları noktalar olarak değil de sicim denilen minicik bir boyutlu nesneler olarak ele almayı düşünmesiyle başlamıştı. Bu, kuark modelinin ciddiye alınmaya başlandığı sıralardı ve 1970'lerin başlarında Nambu'nun fikri kuark modelinin çabucak kabulüyle gölgelendi; kuark modelinin tamamlayıcısı değil rakibi olarak görülüyordu. Modellemeye çalıştığı temel varlıklar kuarklar değil ***hadron***lardı. Kuark modelinin başarısı bu tür sicim kuramını açıkta bırakmış gibiydi ama matematiğe yatkın birkaç fizikçi yine de bunu kurcaladılar.

Nambu'nun sicim kuramında uzunluğu yalnızca $10^{-13}$ cm kadar, dönen ve titreşen sicimcikler vardı. Bu şekilde modellemeye uğraştığı parçacıkların özelliklerinin (kütleleri, elektrik yükleri vd.) değişik titreşim durumlarına (bir gitar telinden değişik notalar seslendirilebilmesi yani harmonikler ya da sicim uçlarının döndürülmesine) karşılık getirilmesi gibi düşünülüyor, ve de bu titreşimler alışılmış üç uzay artı bir zaman boyutundan daha yüksek boyutlarda salınımlar da içeriyordu.

Can sıkıcı da olsa uygun hesaplar, ilk yapıldıklarında gösterdiler ki bu sicimlerin betimlediği varlıkların hep bildik kuantum anlamın-

da tamsayılı spinleri vardı. Yani bunların hepsi bozon (fotonlar gibi kuvvet taşıyıcıları) olmalıydı. Oysa modelin bütün amacı ***hadron***ları betimlemekti; bunlarsa spinleri buçuklu olan ***fermiyon***lardır! Derken Florida Üniversitesinden Pierre Ramond, Nambu'nun denklemlerini spinleri buçuklu olan fermiyonları betimleyecek şekle sokmanın bir yolunu buldu. Ama denklemler, bu fermiyonik sicimlerin tamsayı spinli parçacıklarla (bozonlarla) çiftler halinde birleşmelerine de yol açıyordu. Princeton'dan ***John Schwarz***, Caltech'ten Joel Scherk ve de Fransız fizikçi André Neveu bu fikri, sicimlerin hem bozonları hem de fermiyonları içeren tutarlı bir matematiksel kuramına geliştirdiler ama; bu, sicimlerin on boyutta titreşmelerini gerektiriyordu. 1976'ya kadar da sicim kuramından fermiyon ve bozonların bu sicim kuramından tamı tamına eşit koşullarda çıktıklarını ve her türlü fermiyonun bir bozon eşi, her türlü bozonun da bir fermiyonik eşi olduğunu gösteren ise Scherk oldu. ***Süpersimetri*** doğmuştu.

Bütün bunları değerlendirecek bir yol var; bunu, süpersimetri oyununun baş oyuncularından birisi olan Ed Witten 1990'larda sık sık vurgulamıştı. Bozonlar, özellikleri bildik sıra değiştirmeli bağıntılarla (*A* kere *B* eşittir *B* kere *A* gibi sıradan kurallar bkz. ***Abelyen grup***) betimlenebilen varlıklardır. Fermiyonların özellikleri ise bu bağıntılara her zaman uymazlar, yani sıra değiştirmesizdirler. (Aslında özel bir sıra değiştirmeme biçimleri var, zıt sıra değiştirme, (*A* kere *B* eşittir eksi *B* kere *A*.) Bu davranışı betimleyen uygun matematik kuantum mekaniğidir, klasik (Newtoncı) mekanik değil. Fermiyonlar kavramı bütünüyle kuantum fiziğinin ilkelerine dayanırken bozonlarınkinin doğası özünde klasikle bağdaşıktır. Süpersimetri; uzayzamanı anlayışımızı, bozonlar kadar fermiyonları da içerecek şekilde güncelliyor; böylelikle de ***Einstein***'ın ilk uzay ve zaman kuramı olan *özel görelilik kuramı*nı kuantum mekaniksel yaparak güncelliyor.

Bu derin sezginin değeri 1976'da anlaşıldı ve ikinci basmak olarak kütleçekimi de saflara katarak Einstein'ın ikinci uzay ve zaman kuramı olan genel görelilik kuramını da benzer şekilde güncellemek için bir yol aranmaya başlandı. Bu, sicim kuramının gelişimini on yıl kadar hızlandırabilirdi ama olmadı. Ama öyle olmayacaktı; her ne kadar kütleçekim problemi 1970'lerin sonlarında birçok kişinin aklındaysa da süpersimetrinin kütleçekimi içerecek bir uzantısında süperkütleçekim denilen bir kuramsal yapı için atılacak yeni adımın sicim fikrini içereceğini o sıralarda hiç düşünmüyorlardı.

Süpersimetri neredeyse ortaya atılır atılmaz onu doğuran sicim kuramı unutuldu gitti. Çoğu araştırmacı tarafından hiçbir zaman fiziğin yan yolundan fazla görülmeyen bu kuram 1976'ya gelindiğinde artık kuark modeli tarafından tamamen perdelenmişti. Süpersimetri fikri fizikçilerin aklına bir kere yerleştikten sonra bunu parçacıklar dünyasına yerleştirmek aşağıda özetlendiği gibi (bkz. ***süpersimetri***) kolay oldu. Gerçekten de 1976'dan sonraki öğrenci kuşaklarının süpersimetriyle tanışmaları böyle oldu, sicimlere hiç değinilmeden. Fizik yürüdü ve sicim kuramını arkada bıraktı. Alanda çalışmayı sürdüren kişiler belki yalnız John Schwarz ve Londra'daki Michael Green oldular (Scherk genç öldü ve fikir üzerinde başka katkısı olmadı).

Ama sicim kuramı gevşerken süpersimetri (SUSY) serpildi. Bir hevesliler takımı çok geçmeden ***SUSY***'nin fikirlerini ele alarak çeşitli hücum hatları geliştirdiler. Birisi ***Büyük birleşik kuramlar*** (***BBK***) süpersimetri cinsinden betimlenebiliyor; bu kuramlar süpersimetrik BBK'lar olarak biliniyor. Bir diğeri –aile benzerliği taşısalar da ayrıntılı yapıları farklı, çeşitli şekillerde olan– kütleçekime odaklanıyor. Tüm bu süperkütleçekim modellerine ilişkin büyük bir şey şu ki her biri gerçek dünyada mümkün parçacık tipleri için farklı bir özgül sayı belirtiyor: önceki BBK'ların izin verdiği ailelerin sayısız çoğalması yerine şu kadar ***lepton***, şu kadar ***fotino***, bu kadar kuark falan filan. Henüz hiç kimse, bu süperkütleçekim kuramlarının herhangi birisinin verdiği özgül sayıları gerçek dünyadaki parçacıklarla eşleştiremedi, ama bu sorun önceki sonsuz sayıda parçacık tipi verebilenin yarattığı sıkıntıların yanında ufak sayılır. Bu kuramların önde tutulan bir sürümünün adı "$N = 8$ süperkütleçekim" olup yandaşları bunun tek pakette her şeyi –kuvvetler, madde, parçacıklar ve uzayzamanın geometrisi– açıklayabileceğini savlıyorlar. Ama $N = 8$ süperkütleçekimin en iyi tarafı yalnızca yeniden boyutlandırılabilir olması (bkz. ***yeniden boyutlandırma***) değil, bir bakıma kendi kendisini yeniden boyutlandırmasıdır (alan kuramını yarım yüzyıldır kahreden sonsuzluklar $N = 8$ kuramında, onları yüreklendirmek için kimsenin parmak bile oynatmasına gerek kalmadan birbirlerini yok ediyorlar. $N = 8$, fizikçilerin ona sorduklarına ***hep*** sonlu yanıtlar veriyor.

Fiziğin birleşik bir kuramının aranışı 20. yüzyıl fiziğinin iki büyük kuramı bakımından ele alınabilir. Birincisi olan genel görelilik kuramı kütleçekimle uzay ve zamanı ilişkilendirir. Bu bize onların birleşik bir bütünlük olarak ele alınması gerektiğini söyler, yani kütleçekim

kuvveti olarak algıladığımız şeyden uzayzaman ve uzayzamanın geometrisindeki şu bozuklukların sorumlu olduğunu söylüyor. İkincisi olan kuantum mekaniği atomların ve atomaltı dünyanın davranışlarını betimliyor; doğanın kütleçekim dışındaki diğer üç kuvvetinin her birini betimleyen kuantum kuramları var. Evrenin ve tüm içerdiklerinin tam bir betimi (bir "her şeyin kuramı," ya da HŞK), kütleçekim ile uzayzamanı da kuantum kapsamına almak zorundadır. Bu demektir ki uzayzamanın kendisi de düzgünce sürekli değil, uygun birçok kısa erimli ölçekte kesikli yumrular halinde kuantumlanmış olmalıdır. Sicim kuramı, süpersicim kuramı olarak bilinen genişletilmiş biçimiyle daha başta kuantum biçiminde kurulmuş olan bir pakette kütleçekimin bir betimini *doğal olarak* üretiyor; ama kütleçekimin denklemlerde kendini göstermesi yıllar aldı.

Sicim kuramı ancak 1980'lerin ortalarında John Schwartz ve Michael Green'in bu tema üzerine geliştirdikleri yeni çeşitlemenin ardından istim aldı. Birlikte çalışmaya 1970'lerin sonunda CERN'deki bir konferansta tanıştıklarında o sıralarda parçacık fiziğiyle uğraşanlardan farklı olarak her ikisi de sicimlerle ilgilendiklerini fark edince başladılar. Neredeyse hemen sonuçlar elde etmeye başladılar. Attıkları ilk anahtar adım, gerekenin gerçekten de sırf hadronların değil bir *her şeyin* –tüm parçacıkların ve alanların– kuramı olduğunu fark etmeleriydi. Böyle bir kuramda sicimlerin gerçekten de çok küçük – yalnızca, Nambu'nun sırf hadronların betimlenmesi için tasarlanmış olan sicimlerinden çok daha küçük– olması gerekecekti. Schwartz ve Green kuramın nasıl gelişeceğini bilmeden bile sicimlerin işleyeceği ölçek için önsöyüm yapabildiler çünkü pakete kütleçekimi de katmak istiyorlardı. Kütleçekim kuantum etkilerini, ciddi olarak $10^{-33}$ cm (yani $10^{-35}$ m) mertebesindeki ölçeklerde algılar. Uzayzamanın kendi yapısı kuantum belirsizliklerinden bu ölçekte etkilenir. Ve tabii ki SUSY, sicim kuramının bu yeni sürümünün ortaya çıkışıyla birlikte onun yapısında yerleşiktir.

1980'de Schwartz ve Green'in geliştireceği ilk sicim modeli, açık uçlu, on boyutta titreşen, bir diğeriyle bağlaşabilen ve kopabilen sicimlerle ilgiliydi. Yüzeysel olarak, Nambu'nun sicim kuramının çekmiş bir sürümünden öte bir şeye benzemiyordu. Ama aslında tüm bilinen parçacıklara ve alanlara karşılık gelen sicim durumlarını, hem de fermiyon ve bozonları etkileyen tüm bilinen simetrileri artı süpersimetriyi içererek daha da öteye gitti (ilke bakımından; aslında hesapları yürütmek başka bir hususdu).

Bu erken sürüm, ardından gelecekler için ortamı hazırlamıştı. İzleyen tüm sicim kuramlarının merkezlerindeki fikir; temel parçacıkların (leptonlar ve kuarklar), hiçbir yönde uzanımları olmayan noktalar olan bilindik resmi, parçacıkların kâğıt üzerindeki bir çizgi ya da en incesinden bir sicim gibi bir boyutta uzanımı olarak gören bir fikirle değiştirmektir. Uzanım öyle küçüktür ki ($10^{-35}$ m) bir proton çapı boyuna erişmek için böylesi sicimciklerin $10^{30}$ tanesini uç uca dizmek gerekir.

Geçerli bir her şeyin kuramına doğru bir sonraki adım 1981'de Schwartz ve Green'in öyküye yeni bir kıvırma (tam anlamıyla) getirmeleriyle atıldı. 1980'in açık sicim kuramına artık I. Tip kuram denilirken II: Tip kuram temanın ana çeşitlemesini getiriyordu: kapalı ilmek sicim. I. Tip kuramda yalnız açık uçlu sicimler bulunurken II. Tip kuram ise yalnız kapalı ilmek sicimler içerir. İyice düzenlenmiş bir paketlemede kapalı halkalarda fermiyonik durumlar halkadaki dalgacıkların bir yönde gidişlerine, bozonikler ise ters yönde gidişine karşılık gelerek süpersimetrinin gücünü ve etkinliğini ortaya koyuyor. Kapalı ilmek sürümünün açık ilmekli modele göre üstünlükleri vardır; çünkü bunun açık ilmek modelinde parçacık fizikçilerinin başının etini yiyen sonsuzluklarla kolayca baş etmesi hiç de küçümsenemez. Ama II. Tip kuramın da kendi zorlukları olup bilinen bütün parçacık dünyasındaki çeşitleri önsöymeyi ya da kapsamayı (o sıralarda) beceremiyordu.

Ufukta bir başka bulut görünüyordu. 1982'de Ed Witten ve Luis Alvarez-Gaumé, ***Kaluza-Klein*** tıkızlaştırma hilesinin doğa kuvvetlerini istenilen kılığa sokmanın tek yolunun en baştan tek sayıda boyutla başlanması olduğunu fark ettiler. Bu on bir boyutlu süperkütleçekimi öncesine göre çok daha çekici yaptı ama on boyutlu sicim kuramlarına gerçek sorunlar yükledi. Bu o insanları kuramlar üzerinde çalışmaktan alıkoymadı ama onlara düşünecek fazladan bir şey verdi.

İkinci adım ise ileri değil geriye oldu. II. Tip kuramdan hoşnutsuz kalan Schwartz ve Green I. Tip kurama geri dönerek başının etini yiyen sonsuzlukları gidermeye uğraştılar. Sorun, ortada tema üzerine pek çok çeşitleme olmasında değil, hepsinin de yalnız sonsuzluklarla değil anormalliklerle yani bildik dünyanın davranışıyla uyumsuz davranışlarda, özellikle de onun korunum yasalarında olmasındadır. Örneğin kuramın birden çok sürümünde elektrik yükü korunmaz, yani yük yoktan var olabildiği gibi durup dururken yok olabilir.

Ama 1984'te Schwartz ve Green, tek bir simetri biçiminin (teknik olarak SO(32)) I. Tip sicim kuramına uygulandığında tüm anormallik-

leri ve tüm sonsuzlukları giderdiğini buldular. Ellerindeki, anormalliklerden ve sonsuzluklardan arınmış, her şeyin kuramı olmaya aday bir kuram vardı. İşte bu noktada diğer fizikçiler de başlarını kaldırıp sicimlerle yeniden ilgilenmeye başladılar.

Green ve Schwartz'ın 1984'te eriştikleri başarıyla ateş alan takımlardan birisi Princeton Üniversitesinde yerleşikti. David Gross ve üç çalışdaşı (bir arada bunlara "Princeton Yaylı Sazlar Dörtlüsü" de denilir)[257] kapalı ilmek fikrine, değişik bir matematiksel yaklaşımla yine bakmak istedi. Bunda bol bol yazılmak gerekecek şey vardı çünkü kuram şimdiye kadar gösterilenden az daha karmaşık. Fermiyonlara ilişkin titreşimlerin türü gerçekten değindiğim gibi on boyut gerektiriyor. Ama aslında Nambu'nun ilk sicim kuramı sürümünün betimlediği bozon titreşimleri (başta istem dışı olsa da) 26 boyutta gerçekleşir. Gross ve çalışdaşları her iki tür titreşimi tek bir kapalı sicim halkasında birleştirmenin bir yolunu buldular; halkada on boyutlu titreşimler bir yönde giderlerken 26 boyutlular ise diğer yönde. Fikrin bu sürümüne heterotik sicim kuramı deniliyor ("heterotik" ile "heteroseksüel"in ortak Yunanca kökü en az iki farklı şeyin birlikteliği anlamına geliyor).

Heterotik sicimler II. Tip kuramdaki bir açık ucu güzelce toparlıyor. Açık uçlu sicimlere ilişkin kuramlarda parçacıklara ilişkin (fizikçilerin "yükler" dedikleri) kimi özellikler (örneğin elektromanyetizmada, elektrik yükü, kuarklarda ise "renk yükü") dönen sicimlerin uçlarına bağlıdır. Ama kapalı ilmeklerin açık uçları olmadığından bu özellikler nereye yerleşecekler? Yine de heterotik sicimlerde bu özellikler uygunca betimlenebiliyor, ama bir şekilde sicimin çevresi boyunca sıvandıkları düşünülmelidir. Bu, heterotik sicimlerin 1980'lerin başında Green ile Schwartz'ın inceledikleri tür kapalı sicimler arasındaki ana fiziksel farktır. Heterotik sicimleri en eski tür sicim kuramıyla ilk süpersicim kuramının bir melezi olarak bakılabilir.

Nasıl oluyor da iki farklı boyut kümesi aynı sicimin titreşimlerine uygulanabiliyor? Çünkü, bozon titreşimleri 26 boyutun on altısı bir küme olarak dürülürken, on boyutlu fermiyonik titreşimler gibi olan on tanesinin altısı farklı bir şekilde dürülerek geriye bildik dört boyutlu uzayzamanı bırakıyor. Bozonların birkaç kuark ve leptondan oluşan fermiyonik dünyanın görece basitliğine kıyasla fotonlardan W ve Z bozonları ile gluonlara uzanan zenginliği yapan, işte bu on altı boyutun sağladığı bu fazladan zenginliktir. Heterotik sicim kuramının fazladan on altı boyutu, işin içindeki bir çift simetriden sorumlu. Bunların her biri kuramın fiziksel çıkarımlarını incelemekte kullanılabilir

(herhangi bir diğer simetri grubu seçimi sonsuzluklara götürüyor). Bu çiftten birisi SO(32) simetri grubu olup yukarıda kapalı sicimlerin incelenmesinde karşımıza çıktı (32 tabii ki iki kere 16); $E_8 \times E_8$, simetri grubu olarak bilinen diğeri ise aslında birbiriyle yoldaş olan (8 artı 8'de 16 eder) iki tam dünyayı betimliyor. $E_8$ simetrilerinin her biri tam da, parçacık fizikçilerinin dünyamızı betimlemek için kullandıkları tür simetrilere kırılabilir. On boyutun altısı ayrıştığında bunlar $E_6$ olarak bilinen ve SU(3)×SU(2)×SU(1) olarak parçalanan bir simetri grubu sağlar. Ama SU(3) kuark ve gluonların standart modeline ilişkin simetri grubuyken SU(2)×SU(1) elektrozayıf etkileşmeyle ilişkilidir. Parçacık fiziğindeki her şey bütün $E_8 \times E_8$ simetri grubunun $E_8$ parçalarından birisinin içeriğindedir.

Evrenimizdeki her şeyi betimlemek için $E_8$ bileşenlerinden yalnız birisinin gerekmesi olabileceklere tam bir eş bırakıyor. Grubun iki yarısı arasındaki simetri Evrenin doğumunda kütleçekim diğer doğa kuvvetlerinden kopup ayrıldığında –bizimki ve bir "gölge" evren– kırılmış olmalı. Gölge fotonlar, gölge atomlar, belki de gölge yıldızlar hatta gölge insanların yerleştiği gölge gezegenler bulunacak ama ebediyen görünmez kalacak (ayrıca gerçekten SUSY'nin kendisi de gölge dünyada kopyalanmış olduğundan bir de gölge sleptonlar, gölge skuarklar ve gölge bozinolar bulunacaktır bkz. ***gölge madde.***)

Veneziano'nun fikrinden çıkan çeşit sicimlerle üzerlerinde bugünlerde çalışılan çeşitteki süpersicimler arasında çok büyük fiziksel farklar bulunuyor ama matematiksel bakımdan sınıf benzerliği var. Hadronların davranışlarını betimlemek için sicimler kullanılmak isteniyorsa işin içindeki sicimin tipik büyüklüğü $10^{-13}$ cm, ama sicimlerle kütleçekim betimlenecekse tipik uzunluk ölçeği Planck uzunluğu yani $10^{-33}$ cm kadar olup bu atom çekirdeğinden $10^{20}$ ***kat*** küçüktür. Bu sicimlerin işlediği ölçeğin atomdan küçüklüğü, atomun Güneş Sistemi'nden küçüklüğünden çok daha küçük.

Sicimlerin diğer bir özelliği bunların bir boyutlu görünüşü ancak birkaç ***Planck uzunluğu***ndan epeyce uzaktan oluyor. Kuramın çok boyutlu bir varlık olması ve boyutlarından bir tanesi dışındaki tüm diğerlerinin, tıpkı ***Kaluza-Klein kuramı***ndaki istenmeyen beşinci boyut gibi tıkıştırılıp dürülerek gözden uzaklaştırılmıştır. Süpersicim kuramlarının değişik sürümlerinin, görüldüğü gibi, değişik sayılarda boyutları var; ama temanın başarılı bir çeşitlemesi on boyuta gereksiniyor (dokuz uzay ve bir zaman). Bu kuramların, içlerinde hem açık sicimler hem de kapalı ilmekler bulunan sürümleri ve de yalnız kapalı

ilmekleri olan sürümleri vardır. Bu sonuncular 1990'ların ortalarında daha umut vermekteydiler.

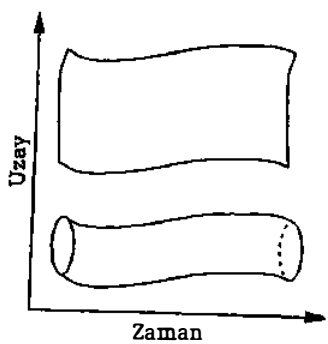
Süpersicim kuramında uzaydaki her "nokta" çapı $10^{-33}$ cm kadar olan minik altı boyutlu bir topçuk gibi düşünülebilir ve parçacıklar da çok boyutlu sicimin minik ilmeklerinin titreşimleriyle ilintili olup bu uzay topçuklarından pek de büyük değildirler. İlmekler bir gitar telinin titreşimlerine analog bir süreçle değişik şekillerde –gitar telinin farklı notlarına eşdeğer farklı titreşim kipleri– titreşirler. Elektron bir titreşim kipine (bir "nota," bir kuark da bir diğer titreşim kipine, vb.) karşılık geliyor. Planck uzunluğundan çok daha büyük ölçeklerde ise sicimler nokta parçacıklar gibi davranırken fazlalık boyutlar görünmez olur, böylece de görünen şey parçacıkların dört boyutta (üç uzay bir zaman) fiili bir alan kuramıdır; süpersicim kuramı uygun ölçeklerde, genel görelilik kuramının (bkz. ***görelilik kuramı***) sıradan amaçlar için Isaac Newton'ın kütleçekim kuramına indirgenmesine benzer olarak, (zaten içerdiği) alışılagelmiş ***kuantum alan kuramı***na indirgenir.

Sıkıntı şu ki bu fikirlerin hiçbirini deneyle sınamak olanaksız. Maddenin yapısını Planck uzunluğuyla kıyaslanabilecek ölçeklerde yoklayabilmeye yetecek güçte bir parçacık hızlandırıcısı yapmak olanaksız görünüyor. Sicim kuramı, 21. yüzyıl fiziğinin kaza eseri 20. yüzyıla düşen parçası olarak betimleniyor; maddenin yapısını, yoklama yeteneğimizin çok ötesine giden bir şekilde betimlemeyi keşfeden Veneziano modeliyle başlayan bu bir dizi şanslı kaza, parçacık fiziğinin geri kalanına yani kuramla deneyin, ***Ernest Rutherford***'un atom yapısını yokladığı klasik örneklerdeki gibi yan yana gelişerek ***parton modeli***nin oluşmasına hiç benzemiyor. Sicim kuramının deneye açık olabilecek tek bir önsöyümü var; tema üzerine çeşitlemelerin çoğu, bilinen birincisinin yanı sıra ikinci tür bir ***Z parçacığı*** önsöyüyor. Ama ne yazık ki kuramlar kütlesini önsöyemediği gibi var olsa da bu kütlenin günümüzdeki hızlandırıcıların en güçlülerinde bile oluşturulabilmesi için çok fazla olabilir. Michael Green *Scientific American*'ın Eylül 1986 sayısında şöyle diyor:

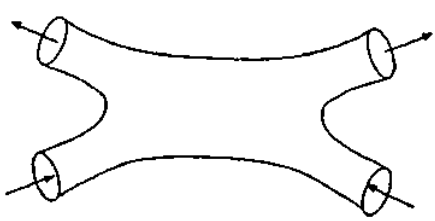
> Ayrıntılar önden geldi; hâlâ kuramın mantığı için birleştirici bir içgörüyü el yordamıyla arıyoruz. Örneğin süpersicim kuramlarından kütlesiz graviton ve ayar parçacıklarının çıkışı raslantı gibi ve biraz da gizemli görünüyor; bunların birleştirici ilkeler iyice ortaya konulduktan sonra doğal olarak çıkmaları istenir.

Ama sicimleri anladığımız kadar, bunların doğası sıkıca uzay ve zamanın kendi doğasıyla derinlemesine bağlı olup bunun anlamı uzayzamanı sicimlerle betimlemek bunun tersini yapmaktan çok daha makul geliyor. Bu yaklaşım, kuantum kuramının ***geçmişler üzerinden toplam*** sürümü bağlamında işleyişi özellikle doğaldır, çünkü bu, sicimin, içinde bulunduğu uzayzaman ardalanıyla etkileşmesini kendiliğinden içeriyor. Süpersicim kuramı gölge maddenin varlığını da önsöyüyor. En son gelişmeler Green gibi araştırmacıların, uzayzamanın en aşırı bükülüp kıvrılmasını süpersicimler cinsinden gösteren yeni bir resmini geliştirdiklerini gösteriyor.

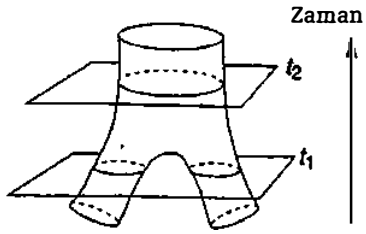
***Abdüsselam,*** önde gelen ve "kuantum kütleçekim kuramının çetin zorluklarını" kaldıran ve gelecek için uyarıcı umutlar sunan süpersicim kuramını, "nokta parçacıkların alan kuramının yerine geçecek gerçek bir aday olarak gören bir fizikçiydi. Hevesliliğini birçok kişi paylaşıyordu. Ama şuna da değinmeliyiz ki ***Sheldon Glashow*** dahil kimi saygın kuramcılar, bu işi çıkmaz sokağa giden ve bir tekeri çıkmak üzere olan dolu bir minibüse benzetiyorlar. Biz bu görüşü paylaşmıyoruz.




*Sicim kuramı 1. Bir sicim için bir parçacığın dünya çizgisinin eşdeğeri zaman içinde ya açık bir sicimin taradığı bir tabaka, ya da bir sicim ilmeğinin çizdiği bir borucuktur. (Değişiklik olsun diye bu diyagramda zaman sayfada enine alınmıştır.)*



*Sicim kuramı 2. İki sicim ilmeği yaptığı bir saçılmalı etkileşmenin Feynman diyagramının eşdeğeri sicimlerin önce kavuştuğunu sonra da yeni bir düzene bölünüyor.*




*Sicim kuramı 3. İki ilmeğin kavuşabileceği bir diğer olanak değişik bir ilmeğin oluşmasıdır. Buna "uzay-zaman pantalonu" denmesinin sebebi besbelli.*

Bkz. ***zarlar***.

Ek okuma: Paul Davies ve Julien Brown (ed.), *Superstrings*; F. David Peat, *Superstrings*.

**Siegbahn, Kai Manne Börje (1918-2008)** İsveçli fizikçi; öncü elektron tayf gözlemi çalışmaları için 1981 Nobel Fizik Ödülünü aldı.

Siegbahn 20 Nisan 1918'de babasının fizik profesörü olduğu Lund'da doğdu. Stockholm Üniversitesinde okudu ve 1944'te doktorasını aldıktan sonra, tanınmışlığına götürecek çalışmalarına orada başladı. Bu babası Manne Siegbahn'nın başlattığı "aile işletmesini" geliştirdi; önce ***X-ışını tayf gözlemi***, sonra da bunu kullanarak malzemeden tekenerjili X-ışınları ya da morötesi ışınlarla vurup fırlatılan elektronların kinetik enerjilerini çözümlemek; başka deyişle elektron tayf gözlemi. Bunun endüstride yüksek teknoloji malzemelerin çözümlenmelerinde önemli uygulamaları var. 1951'de Siegbahn Stockholm Krallık Teknoloji Enstitüsüne profesör atandı; 1955'te de Uppsala Üniversitesinde profesör oldu.

Ailenin fizik geleneği Kai'nın oğulları Per ve Hans ile üçüncü kuşakta da sürdü, üçüncü oğlu Nils ise kimyacı oldu. Siegbahn 7 Ocak 2008'de öldü.

**Siegbahn, (Karl) Manne Georg (1886-1978)** İsveçli fizikçi; X-ışını ***tayf gözlemi***nde öncü çalışmaları için 1924 Nobel Fizik Ödülünü aldı.

Siegbahn 3 Aralık 1886'da babasının demiryolu istasyon şefi olduğu Örebro'da doğdu. Lund Üniversitesinde okuyarak doktorasını 1911'de aldı. Başta orada Johannes Rydberg'in asistanlığında ona ün sağlayan çalışmalara başladı. Bu, ***atom***un ***Bohr modeli***nin sağlıklılığı için önemli bir onama sağlamıştı. 1920'de Siegbahn Lund üniversitesinde, 1923'te de Uppsala Üniversitesinde fizik profesörü oldu. Nobel Ödülünü aldıktan bir yıl sonra yayımladığı kitap, *Spectroscopy of X-rays* (X-ışınlarının tayf gözlemi) standart kitap oldu. 1925'te Siegbahn ve

çalışdaşları bir de X-ışınlarının da ışıkla aynı şekilde ***kırınım***a uğradıklarını gösterdiler.

1937'de Siegbahn, Stockholm'da Nobel Fizik Enstitüsünün ilk direktörü ve aynı zamanda Stockholm Üniversitesinde fizik profesörü oldu. Üniversitedeki görevinden 1964'te şeklen emekli oldu ama 1975'e kadar Nobel Enstitüsünün direktörlüğünü 1975'e kadar sürdürdü ve 26 Eylül 1978'de öldü.

**sigma** 1953 ile 1956 arasında keşfedilen üçlü bir parçacık ailesi (biri artı, bir eksi yüklü birisi de nötr). Bunlar acayip parçacıkların ilk örnekleri. Sigmalar ***baryon*** olup protondan yüzde 10 kadar daha ağır, ***spin***leri ise 1/2'dir. Sigma-artı iki üst bir acayip kuarktan, sigma-eksi iki alt bir acayip kuarktan, sigma sıfır ise bir üst, bir alt bir de acayip kuarktan yapılmıştır.

**sihirli sayılar//magic numbers//** Özel kararlılık gösteren yapıları olan çekirdeklere karşılık gelen nötron veya proton sayıları. Bu, elektronlarının kapalı "tabakalar" oluşturan atomların yüksek tepkisizlik göstermesini hatırlatır (bkz. ***Bohr modeli***, ***kuantum kimyası***). Hem nötron hem protonlar için bu sayılar kümesi şöyle: 2, 8, 20, 28, 82, ve 126. Dolayısıyla, örneğin hem helyum-4 (2 proton + 2 nötron) ve hem oksijen (8 proton + 8 nötron) çekirdekleri çok kararlıdır. Yalnız bir tür nükleonun sihirli sayıda olması da enerji bakımından iyidir; örneğin kalsiyumun 6 kararlı izotopu olup her birisinin çekirdeğinde 20'şer protonu vardır. Bu düzen çekirdekler için atomların tabaka modeline analog ***tabaka modeli***nin gelişmesine götürmüştür.

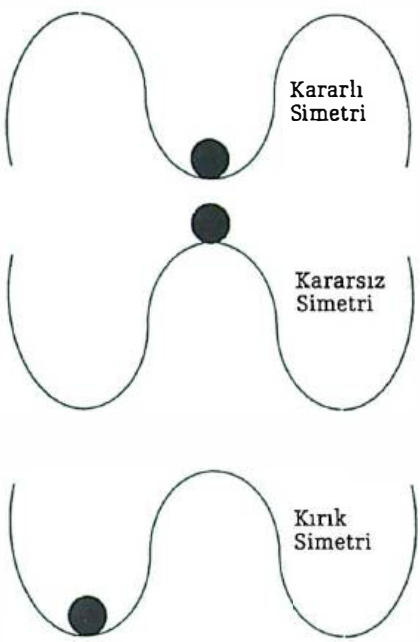
**siklotron//cyclotron//** İlk tür parçacık hızlandırıcılarından birisi. İçinde elektrik yüklü parçacıklar spiral bir çizgide manyetik ve elektrik alanların bir bileşimiyle hızlandırılır. Siklotronlarda edinilebilecek en yüksek enerji, özel ***görelilik kuramı***nın hız ve enerji bağıntısı ve siklotronun geometrisiyle sınırlıdır. Siklotron, 'itme' için düzenli aralıklı darbeler kullanır ve parçacıklar daha yüksek enerjiye çıkıp ağırlaştıkça devri tamamlamaları daha uzun sürer. Protonlar için sınır yaklaşık 25 MeV'dir. Bu noktada protonun hızı ışık hızının yaklaşık yüzde 20'si ve kütlesindeki artış yaklaşık yüzde 2'dir. Protonları sadece 80 keV'luk bir enerjiye hızlandıran ilk siklotron, Ernest Lawrence tarafından üretilmiş ve Berkeley'de ve 1930'da faaliyete geçmiştir.

**simetri//symmetry//** Ne olduğunu geometrik desenler bağlamında herkesin bildiği simetri fikri kuvvetler ve parçacıklar arasındaki ilişkileri betimlemek için kuantum dünyasına da sokuldu. Bu, fenbilim-

cilerin fiziği geometri cinsinden betimleyebilmesini –gerekirse bildik üç uzay artı bir de zaman boyutundan fazlasını da yaratarak– sağlar.

Simetri için tanıdık bir örnek bazı desenlerin yansıma simetrisidir. Bunda desenin sağ yanı sol yanının ayna görüntüsüdür. Bir diğer simetri kusursuz bir küreninkidir; nasıl döndürülürse döndürülsün hep aynı görünür. Buna küresel simetrili ya da dönme değişmezlikli denilir (bkz. ***değişmezlik***).

Simetri doğa yasalarının derinliğindedir. Örneğin doğa yasalarının Evrende her yerde aynı olduğunu söyleyen (öteleme değişmezliği) doğrusal ***momentum*** korunumu; fizik yasalarının her zaman aynı olduğunu söyleyen simetri, ***enerji*** korunumu yasasına eşdeğerdir; ve de fizik yasalarının dönme değişmezliği ***açısal momentum*** korunumuyla eşdeğer.




*Simetri. Kararlı, kararsız ve kırık simetri örnekleri.*

Kuantum fiziğindeki simetrilerin birçoğu ***kırık simetriler*** olup bunda aslında simetrik olan bir durum simetrisiz olmuştur. Bunun klasik örneği tam bir koni şeklindeki bir tepenin ucundaki simetrik durumda top aşağıya yuvarlandığında simetri kırılır ama ortaya çıkan durum hâlâ ardındaki simetrinin izini taşır. Fizikçiler, ***kuarklar*** ve ***leptonlar***, hatta ***fermiyonlar*** ve ***bozonlar*** arasındaki ***doğa kuvvetleri***nin simetrilerini bu fikirleri kullanarak keşfettiler. Bkz. ***grup kuramı***.

"Simetri" terimi kuantum mekaniğinde özgül bir anlamla da kullanılıyor. Bunun belli bir kuantum varlığını betimleyen dalga fonksiyonuna işaret eden özel bir anlamı var. Bozonları betimleyen dalga fonksiyonlarına simetrik, fermiyonları betimleyenlere ise karşı-simetrik denilir.[258]

**simetri grubu//symmetry group//** Bkz. ***grup kuramı.***

**simetri kırılması//symmetry breaking//** Bkz. ***kırık simetri, kendiliğinden simetri kırılması.***

**sinkrotron//synchrotron//**[259] Tüm modern ***hızlandırıcıları***n temeli (***doğrusal hızlandırıcılar*** dışında). Sinkrotronlar parçacıkları siklotron ya da sinkrosiklotrondaki gibi spiral olarak değil bir toroid (simit gibi) halkada hızlandırır. Bunu onları hep aynı "yörünge"de –ve de halkada– tutmak için hızları ve enerjileri arttıkça manyetik alanı yükselterek yapar.

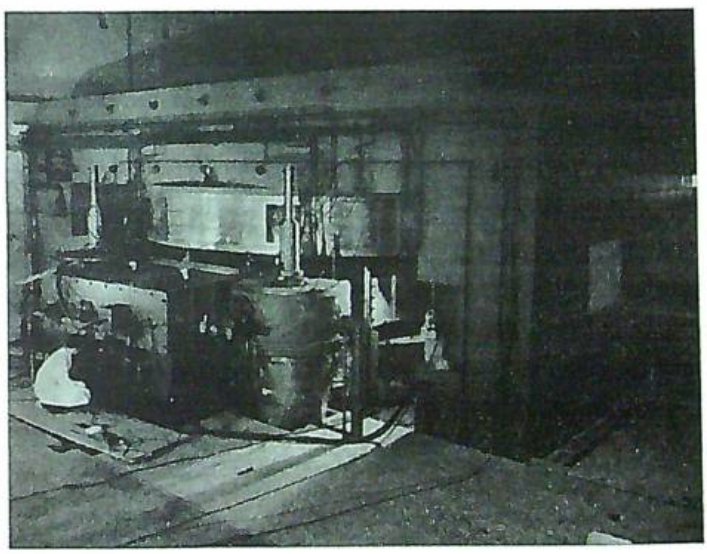
**sinkrosinkrotron// synchrocyclotron))** İkinci Dünya Savaşından sonra ***siklotron*** ilkesinden geliştirilen bir ***hızlandırıcı*** tipi. Bir sinkrosiklotronda deste deste parçacık hızlandırmayı sağlayan alan, özel göreliliğin gerektirdiği enerji artışını sürdürmek için sürekli değiştirilir (zaman uyumlandırılır). Böyle makineler özel görelilik kuramına göre (bkz. ***görelilik kuramı***) tasarlandıklarından bu kuram yanlış olsaydı çalışmazlardı.

**sinkrotron ışınımı//synchrotron radiation//** Elektromanyetizmaya göre yüklü cisimler ivmelenirse ışıma yaparlar, belli bir hızla giden elektronlar da manyetik alanın ***kuvvet çizgileri*** boyunca spiral çizerek eğri yörüngeye girdiklerinden ivmelenerek ışıma yaparlar, işte bundan dolayı siklotron ve ***sinkrotron***larda dolanan ***elektronları***n yaptıkları ışımaya, sinkrotron ışıması denilir. Dolanmanın hızı arttıkça (*ışık hızı*nın önemli bir kesri) ivmeden doğan ışımanın enerjisi ve dolayısıyla frekansı artar yani dalga boyu küçülür. Bu ışıma Evrende yüksek hızlı elektronlar manyetik ***kuvvet çizgileri*** çevresinde dolandıklarında da oluşurlar; bu astronomların atarcalar gibi nesnelerdeki durumları yoklamaları için önemli bir yoldur.

**sis odası//cloud chamber//** Temel parçacıkların izlerini gösteren ilk dedektör tipi. Kullandığı ilke yüksekten uçan uçakların adındaki "buhar izleri"ninkiyle aynıdır. Bu odalar Charles Wilson'un 1890'larda Cavendish Laboratuarında yaptığı çalışmalardan geliştirilmiştir. Işık üzerindeki etkisini incelemek için yapay buğu yaratmak istiyordu. Bunu

masa üstü boyunda bir aygıtla yapmak istiyordu; bunda nemli havayla dolu bir cam kaba (odacık) bağlı piston aniden dışarı çekilince basınç düşer ve kap içinde buğu ya da sis oluşturur. Buğu havadaki toz tanecikleri üzerinde yoğuşur (bulut yoğuşma çekirdekleri). Ama Wilson'u bir sürpriz bekliyordu; kaptaki havadan tozlar iyice temizlense bile piston çabucak iyice uzağa çekildiğinde odada çok ince bir buğu oluşuyordu. Düşüncesi damlacıkların elektrik yüklü parçacıklar (iyonlar) üzerinde yoğuştuğuydu ve bunu 1896'nın başlarında odayı bir X ışını kaynağının (X ışınları daha yeni bir yıl önce keşfedilmişti) yakınında çalıştırarak kanıtladı. X ışınları geçerken iyonlaştırdıkları kap hava atomlarının atomlarındaki yoğuşmayla dolduğunu görüyordu.

Wilson fikri 1910'da bir sis odasına alfa ve beta ışınları sıktığında tek tek taneciklerin izlerini iplik gibi bulutlar şeklinde görene ilerletmemişti. Tekniği Wilson'un Cavendish'teki çalışdaşlarından birisi olan Patrick Blackett ele alarak geliştirdi, yaptığı otomatik oda $10^{-15}$ saniyede bir genişlediğinde oluşan izleri bir sinefilme (ilkel sinema filmi) kaydetmişti. Bu kozmik ışınların incelenmesine yeni bir yol açtı. Sis odaları fizik için esaslı bir aygıt olmuş (örneğin pozitronların varlığını ilk ortay koyan bir sis odası fotoğrafıydı, bkz. ***C. D. Anderson***), giderek çapları iyice büyümüştü (metrelerce). Hâlâ kullanımdadırlar ama birçok amaç için başka dedektörlerin (örneğin ***kabarcık odaları*** ve ***tel odaları***) gerisinde kaldılar.

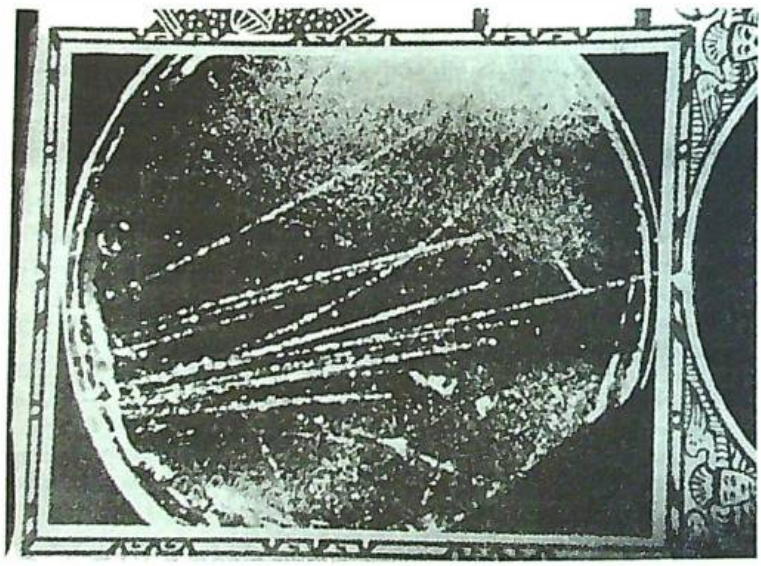


*Sinkrosinkroton. İlk CERN hızlandırıcılarından birisi, 600 MeV'lik bir sinkrosiklotron.*

**skaler//scalar//** Büyüklüğü olan ama doğrultu ve yönü olmayan bir nicelik.

**skaler alan//scalar field//** Yerleşik bir yöne bağlılığı olmayan bir alan. Çok kullanılan örnek, bir odadaki havanın her noktadaki sıcaklığını temsil eden bir alandır. Bu alanın odayı "doldurduğu" besbelli, yani her noktada sıcaklığa karşılık gelen bir sayı bulunur. Ama bir hava akımı giren bir odada, alandaki bir termometre kapının yanında düşük, odanın karşı tarafındaki radyatörün yanında yüksek sıcaklık gösterse de termometreleri sıcak noktalara doğru ya da onlardan öteye itekleyip duran bir kuvvet yoktur. Sıcaklıktaki farklılıklar alanın düzensizliğinden dolayı dolanım akımları oluşur ama minicik bir parçacığın elektrik alan çizgileri boyunca belli bir yönde devinmeye zorlanmasına eşdeğer bir yolu yoktur (bkz. ***vektör alanı, alan***).

Bir skaler alanın kendine özgü yanlarından birisi saptanmasının çok zor olmasıdır. Tamamen düzgün olan bir skaler alanın, çevresindekiler üzerinde hiçbir etkisi yoktur (örneğin bir odanın her noktası aynı sıcaklıktaysa bu ne denli yüksek olursa olsun dolanım akımları olmayacaktır. Pek tam olmasa da içgörülü bir analoji birisi yüksek bir binanın en üst katında diğeri en alt katında olan iki fizik laboratuarı ile yapılabilir. ***Kütleçekimin*** büyüklüğü bunlar için tam eşit olmasa da, ikisinde de ***Newton'ın devinim yasalarının*** bilardo toplarının



*Sis odası. 1933'te pozitronların varlığını gösteren sis odası fotoğrafı (bkz. Anderson). Soldan giren ve izleri sağa (burada aşağıya) bükülen parçacıklar artı yüklü pozitronlardır.*

davranışlarını aynı şekilde betimler. Ama en üstteki bilardo masası pencereden dışarı itildiğinde zemine çarpıp parçalandığında kütleçekimsel enerjisini ısı halinde salacaktır.

**skaler parçacık//scalar particle//** Bir ***skaler alan***la ilişkili alan parçacığı. ***Kuantum alan kuram***mda tüm alanlar parçacıklarla temsil edilebilir. Skaler parçacıklar bu kuantum parçacıklarının en basitleri olup ***spin***leri sıfırdır.

**skuark** ***Süpersimetri*** kuramında ***kuark***ın bozon ***karşılığıdır.***

SLAC Stanford Linear Accelerator Center'in (Stanford Doğrusal Hızlandırıcı Merkezi) kısaltılmış adı. 1960'larda California'da yapılmış olan uzunluğu 3 kilometre kadar olan bir parçacık hızlandırıcısı. Hızlandırıcı borusu uzunluğu boyunca yarım milimetrelik bir tamlıkla yerleştirilmiş olup elektronlar giderlerken elektromanyetik alanlarla hızlandırılarak (bir tür radyo dalgalarında sörf yapmak gibi) onlarca GeV'e eriştirilir (başta 20 GeV için tasarlanmış olup sonra da önce 30, ardından da 50 GeV'e yükseltilmiştir). Stanford'daki doğrusal hızlandırıcı, bu türün dünyadaki en büyük hızlandırıcı olup çekirdekcil parçacıkların, ***kuark*** modelinin kabulüne götüren ***parton*** modelinin geliştirilmesindeki kilit aygıttır. Aynı yerleşimde daha sonra ***SPEAR*** halkası yapılarak özgün doğrusal hızlandırıcı, ***SLC***'nin parçası olarak düzenlenmiştir.



*SLAC. Stanford'daki doğrusal hızlandırıcı 3,2 kilometre uzunluğundadır. Elektronlar hızlandırıcıya resimde görülen en yakın noktadan sıkılır ve hedefe yarı yolda, hızlandırıcının üzerinden geçen anayolun altındaki deney merkezinde varırlar.*

SLC ***SLAC***'taki bir parçacık ***hızlandırıcısı*** olan Stanford Linear Collider'in (Stanford Doğrusal Çarpıştırıcısı) kısaltılmış adı. Çarpıştırıcı 1980'lerde SLAC'daki özgün doğrusal hızlandırıcıya eklemelerle yapılmıştır. Elektron ve pozitron demetleri doğrusal hızlandırıcının zıt uçlarından gönderilip ortadaki kıvrılan ters yönlü çember yaylarına zorlanarak çemberin diğer yanında kafa kafaya gelirler. Her bir parçacık atmasının 50 GeV'lik enerjisi olduğundan böyle bir çarpışmanın toplam enerjisi 100 GeV'i bulur.

**Soddy, Frederick (1877-1956)** Britanyalı fizikçi; ***radyoaktif bozunma*** ve ***izotop***lar üzerine çalışmalarıyla 1921 Nobel Fizik Ödülünü aldı.

2 Eylül 1921'de Eastbourne'da doğan Soddy öğrenci olduğu Eastbourne Kolejinde öğretmeni olan R. E. Hughes'ten kimyacı olmak için esinlendi ve Aberysmith'teki Galler Üniversite Kolejine gitmeden önce 1894'te ikisi birlikte bilimsel bir makale yayımladılar. Soddy 1895'te Oxford Üniversitesine gitti ve 1898'de sınıf birincisi olarak bitirdi. 1900'de Toronto Üniversitesine kimya profesörlüğü için başvurdu ama ziyaret için Toronto'ya gittiği halde işi alamadı. Dönerken Montral'e uğradı; burada McGill Üniversitesinde ***Ernest Rutherford***'la çalışmak üzere asistanlık görevi verildi.

Rutherford'la verimli iki yıl geçirdikten sonra Soddy, Üniversite Kolejinde ***William Ramsay***'le çalışmak üzere 1902'de Londra'ya döndü. 1904'te Londra Üniversitesinin temsilcisi olarak Avustralya'ya gitti ama dönüşünde Glasgow Üniversitesine geçti ve izotoplar kuramını orada geliştirdi. 1914'te Aberdeen Üniversitesinde kimya profesörü oldu. Savaşla ilgili çalışmalarından sonra 1919'da Lees Kimya Profesörü olarak Oxford'a geçti ve orada kimya laboratuarlarının güncelleşmesinde çalıştı ama az bir araştırma yaptı. Karısının ölümü üzerine erken emekli oldu ve bir süre için Asya'ya gitti. Atom enerjisinin salıverilmesinin sebep olabileceklerine karşı derin kaygı duyuyordu ve ömrünün son yirmi yılında kendi enerjisinin çoğunu fenbilimcilerin toplumsal sorumluluk bilinci edinmelerine hasretti. Soddy 22 Eylül 1956'da Brighton'da öldü.

Soddy, Rutherford'la radyoaktif bozunma kuramına önemli katkılar yaptı. Bunlar birisi uranyumla diğeri de toryumla başlayarak kurşunla biten iki radyoaktif diziyi belirlediler. Ramsay ile, Ruherford'la birlikte önsöydükleri radyumun bozunmasından helyum çıkmasını gerçeklediler. Soddy 1913'te kurşunun çeşitli türlerde olduğunu gösterdi; Theodore Richards da bağımsız olarak aynı şeyi keşfetmişti.

Başka araştırmacılar da aynı yönde düşünüyorlardı ama yalnızca Soddy bunun ve diğer elementlerin de farklı biçimleri olduğunu izotoplar şeklinde açıklamasını yaptı ve bu adı verdi. Ayrıca bir atomun (daha doğrusu çekirdeğin) bir ***alfa parçacığı*** saldığında periyodik cetvelde iki basamak indiğini yani ***atom numarası***nın 2 azaldığını, ama beta parçacığı saldığında ise atom numarası 1 artarak bir basamak yükseldiğini keşfetti.[260]

**soğuk füzyon/soğuk kaynaşma//cold fusion//**

**soğurma kuramı//absorber theory//** Bkz. ***Wheeler-Feynman soğurma kuramı.***

**solucandeliği//worm-hole//** Bkz. ***kara delik.***



*1913'te toplanan ikinci Solvay Kongresinin katılımcıları. Grupta Albert Einstein (ortada ayakta), Marie Curie (ayakta, ortanın solunda) ve Ernest Rutherford (oturuyor soldan ikinci) de bulunmakta.*

**Solvay Kongresi** Belçikalı kimyacı Ernest Solvay (1838-1922) –sodyum karbonat (cam, sabun ve porselen yapımında kullanılan "soda") üretimindeki yöntemiyle servet kazanmıştı– tarafından desteklenen bir dizi fenbilimsel toplantının genel adı. Solvay, daha soyut bilime olan ilgisi dolayısıyla günün önde gelen fizikçileri bir araya gelerek görüşlerini paylaştıkları bu toplantılara fon sağlamıştı. Birincisi 1911'de beşincisi 1927'de yapıldı ve fiziğin gelişmesine yeğin, tezleştirici etkiler sağladı, özellikle de 20. yüzyılın ikinci yirmi yılında kuantum fi-

ziğinin. Kongreler 1920'lerden sonra da sürdü (on ikincisi 1961'deydi) ama kuantum mekaniğinin gelişmesinin altın çağına kıyasla daha az etkili oldu.

**Sommerfeld, Arnold Johannes Wilhelm (1868-1951)** Alman fizikçi; atom yapısının kuantum kuramına hatırı sayılır katkıları olan etkileyici bir öğretmendi.

5 Aralık 1868'de Königsberg'de (şimdi Rusya'daki Kaliningrad yöresinde) doğan Sommerfeld yerel Gimnazyumu bitirip 1886'da Königsberg Üniversitesinde matematik okumaya başlayarak 1891'de doktorasını aldı. Sonra da Göttingen'deki Mineraloji Enstitüsünde çalıştı, arkasından 1895'te Göttingen Üniversitesinde *öğretim görevlisi* oldu. 1897'de Clausthal'daki Madencilik Akademisinde matematik profesörü olduktan sonra 1900'de Aachen'de Teknoloji Enstitüsünde teknik mekanik profesörü; 1906'da ise Münih Üniversitesinde yeni kurulan Kuramsal Fizik enstitüsünün direktörlüğüne atandı. Sommerfeld, özellikle onun için kurulan Enstitüyü fizik tarihinin en coşkulu zamanlardaki önde gelen kuramsal fizik merkezlerinden birisi yaptı; öğrencileri arasında ***Peter Debye***, ***Wolfgang Pauli***, ***Walter Heitler***, ***Werner Heisenberg*** ve ***Hans Bethe*** bulunuyordu. Ayrıca kuantum fiziği hakkındaki haberleri, Wisconsin Üniversitesine (1922-23), California Teknoloji Enstitüsüne (1928) ve Michigan Üniversitesine çeşitli ziyaretlerle ABD'ye yaydı.

Sommerfeld bu görevden 1940'ta yetmişli yaşlarındayken, Yahudi bilim insanlarını 1930'ların Almanya'sındaki kurumlaşmış antisemitizme karşı yaşına karşın savunmak için emekli oldu. İkinci Dünya Savaşından sonra Alman fenbiliminin yeniden kurulması için görevi yeniden üstlendi ve 26 Nisan 1951'de bir arabanın çarpması sonucu öldü.

Fiziğe birçok katkı (jiroskop kuramı dahil) yaptığı halde en önemlisi kuantum kuramındaydı; ***Niels Bohr***'u atom modelini geliştirmesi için yüreklendirdi ve ardından Bohr modeline eliptik yörüngeler fikrini katarak[261] daha da geliştirdi. Daha sonra dalga mekaniği üzerine etkileyici iki kitap yazdı ve elli yaşlarının sonlarında metallerin kuantum kuramının temellerini attı.

**sonsuzluk/sonsuz//infinity//** Bir matematikçi için sonsuzlukta, sokaktaki adama kıyasla daha çok (bazen de daha az) şey vardır. Bilimkurgu hastaları ve amatör filozoflara yabancı olmayan bir düşünce şöyle, Evren sonsuz olsa o zaman yalnız herhangi bir şeyin herhangi bir yerde olması mümkün olmaz, mümkün her şey sonsuz kere sonsuz sayıda

yerde olur. Öyleyse kuantum dünyasının tüm tuhaflığı sonsuz bir Evrenin bizim köşemizi etkileyen kocaman bir istatistiksel şans olarak açıklanabilirdi. Ama püf noktası şu ki (böylesine bir istatistiksel şansın kafa karıştırıcı oluşu dışında) bu, enine boyuna gelişigüzel denilen özel tip bir sonsuzluk gerektirir. Her şeyi içermeyen bir sonsuzluk tabii ki mümkün; çok basit bir örnek tüm çift sayıların kümesidir. Bu tabii ki sonsuzdur ama tüketici (ya da gelişigüzel) değildir, çünkü hiç tek sayı içermez. Evrenin değil tüketircesine gelişigüzel, *sonsuz* olup olmadığını hiç kimse bilemez.

spin Kuantum varlıklarının ***klasik fizik***teki (*D*ünya'nın ya da bir topacın uzayda kendi ekseni çevresinde yaptığı gibi) dönme kavramıyla ilişkili bir özelliği olup kuantum dünyasında genelde olduğu gibi, klasik dünyada tam bir karşılığı yoktur.[262]

Kuantum varlıklarının diğer özellikleri gibi spin de kuantumlanmış olup hep temel spin biriminin (***Planck sabiti*** bölü $2\pi$ ya da $\hbar$)[263] tam ya da buçuklu katlarına eşittir. Genelde kolaylık olsun diye kısmı kullanılmaz ve fizikçiler bir parçacığın spinini, spin ½, spin 1, spin 1 ½ vb olarak belirtirler. Bir parçacığın spininin türü onun kuantum dünyasındaki yerini belirlemek için yaşamsal önemi bulunduğu anlaşılmıştır. Spinleri "buçuklu" olanlar (elektronlar ve protonlar gibi madde parçacığı olarak düşündüklerimiz) ***fermiyon***lar; spinleri sıfır ya da "tamsayılı" olanlara (kuvvet taşıyıcılar olan fotonlar, gluonlar gibi) da ***bozon***lar denilir.

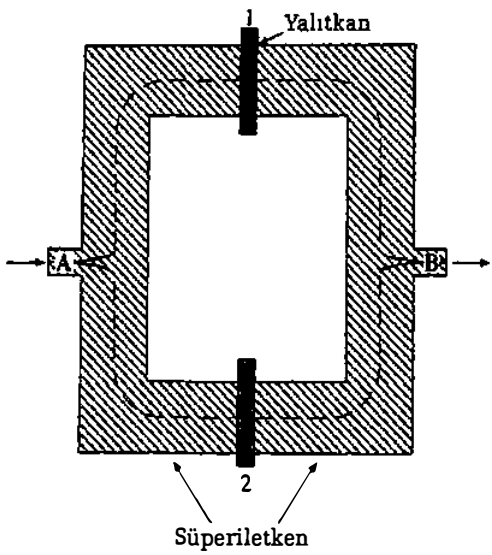
Kuantum spininin en tuhaf yanlarından birisi, "spin ½ parçacıklar" da denilen fermiyonların davranışlarında görülür, *D*ünya gibi bir nesne uzayda 360 derece döndüğünde, tekrar başladığı yere gelir. Ama bir spin ½ parçacık 360 derece dönerse varacağı kuantum durumu başladığı durumdan ölçülebilecek denli farklı bir duruma gelir. Başladığı duruma varması için bir 360 derece daha, yani iki tur, toplam 720 derece dönmesi gerekir. Bunu gözde canlandırmanın bir yoluna göre bir kuantum parçacığının Evreni bizim gördüğümüzden farklı "görmesi"dir. İki kez 360 derece döndüğümüzde göreceğimiz Evrenin iki özdeş kopyası olurken kuantum parçacığı Evrenin iki kopyası arasındaki farkı ayırt edebilir.

Elektron gibi, dönen (spini olan) bir kuantum parçacığı, adı üstünde kuantumlanmıştır; bir elektronun içinde bulunduğu ***atom***daki her ***enerji düzeyi***nde iki durumu (vektörün iki zıt bileşeni gibi yukarı spinli, aşağı spinli) olmasının sebebi budur.

Bkz. ***Uhlenbeck, George Eugene*** ve ***Goudsmit, Samuel Abraham***.

**spektrum//** Bkz. ***tayf.***

**SQUID** Süperiletkenli Kuantum Girişim Aygıtının "kısa adı." SQUID'ler bir bakıma tek tek kuantum parçacıkları gibi davranıyor ama makroskopik ölçüde; tipik olarak çapı 0,5 cm, görüp tutacak kadar. SQUID'in ilk örneğini Sussex Üniversitesinde Terry Clark ve çalışdaşlarının yaptı. Bu süperiletken malzemeden yapılmış (çapı 0,5 cm kadar) bir halka olup parmağına (çok küçük!!!) takılabilecek yüzüğe benzer ama bir yerinde kesiti on milyonda bir santimetre kare olan bir daralma bulunur. Bu zayıf bağlantı bir Josephson kavşağı gibi davranır ve sistem bir şekilde bir org borusu, ağızları çıkarılmış bir konserve kutusu gibi uçları açık bir silindire benzer. Ses dalgalarının org borusunda rezonansa gelmesi gibi üstüniletken halkadaki elektronlar duran dalgalar oluşturur. Bunlar Erwin Schrödinger'in geliştirdiği dalga denkleminin betimlediği dalgalar olup radyo frekanslarda elektromanyetik alanlar uygulanarak "akort edilebilir." Bu elektron dalgası 0,5 cm büyüklüğünde tek bir kuantum parçacığı gibi davranır; örneğin, kuantum parçacığı halkanın bir kenarına uygulanan uyarıya anında, imin halka boyunca ışık hızıyla gitmesini beklemeden bütünüyle tepki verir. Bu kuantal ***yerel olmama***nın bir örneğidir.




*SQUID. SQUID teması üzerine bir çeşitlemenin şeması. Bu örnekte süperiletken malzeme boyunca A'dan B'ye giden elektronların, iki Josephson kavşağını ("yalıtkan") aşarak çift yarık deneyindeki gibi girişimi oluşabilir.*

SQUID'lerin voltaj ve akım ölçen duyarlı detektörleri ve bilgisayarlarda yüksek hızlı (bir bakıma ışıktan hızlı!) aç-kapa bileşenleri gibi pek çok pratik uygulamaları vardır. Ama en heyecan verici kul-

lanımı kuantum fiziğinin çıkarımlarının doğrudan sınanmasında olur. Clark'ın takımının emellerinden birisi, metrelerce uzunlukta bir silindir şeklinde bir "makroatom" geliştirmekti; bu, yerel olmayan şekilde davranarak silindirin bir ucuna uygulanan uyarının silindiri anında boydan boya, ne de olsa 1 metrelik bir silindir aşarak, anlık bir kuantum geçişi sağlamayı amaçlıyordu. (Bu, özgün SQUID'lerden yalnızca 200 kat büyükken, atomlardan 100 *milyon* kat kadar büyüktür.) Sussex takımı gelecekten detektörlerine gelebilecek öncel dalgaların kanıtı olup olmadığını görmek için ellerindeki sistemlerindeki ardalan ***gürültü***süne de bakıyorlar (bkz. ***işlemsel yorum***).

**SPS** Bkz. ***Süper Proton Sinkrotonu.***

**standart model** Parçacık fiziğinde dünyanın ***ayar bozonları***yla etkileşen temel parçacıklarla betimi.

Standart modele göre madde dünyası bütünüyle, gerçek temel parçacıklar olan ***leptonlar*** ve ***kuarklar***dan oluşmuştur. Diğer tüm parçacıklar bu yapıtaşlarından yapılmış oluşumlardır. Parçacıklar arasında işleyen dört kuvvet var; kuarklar arasındaki renk kuvveti (bu yeğin çekirdek kuvvetinin temelindedir), zayıf kuvvet, elektromanyetizma ve kütleçekim (bkz. ***doğa kuvvetleri***).

Bu kuvvetlerin davranışlarını betimleyen en iyi örnek ***kuantum elektrodinamiği***dir (KEDİ). Bu elektromanyetik etkileşmeyi çok yüksek incelikle betimler ve yüklü parçacıklar arasında ***foton*** değiş tokuşuyla olur. Bu da zayıf etkileşmeyle (iş gören ***aracı vektör bozonlar***la) birleştirilerek genişletildi ve elektrozayıf etkileşme adıyla tek bir birleşik betim ortaya konarak toplam genel etkileşme sayısı dörtten üçe indi.

"KEDİ"nin yapısına benzeterek kuarklar arasındaki etkileşmeyi (bu durumda ***gluon*** değiş tokuşu yoluyla) betimlemek için ***fizikçiler kuantum renkdinamiği*** (KREDİ) kuramını geliştirdiler. Bu, kendisi bakımından çok başarılı bir kuram olsa da KEDİ kadar tam incelikli değildir. KREDİ ile elektrozayıf kuramın tek bir *büyük birleşik kuram*da birleştirilebilmesi umuluyor; bu sorun için geleceği parlak birçok girişme yolu bulunuyor.

Kütleçekim sıra dışı bir durum. Her ne kadar genel görelilik gibi çok başarılı ve yüksek doğruluğa sahip bir kuramı olsa da (bkz. ***görelilik kuramı***) bu kavramsal olarak diğer doğa kuvvetlerinin betimlerinden farklı olup açıkçası, standart modelin parçası olarak ele alınamıyor. Ancak, KEDİ ve KREDİ'yle aynı ilkeleri (ve ***graviton*** alışverişi) içerecek ve de genel görelilik kuramının tüm başarılı önsöyümlerini

yineleyecek bir ***kuantum kütleçekim*** kuramı geliştirilebilmesi için umutlandırıcı belirtiler bulunuyor. Bu da tüm doğa kuvvetlerini tek bir matematiksel çerçevede, bir ***her şeyin kuramı*** içinde betimlemeyi mümkün kılacaktır. Bkz. ***süperkütleçekim, süpersimetri, BHÇ, LIGO.***

1997'nin başında, Hamburg'daki DESY'nin HERA hızlandırıcısındaki deneylerden "standart modelin ötesinde" kimi fiziksel ipuçları çıktı. Bu deneylerde protonlar ve elektronlar arasındaki çok yüksek enerjili çarpışmalardan gelen sonuçlar kuarklarla elektronların daha önce hiç görülmemiş türden çok kısa uzaklıklardaki bir etkileşme olabileceğini öneriyordu. Bu gibi sonuçlar yani yapılacak deneylerde de görülürse bu standart modelin altüst olması değil daha derin düzeyde bir etkinliğin bulunduğu demektir. (Benzer şekilde genel görelilik kuramı Newtoncı kütleçekimi altüst etmeyip ondan daha öteye daha derin bir anlayış düzeyine iner.)

"Standart model" terimi kozmolojide de kullanılır ama bu başka bir öykü."

**standart sıcaklık ve basınç//standard temperature and pressure//** Bkz. ***STP.***

**SPEAR** (Özgün adının baş harfleri) Bkz. ***Stanford Asimetrik Pozitron-Elektron Halkaları***

Bkz. ***tayf ölçümü***

**spektroskopi** Bkz. ***tayf gözlemi.***

**spektrometri spektrometre** Bkz. ***tayf ölçer.***

**SSB//STP//** Standart Sıcaklık ve Basınca kısaltma. Tanımı 0°C (-273,16 K) ve 1 atmosfer (101,325 pascal). Daha çok kimyacılar tarafından deneylerin yapıldığı standart koşullar olarak kullanılır; böylece başka deneylerle karşılaştırmak için düzeltme gerekmez. (Bkz. ***SI***)

**Stanford Lineer/Doğrusal Hızlandırıcı Merkezi** Bkz. ***SLAC.***

**Stanford Asimetrik Pozitron-Elektron Halkaları//SPEAR/Stanford Positron-Electron Asymmetric Rings//** ***SLAC***'ın doğrusal hızlandırıcısı, SPEAR'e elektron ve pozitron demetleri gönderir. Hızlanan parçacıklar da SPEAR'ın oval halkasına zıt yönlerde girip yarımşar tur dolandırılarak kafa kafaya çarpıştırılırlar. SPEAR, 1972'de SLAC'daki bir park alanına kurulmuş olup 9 GeV'e kadar enerjilere çıkabilir. 1974 Kasımında ***J/psi parçacığ***ının varlığına delil sağlamıştı. (Bkz. ***Kasım devrimi.***)

**Stark kayması//Stark shift//** Bkz. **Stark olayı.**

**Stark olayı//Stark effect//** Yeğin bir elektrik alanındaki atomun saldığı ışığın tayf çizgilerinin yarılması. Bu, olgu yeğin elektrik alanı yüzünden elektron ***yörüngeselleri***ndeki bozulmalardan ileri geliyor, bu, atomdaki ***enerji düzeyleri***nin aralıklarını değiştirir (***Stark kayması***). Bkz. ***Zeeman olayı.***

**Stark, Johannes (1874 – 1957)** Alman fizikçi, fenbilimine iki büyük katkı yapmış olup edimleri dolayısıyla 1919 Nobel Fizik Ödülünü aldı.

15 Nisan 1874'te Schickenhof-Bavyera'da doğan Stark Münih Üniversitesinde okudu ve 1898'de doktorasını aldıktan sonra Münih Fizik Enstitüsünde öğretmenlik yaptı. Stark 1900'den 1906'ya kadar Göttingen Üniversitesinde Öğretim görevlisi ve sonra Hannover Yüksek Teknik Okulunda fizik profesörü oldu. 1909'dan 1917'ye kadar Aachen'deki eşdeğer kurumda profesörlük yaptıktan sonra Greifswald Üniversitesine atandı; 1920 ile 1922 arasında Würzburg Üniversitesinde öğretim yaptı.

1922'de Stark akademik yaşamı bıraktı ve bir porselen üretimi işi kurdu; bunda başarı kazanamadı ama elli yaşına yaklaştığından yeniden bir akademik görev edinemedi. Bu ise büyük ölçüde ona böyle bir görev verecek durumda olanların hemen hepsiyle geçmişteki uyumsuz ilişkilerinden ve zamanın fenbilimsel gelişmelerinden uzak kalmış olmasındandı. Kuvvetli bir antisemitik (çalışdaşları arasında tek onayladığı Philipp Lenard olmuştu) olan Stark, 1920'lerin hem görelilik hem de kuantum kuramlarına karşıydı; bu kısmen, ona göre bu fikirleri büyük ölçüde Yahudilerin geliştirmiş olmasıydı.

Akademik görev edinmeyi başaramaması yüzünden daha da hırslanan Stark Nazi'lerin ilk destekçilerinde ve 1930'da Nazi Partisi üyesi oldu.

Hitler iktidara geldiğinde Stark Devlet Fiziksel ve Teknik Enstitüsünün ve Alman Araştırma Kurumunun Başkanı oldu. Bu makamlardan giderek 1920'lerde onu reddeden eski akademik görevlerine dönen Stark, ***Albert Einstein*** ve ***Max von Laue*** gibi araştırmacıların yaptıkları "Yahudi bilimi"ne karşıtlığını şiddetlendirdi; ama 1936'da rahatsız edici kişiliğinden dolayı otoritelerle de çatıştığından, görevlerinden istifa etti (Naziler bile Stark'ı iyi bir yöneticilik için fazla dengesiz ve aksatıcı buluyordu). Stark 1947'de aktif bir Nazi olduğu için çalışma kampına mahkûm edildi. 21 Haziran 1957'de (Batı) Almanya'daki Traunstein'da öldü.

Stark ilk önemli fizik çalışmasını Göttingen'de yaptı. Katot ışını tüplerinde oluşan ve o zaman kanal ışını denilen (artı yüklü iyonlar)

demetlerin saldığı ışığın, "ışınların" hızlı deviniminden dolayı ***Doppler olayı*** göstereceğini önsöyüp deneysel olarak doğrulamıştı. İkinci ve en iyi bilinen önemli çalışması 1913'te yapılmıştı. Bunda yeğin elektrik alanından geçen kanal ışınlarının saldığı ışığın tayfındaki çizgilerin yarıldığını –***Stark olayı***– göstermişti.

Stefan Yasası//Stefan law// Bkz. ***Stefan-Boltzmann Yasası.***

**Stefan, Josef (1835-1893)** Avusturyalı fizikçi; bir nesnenin enerji ışıma gücüyle sıcaklığı arasındaki ilişkiyi ortaya ilk koyan kimse (bkz. ***Stefan-Boltzmann yasası***).

24 Mart 1835'te Klagenfurt yakınlarındaki St. Peter'de doğan Stefan Viyana Üniversitesini 1856'da bitirdi ve üniversitede öğretime başladı; bir yandan da araştırma yapıyordu. 1863'te Viyana Üniversitesinde doktorasını tamamladıktan sonra geri kalan ömrünü yüksek matematik ve fizik profesörü olarak orada geçirdi. Adıyla anılan ışıma yasasını 1879'da ***John Tyndall***'ın deneylerinden keşfetti. Stefan, bu yasayı kullanarak güneş yüzeyinin sıcaklığının ilk sağlıklı tahminini (6000 °C yapmıştı. 7 Ocak 1893'te Viyana'da öldü.

**Stefan-Boltzmann Yasası//Stefan-Boltzmann law//** Bir cismin enerji ışımasının sıcaklığa bağlılığının matematiksel bağıntısı. Bunun, cismin ***mutlak sıcaklığ***ının dördüncü kuvvetine ($T^4$) bağlı olduğunu ilk 1879'da ***Stefan*** göstermiş; sonra da ***Ludwig Boltzmann*** bu bağıntıyı ***termodinamiğin 2. yasası***ndan çıkartmıştı. Bu yapıdaki katsayı aslında ***siyah cisim*** ışıması içindir, ancak sıradan cisimler için katsayı farklı değerler alır.

**Steinberger, Jack (1921- )** Almanya doğumlu ABD'li fizikçi; 1988 Nobel Fizik Ödülünü (1960'ların başlarında) müon nötrinosunun varlığını gösteren ortak çalışmalarıyla ***Leon Lederman*** ve ***Melvin Schwartz*** ile paylaştı.[264]

25 Mayıs 1921'de Bad Kissingen'de doğan Steinberger,1934'te Nazilerin iktidara gelmesinden kısa bir süre sonra ailesiyle ABD'ye göçtü. Chicago Üniversitesinde okudu ve 1948'de doktorasını alarak New York'taki Columbia Üniversitesine geçerek 1950'de profesör oldu ve 1972'ye kadar orada kaldı. Bu görevi sürerken 1968'den emekli olduğu 1986'ya kadar kısa bir süre direktörlüğünü de yaptığı ***CERN***'de de çalıştı.

**Stern, Otto (1888 – 1969)** Almanya doğumlu ABD'li fizikçi; elektron spininin varlığını gösteren deneyi (Stern-Gerlach deneyi) yapan ta-

kımın üyesi; hem bu deneyde kullanılan tekniği geliştirmesi hem de protonun ***manyetik momenti***ni ölçmesi için 1943 Nobel Ödülünü aldı.

Stern 17 Şubat 1888'de Sohrau'da (o zaman Almanya, şimdi Polonya'daki Zory) doğdu. Almanya'da birkaç üniversitede okuduktan sonra Breslau Üniversitesini bitirdi ve 1912'de doktorasını aldıktan sonra kısa bir süre –Albert Einstein'a yakın olmak için– Zürih'de çalıştı. Birinci ***D***ünya Savaşı sırasında Stern Rusya sınırında meteoroloji servisinde görev yaptı. 1918'de Frankfurt Üniversitesinde asistanlık görevi yaptıktan sonra 1921'de Rostock Üniversitesinde kuramsal fizik doçenti oldu. 1923'te kimya profesörü olarak Hamburg Üniversitesine geçti ve izleyen on yıl içinde ***Niels Bohr***, ***Wolfgang Pauli*** ve ***Paul Ehrenfest*** gibi kuantum öncüleriyle işbirliği yaptı.

***Walter Gerlach*** ile çalışması 1920 ve 1921'de Hamburg'da yapıldı. Bu deney için molekül demetlerini, moleküllerin özelliklerini alanda nasıl saptırıldıklarına bakarak incelemek amacıyla manyetik (sonra da elektrik) alan içine fırlatma tekniğini geliştirdi; bu teknikte bir değişiklik yaparak 1933'te protonun ***manyetik moment***ini ölçtü. 1931'de ise moleküler demetlerdeki "parçacıkların" "dalgalar" olarak da davrandıklarını göstermiş bulunuyordu. Stern 1933'te Naziler iktidara geldiğinde Almanya'yı terk etmek zorunda kaldı ve ABD'ye giderek Pittsburgh'taki Carnegie Teknoloji Enstitüsünde fizik profesörü oldu ve 1939'da ABD vatandaşı oldu. 1945'te emekli olarak California'da Berkeley'e taşındı. Burada bilimsel gelişmelerle ilgilenmeyi sürdürdü. 17 Ağustos 1969'da sinemada geçirdiği kalp krizi sonucu öldü.

**Stern-Gerlach deneyi** ***Otto Stern*** ve ***Walter Gerlach*** tarafından 1920'lerin başlarında yapılan bir deney. Bu, özel bir manyetik alandan geçirilen gümüş atomlarının, ***Arnold Sommerfeld***'in kuramsal önsöyümünün önerisine göre iki akışa ayrılmasıyla ilgilidir. Bu ***Samuel Goudsmit*** ve ***George Uhlenbeck*** tarafından elektron ***spin***i –daha önce hiç şüphelenilmeyen bir kuantum özelliği– olarak açıklandı.

**STP** Bkz. ***SSB***

**Strassman, Fritz** (1902-1980) Alman kimyacı, atom çekirdeklerinin bölünmesi olgusunu açıkça ortaya koyan ilk deneylerde (bunları bu şekilde ***Lise Meitner*** ve ***Otto Frisch*** yorumlamıştı) ***Otto Hahn*** ile işbirliği yapmıştı.

22 Şubat 1902'de Boppard'da doğan Strassman Hannover Teknoloji Enstitüsünde ve Berlin'de Kaiser Wilhelm Enstitüsünde öğretim yaptıktan sonra 1946'da Mainz Üniversitesinde anorganik ve nükleer

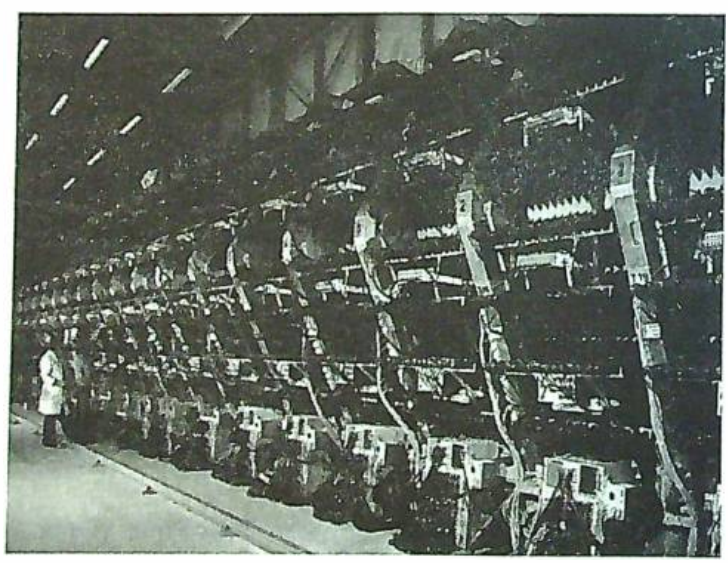
kimya profesörlüğüne atandı. Onu hatırlatan çalışma 1930'ların başlarında Halın ile birlikte yapıldı.

**Stronsiyum tarihlemesi//strontium dating//** Bir ***radyoaktif tarihleme*** tekniği; örnekteki stronsiyum-87 (rübidyum-87'nin ***bozunum***uyla oluşuyor) miktarının ölçülmesini kullanıyor.

**Strutt, John Wiliam (1842-1919)** Bkz. ***Rayleigh, Lord.***

**SU(3)//3 boyutta özel üniter grup//special unitary group in 3-D//** Üç boyutlu özel üniter matrisler grubunun, ya da *özel üniter grup 3* kısaltılmış gösterimi ("boyut" deyişi burada grubun yapısıyla ilgili olup bildik uzay boyutuyla ilgisi yoktur). Bu belirli matematiksel grup (bkz. ***grup kuramı***) temel parçacıklar arasındaki, ***sekiz katlıyol***'da gösterilen ilişkiler düzenini destekleyerek ***kuantum kromodinamiği*** kuramının bütünleyici bir parçası olur. Bu, örneğin SU(3) üç boyutlu olduğundan kuarklara ilişkin üç tür renk yükü olmasıdır. SU(3) bir ***Abelyen olmayan ayar kuramı***na bir örnektir.

**sürüklenme odası//drift chamber//** İçinde paralel tellerin bulunduğu, bir kabarcık odasının elektronik eşdeğeri dedektör. Paralel teller bir elektrik alanının uygulandığı gazla dolu bir odaya dizilir. Yüklü bir parçacık gazın içinden geçtiğinde, elektrik alanı sayesinde sürüklenen iyonize bir iz oluşturur ve tellere bağlı dedektörleri tetikler. 1970'lerde CERN'de Georges Charpak tarafından geliştirilmiştir.



*Sürüklenme odası. CERN'deki WA1 isimli sürüklenme odası 20 metre uzunluğunda ve 1500 ton ağırlığındadır.*

**Szilard, Leo (1898-1964)** Macaristan doğumlu ABD'li fizikçi; atom bombasının gelişmesinde, benzeri bir silahın Nazi Almanyası'nda geliştirilmesi kaygısıyla esaslı bir rol oynadı (bkz. ***Manhattan Projesi***), ama bunun Japonlara karşı kullanılmasına da ciddi olarak karşıydı. Bir de ***Maxweel'in cini*** muammasıyla da çözdü.

11 Şubat 1898'de Budapeşte'de doğan Szilard orada elektrik mühendisliği okudu, ama Birinci *D*ünya Savaşında Avusturya-Macaristan ordusuna çağırıldı; savaştan sonra da Berlin Üniversitesine geçerek fizik okumaya başlayıp 1922'de doktorasını aldı. Orada 1933'e kadar kaldı ve Naziler iktidara geldiğinde Viyana üzerinde İngiltere'ye gitti ve Lontra'daki St. Bartholomew Hastanesinde ve Oxford'daki Clarendon Laboratuarında fizikçi olarak çalıştı. 1937'de ABD'ye göçtü Columbia Üniversitesinde görev yaparken 1943'te ABD vatandaşı oldu. İkinci *D*ünya Savaşından sonra fiziği bırakarak moleküler biyolojiye geçti ve 1946'da Chicago Üniversitesinde biyofizik profesörlüğüne atandı. On yıl sonra La Jolla-California'daki Salk Biyolojik Bilimler Enstitüsüne geçti ve 30 Mayıs 1964'teki ölümüne dek orada çalıştı.

Szilard daha 1934'te bir zincirleme tepkimenin, elverişli bir radyoaktif nesnede tetiklenebileceğini fark etti ve sürecin patentini alarak Britanya'da bir güvenlik önlemi olarak Amiralliğe sundu. 1930'un sonlarında ***Otto Hahn*** ve ***Lise Meitner***'in uranyumun bölünmesi üzerine çalışmalarını işittiğinde Nazilerin nükleer silahları geliştireceklerinden kaygılanarak ve (***Edward Teller*** ve ***Eugene Wigner*** ile birlikte) Albert Einstein'a giderek onu Başkan Roosevelt'e bu olasılığa dikkatini çekecek bir mektup yazması için ikna ettiler. Szilard'ın bundaki asıl rolü 1942 içinde ***Enrico Fermi*** ile birlikte Chicago'da ilk nükleer reaktörün (o zaman atom pili deniyordu) yapımında çalışmaktı: sonra da savaş sonuna kadar Los Alamos'ta çalıştı.

Szilard, İkinci *D*ünya Savaşından sonra atom enerjisinin barışçı kullanımı ve nükleer silahların uluslararası denetimi için aktif bir eylemci oldu ve 1959'da bu işleri dolayısıyla Barış İçin Atomlar, 1960'ta da Einstein ödüllerini aldı. Szilard Mayıs 1960'ta uykusunda kalp krizi geçirerek öldü.

**şişme//inflation//** Bkz. ***kuantum kozmolojisi.***

***tabaka//shell// Bkz. elektron***

**çekirdeğin tabaka modeli//shell model of the nucleus//** Çekirdeklerin, atomdaki elektronların tabaka modeline (bkz. ***elektron tabakası***) analog olarak geliştirilmiş olan bir modeli. Modal büyük ölçüde ***Marya***

*Goeppert Mayer* ve bağımsız olarak *Hans Jensen* tarafından geliştirildi. Önerdikleri, çekirdekleri sınıflandıran ***sihirli sayıların*** proton ve nötronların çekirdek içinde bir dizi nükleon tabakaları içinde yerleşmesiyle açıklanabilecekleriydi. O zaman sihirli sayılar, tıpkı kimyasal olarak inert elementlerin dış elektron tabakaları dolu olan atomlarına karşılık gelmektedir. Kimi amaçlar için yararlı olsa da çekirdeğin tabaka modeli her şeyi açıklamıyor (örneğin bkz. ***sıvı damlası modeli***).

**taban durumu//ground state//**

**takiyon** *Hep ışık hızı*ndan daha hızlı devindiği varsayılan bir parçacık türü. Özel görelilik kuramı kütlesi olan hiçbir parçacığın olağan hızlardan ivmelenerek ışık hızının ötesine, erişemeyeceğini, söyler (çünkü ışık hızına bile erişmek sonsuz enerji gerektirir). Ama denklemlerindeki simetri, hep ışıktan hızlı giden ve yavaşlayarak buna erişip altına geçmesi mümkün olmayan parçacıkların da varlığına izin veriyor.

Böylesi ışık ötesi parçacıklar bildik tür parçacıkların birçok özelliğinin ayna simetrisi gibidir; örneğin enerji yitirdikçe hızları artar ve zamanda geri giderler. Takiyonların varlığına ilişkin hiçbir doğrudan (?) delil olmayıp çoğu fizikçi bunların olabilirliğini betimleyen denklemlerin kimi kuadratik denklemlerin "eksi kökleri"nden daha anlamlı değildir; örneğin bir parça sicimin uzunluğu "9'un karekökü" santimetre olarak belirtildiğinde, denklemler sicimin ya 3 cm ya da -3 cm uzunluğunda olduğunu söyler ya, hangi "yanıtın" gerçek dünyaya uygulanabileceğine karar vermekte hiç zorluk çekilmez. Buradaki simetrinin fiziksel olarak pek de anlamlı olduğu söylenemez.

**Thales, Miletli (yaklaşık MÖ 625-550)** Milet'te doğmuş olan Yunan filozof. Başarılı bir tüccar olarak Mısır'a gittiği ve orada geometri öğrendiği düşünülüyor. 250 yıl kadar sonra Öklit'in sistemli olarak yazdığı geometrik fikirlerin kimilerini geliştirdiği sanılmakta. Ayrıca, depremler gibi olguları tanrıların işi olarak "açıklamak" yerine, artık bilimsel denilen şekilde açıklamaya girişmişti. Bir de 28 Mayıs MÖ 585 günü Batı Anadolu'da Güneş tutulması olacağını da –Mezopotamya kayıtlarından yararlanarak– önsöymüş olması da söz konusu; bu (weburbia gibi kimi fenbilimi zaman dizimlerinde) fiziğin başlangıcı olarak da düşünülmekte. Thales ilk bilimsel düşünür olarak görülmektedir.

**tamamlayıcılık//complementarity//** Belli değişken çiftlerinin aynı anda kesin değerler almasını önleyen kuantum özelliği. Tamamlayıcılık özelliklerinin klasik örneği konum ve momentumdur (özünde hız

vektörüne eşdeğer). Bir kuantum varlığının aynı anda kesin bir konum ve kesin bir momentum değeri olması mümkün değildir.

Bu sırf insanın ölçü yapma yetisinin yetersizliği değildir. Tamamlayıcı özelliklerin değerinde her zaman bir belirsizlik olması kuantum dünyasının temel özelliklerinden birisidir; dolayısıyla kuantum varlığının kendisi hem nerede olduğunu hem de ne hızla gittiğini kesinkes "bilemez." Bu belirsizliğin ne kadar olduğu ***Heisenberg***'in ***belirsizlik ilkesi***nin bağıntısıyla verilir.

Benzer şekilde bir parçacığın (ya da bir kuantum sisteminin) enerjisini kesinlikle belirlenmiş bir anda kesin bir değerle bilmek olanaksızdır (bkz. ***kutudaki saat deneyi***).

Tamamlayıcılık, bir kuantum varlığının hem parçacık hem de dalga olarak betimlenebilmesiyle yakından ilişkili olup bu ikisi kuantum varlığının iki tamamlayıcı özelliğidir. Konum "parçacık tarzı" bir özellik olup diyelim ki bir elektron ekranda bir ışık beneği yaptığında nerede olduğu kesinkes bilinir ama ne hızla geldiği bilinemez. Ama bir dalga yaygın bir nesne olup kesinkes belirlenmiş bir konumu olamaz, dolayısıyla gitmekte olan bir elektronun hızı "bilindiği" halde konumu belirsizdir.

Konum ve momentum gibi tamamlayıcı özellikler ***eşlenik değişkenler*** olarak da bilinir.

**Tamm, İgor Yevgeniyeviç (1895-1971)** Rus fizikçi; 1958 Nobel Fizik Ödülünü, *Çerenkov ışınımı*yla ilgili incelemeleri için ***Pavel Çerenkov*** ve ***İlya Frank*** ile paylaştı. Tamm 8 Temmuz 1895'te (eski takvimle 26 Haziran) Vladivostok'ta doğdu ve 12 Nisan 1971'de Moskova'da öldü.

Çerenkov ve Frank ile paylaştığı ödül Rusların ilk kez Fizik Nobel Ödülü almalarını işaretliyor; bir dönüm noktası olup o zamanların Sovyetler Birliği'nde bilimsel çalışma yapmanın önemini tanınmasını simgeliyor. İşe bakın ki Tamm ödül aldığı çalışmasını fiziğe yaptığı en önemli katkı olarak görmüyordu (birçok fizikçinin paylaştığı bir görüş).

Ortaöğrenimini tamamladıktan sonra Tamm 1913 ve 1914'te Edinburgh Üniversitesinde okudu ve Rusya'ya dönerek, Bolşevik devriminin karmaşası içinde doktorasını tamamladı (1918'de Moskova Üniversitesi). Birçok üniversitede fizik öğreterek 1930'da Moskova Üniversitesi fizik bölümü başkanı olduktan sonra 1934'te Lebedev Enstitüsünün başına geldi. Bir fizikçi olarak prestiji ve uluslararası şöhreti ona Stalinci rejimde bile görece bağımsız bir konum sürdürmesini sağladı;

oysa kuvvetle desteklediği görelilik kuramını o sıralarda Sovyetler Birliği'nde birçok kişi Marksizm karşıtı olarak görüyordu. Tamm Sovyet nükleer füzyon programında Andrei Sakharov ile birlikte çalıştı ve de Pugwash hareketinde (nükleer silahların kullanımına karşı bir uluslararası fenbilimciler grubu) etkindi. 1963'te nükleer silahsızlanmanın desteklenmesi üzerine bir ABD televizyonunda konuşma yaptı.

Tamm'ın fiziğe yaptığı birçok katkı arasında nötron aslında elektriksel olarak nötr olduğu halde ***manyetik momenti*** olduğunu göstermesi bulunuyor. Nobel Ödülü hakkettiği söylenebilecek çalışması 1934'te geliştirdiği ***beta bozunması*** kuramıdır; bunun nükleonlar arasındaki bir zayıf kuvvetten ileri geldiğini öneriyordu. ***Hideki Yukawa*** bu fikri kullanarak zayıf kuvveti ***mezon*** değiş tokuşu cinsinden betimledi.

**tau** ***Lepton*** ailesinin bir üyesi, bir tür ağır ***elektron***. Tau parçacığının elektrik yükü ve spini elektronunkiyle aynıdır (-1 ve 1/2), ama kütlesi 1,784 GeV (en ağır leptondur) olup kararsızdır (*ömrü* $3\times10^{-13}$ s). Kurmaca önsöyülmüş olduğu halde ***SLAC***'da yapılan deneylerle ancak 1975'te belirlendi. Bkz. ***aile***.

**tau nötrinosu** Bkz. ***nötrino***.

**taramalı tünelleme mikroskobu//scanning tunelling microscope//** Malzemelerin yüzeylerini sondalamak için kuantum ***tünelleme***sini kullanan mikroskop. Mikroskobun sondasının ucu süperiletken "havada tutuş"la birkaç atom çapı yukarısında taranan yüzeyler boyunca yürütülür. Elektronlar taranan yüzeyden tünellenerek sondaya çıkarlar ve değişen elektrik imleriyle yüzeyin ayrıntılarını aktarırlar.

**tayf//spectrum//** Bir kaynaktan çıkan ***elektromanyetik ışıma*** şiddetinin, ***dalga boyu***na bağlılığının gösterilişi. En iyi bilinen örnek görünen ışığın gökkuşağı tayfıdır. Bu bir prizmayla gösterilebildiği gibi gökkuşağının kendisinde de görülebilir. Beyaz *ışık* bir dalga boyları karışımıdır. İnsan gözünün gördüğü renk tayfının kapsamı kırmızıdan (en uzun dalga boyu) turuncuya, sarı, yeşil, mavi ve çivididen mora (en kısa dalga boyu) kadardır. Bir tayftaki her rengin parlaklığı kaynağın toplam parlaklığına o rengin ne denli katkı yaptığını gösterir. Tayfın özellikleri ya fotoğraf yöntemiyle ya da elektronik dedektörlerle yüksek kesinlikle belirlenir.

Tayf, görünür kısmının her iki kanadının da ötesine, uzanır. Bir yanı morötesi ve sonrası, diğeri ise kızılaltı ve sonrası. İnsan gözünün duyarlığı dışındaki değişik dalga boylarında uygun araçlarla kaydedi-

lip sayılarla ya da çizgelerle sergilenebilir. Her iki durumda da enerjide yeğin bir tepe (optik tayftaki salım çizgilerine karşılık) olan yerlerle enerjinin düştüğü çukur yerler (optik tayftaki soğurulma çizgilerine karşılık) olacaktır. Bütün elektromanyetik tayf iletişim ve yararlanma kolaylığı bakımından ayrı bantlara (görünen bölgenin renklere ayrılması gibi) ayrılmakta Bütün tayf uzun dalga boylu radyo dalgalarından (en uzun dalga boyları), başlar, ***mikrodalgalar***dan geçer, kızılaltı, görünür ışık, morötesi, ***X-ışınları*** ve en son ***gama ışınları***na (en kısa dalga boylu) varır.

"Tayf" terimi, benzeşimle, ***sağanak***taki farklı parçacıkların enerji dizilişleri gibi başka olgularda da kullanılıyor. Bkz. ***tayf gözlemi.***

**tayf gözlemi//spectroscopy//** Elektromanyetik ışınımın tayfı, özellikle de ***tayf çizgileri***nin üzerine çalışılma. 20. yüzyılın başlarında bu gibi çalışmalar atomun kuantum kuramının gelişmesinde kritik önem taşıyordu; hidrojenin tayf çizgilerinin düzenini açıklaması ***Bohr modeli***nin zaferlerinden birisiydi.

Tayf gözlemi artık kimyasal çözümlemelerde (astrofizikte de, yıldızların bileşimlerini saptamakta) molekül yapılarının belirlenmesinde hatta –Evrenin genleşmesiyle uzak nesnelerin tayflarının özelliklerinin uzun dalga boylarına ilerlemesi (ünlü kırmızıya kayma) kullanılması sayesinde– kozmolojide kullanılır.

Tayf gözlemi biliminin 19. yüzyılın başında ***William Wollaston***'un, Güneş ışığının tayfındaki karanlık çizgilerin keşfiyle başladığı söylenebilir ama bu çizgilerin kökeni doğru dürüst anlaşılıncaya kadar aşağı yukarı karanlıkta bocalamayla yüz yıl geçti. Bu çizgilerin nasıl oluştuğu bilinmeden bile ***Joseph Fraunhofer***, ***Robert Bunsen*** ve ***Gustav Kirchhoff*** deneylerle her elementin kendi tayf çizgisi takımı oluşturduğunu belirleyebildiler. Robert Bunsen'in laboratuarda kullanılan beke adı verilen (her ne kadar o icat etmediyse de) ile aynı olması raslantı değil; bunsen beki[265] bu çalışmadaki kilit gereçti; bekin parlak alevinde ısıtılan bir element tayfının keskin çizgilerinin salınmasıyla oluşan bir belirtken bir ışık verir. Günlük yaşamdan bilinen bir örnekte sodyum ısıtıldığında parlak sarı-turuncu ışık verir; bu, tayfının sarı-turuncu kısmındaki salım çizgilerinden ileri gelir. Bu, sodyumu bir bunsan bekinin alevinde ısıtarak görülebilir (pek salık veril*mez* ya) ya da (daha güvenli!) sıradan sokak lambalarının sarı ışığında görülebilir. Tüplerin içindeki gazda bulunan eser miktarda sodyumu elektrik akımı uyartarak ışığın salınmasını sağlar. Sokak ışığında olduğu gibi

atomlar (örnekteki sodyum) bir bileşikte bağlı olsa bile belirtken ışık salınır. Demek ki örneğin, sofra tuzu (sodyum klorür) bile bir bunsen bekinin alevinde ısıtılırsa ya da tuz ateşe atıldığında belirtken sodyum sarısı görülecektir.

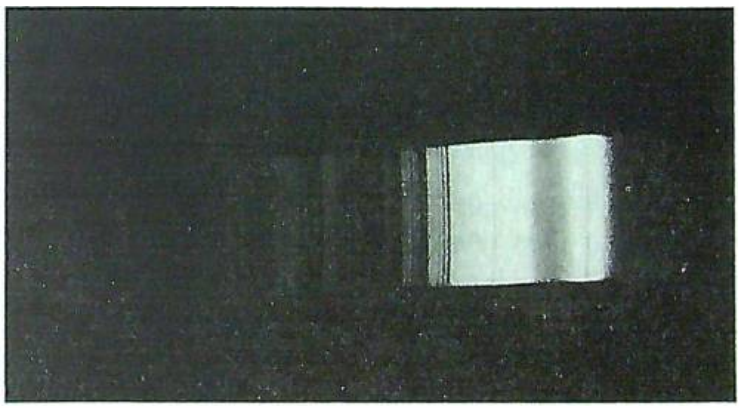
Her elementin kendi tayf çizgisi dizilişi olup, sıcaklık değişse bile her durumda diziliş aynı kalır (ama çizgilerin şiddetleri değişir). Gerçekten de soğuk bir gaz içinde belli bir element varsa ve sıcak bir cisimden gelen ışık gazın içinden geçerse aynı çizgi dizilişi bu kez enerjileri soğuruldukları için tayfta karanlık çizgiler halinde kendini gösterir. Laboratuarda elde edilen tayfla, Güneş'ten ve yıldızlardan gelen tayflardaki karanlık çizgileri karşılaştırarak tayf gözlemcileri bu çizgilerin çoğunun güneş ve yıldızlarda *D*ünya'da bilinen elementler cinsinden belirleyebildiler. (Bu tür çalışmalar 1859'da ***Kirchhoff*** Güneş'in atmosferinde sodyum olduğunu saptadığında başlamıştı.) Bu sürecin ünlü tersinmesinde Norman Lockyer Güneş tayfındaki, *D*ünya'da bilinen elementlerden hiçbirisine karşılık gelmeyen karanlık çizgileri bilinmeyen bir elemente atfederek buna helyum adını verdi (Helios-Güneş). Helyum sonradan yeryüzünde de bulundu ve tayfının bu Güneş çizgilerine tam uyduğu anlaşıldı. Ama burada daha çok tayf gözlemciliğinin atom yapısını yoklamak için nasıl kullanıldığıyla ilgilenilecek.

Hidrojen tayfı özellikle basittir; ama artık sebebinin hidrojen atomunun tek bir protonla ilişkili tek bir elektrondan oluşması olduğu biliniyor. Tayftaki, hidrojenin kendine özgü parmak izini sağlayan çizgilerin düzeni, bunların dizilişini betimleyen matematiksel bağıntıyı 1884'te oluşturan ve 1885'te yayımlayan İsviçreli öğretmen Johann Balmer'in adıyla anılır (bkz. ***Balmer serisi***). Balmer'in formülünün basitliği bunun hidrojen atomunun yapısına ilişkin derin bir anlam taşımalıydı. Ama ne olduğunu hiç kimse bilmiyordu, ta ki Bohr sahneye gelene dek. Bohr bir tayf gözlemcisi değildi ve her ne kadar öğrenciliğinde tayf gözlemi yaptıysa da hidrojen atomunun yapısı muammasıyla uğraşmaya başladığında bu gizin kilidini çözecek anahtarın Balmer serisi hemen aklına gelmemişti. Ama 1913'te bir çalışdaşı, Balmer formülünün gerçekten de ne denli basit olduğuna dikkatini çekince öneminin değerini anladı. Bu, doğrudan hidrojen atomunun Bohr modeline götürdü: tek bir elektron bir ***enerji düzeyi***nden diğerine sıçrayabiliyor. Enerji düzeylerinin aralığı ***Planck sabiti***'ne bağlı olup bu da Balmer serisinin çizgilerinin aralıklarını belirler. Bohr, böylece serideki çizgilerin gözlenen aralıklarını kullanarak enerji düzeyleri aralıklarını hesaplayabildi ve Balmer formülü çok doğal bir

şekilde Planck sabitini içerecek şekilde yeniden yazılabildi. Bohr, 19. yüzyıl fiziğine dayanan bu çalışmasıyla hidrojen atomunun kesinlikle bir elektronu olduğunu belirgin olarak bu çalışmasıyla gösterdi.

Moleküller de belgin tayf özellikleri oluşturur. Bunlar daha sık olarak milimetre mertebesinde dalga boylarıyla radyo dalgaları bölgesindedir; çok yüksek enerjili kaynaklar ***X-ışını*** ve ***gama ışını*** dalga boylarında belgin tayf işaretleri verirler; bunların incelenmesi astrofizikte çok önemlidir. "Tayf gözlemi" terimi zaman zaman parçacık fiziğinde de farklı enerjili parçacık sayılarının dağılım düzeninin incelenmesinde kullanılır: örneğin kozmik ışınlarda ya da hızlandırıcı deneylerindeki parçacık sağanaklarında. ***Kütleçekim ışıması***nın incelenmesine de eğer keşfedilirse tayf ölçümü denilecektir.

**tayf çizgileri//spectral lines//** Işığın *tayf*ında görünen keskin ince çizgiler. Çizgiler elektronların iyice belirli bir enerji düzeyinden diğerine, kesin nicelikte bir enerji soğurarak ya da salarak geçişiyle ilişkilidir (bkz. ***atom, Bohr modeli***); bu enerji ışığın kesinlikle belli bir dalga boyuna karşılık gelirken tayfta parlak bir çizgiye karşılık gelir; geçiş alçak enerjiden yükseğe oluyorsa enerji soğurulmuş olup tayfta karanlık bir çizgiyi oluşturur. Belli bir elementin atomlarının oluşturduğu tayf çizgilerinin düzeni (sayıları ve aralıkları) biricik olup o elementin varlığını ve ne olduğunu gösterir. Burada "ışık" en geniş anlamıyla "elektromanyetik ışıma" anlamında kullanılmakta olup aynı etkiler tayfın görünen kısmının dışında da etkin olup örneğin radyo dalgalarındaki "çizgiler" (tayftaki tepe ve çukurlar), örneğin uzaydaki toz ve bulutlardaki karmaşık moleküllerin varlığını ortaya koydu.



***Tayf çizgileri.*** *Bir tayftaki belirtici çizgilerin düzeni bu siyah-beyaz örneğinde bile açık seçik görünmektedir. Uzun dalga boyuna karşılık gelen kırmızı ışık burada sağ tarafta.*

**Taylor, Richard Edward (1929-2018)** Kanadalı fizikçi; nötron ve protonların içlerinde parçacıklar olduğunu –***kuarklar***– gösteren deneysel çalışmalara katkısıyla 1990 Nobel Fizik Ödülünü paylaştı.

2 Kasım 1929'da Medicine Hat-Alberta'da doğan Taylor Alberta Üniversitesinde okudu ve 1950'de lisans 1952'de yüksek lisans derecelerini aldıktan sonra 1956'da Stanford Üniversitesinde doktorasını tamamladı. Ardından Orsay'deki (Fransa) Doğrusal Hızlandırıcı Laboratuarında, Lawrence Berkeley Laboratuarında, 1962-1968 arasında da ***SLAC***'da çalıştıktan sonra Stanford'da profesör oldu. SLAC'da nükleonların (proton ve nötronlar) yapısını yüksek enerjili elektronlarla yoklayan deneylerde çalıştı (Jerome Friedman ve Henry Kendall ile). Deneylerin, James Bjorken ile Richard Feynman'ın sağladıkları kuramsal yorumlarıyla birlikte nükleonların iç yapısının nokta parçacıklardan ileri geldiğini gösterdiler. 1970'lerde yapılan yeni deneyler bu parçacıkların kuarklarla özleştirilebileceğini gösterdi. Teller 22 Şubat 2018'de Alberta'da öldü. Bkz. ***parton***.

**tedirgi/tedirgeme//perturbation//** Bir etkileyicinin başatlığı altında olan bir sistem üzerindeki küçük bir ikincil etken. Tedirgeme, sistemin davranışını evirerek sırf asıl etki altındaki davranışıyla kesinkes aynı olmamasına yol açsa da bunun etkilerini yok edip tanınmaz hale getirecek denli büyük olmaz. Tedirginin bildik (bilimsel bakımdan) örneği astronomidendir. Bunda tek bir gezegenin yörüngesi Newton yasalarıyla (Güneş Sistemi'nin dışındaki her şeyi yok sayarak) tamı tamına bir elips olarak betimlenebilir. Gezegenlerin gerçek yörüngeleri ise diğer gezegenlerin kütleçekim etkileriyle tedirgenerek Newton yasalarıyla sırf Güneş'in etkisiyle belirlediği basit elipslerden azıcık sapar. Benzer olarak bir atomik yörüngeseldeki bir elektronun davranışı atomdaki diğer elektronların etkilemesiyle tedirgenir.

**tedirgi/tedirgeme serisi//perturbation series//** Bkz. ***tedirgi kuramı***.

**tedirgi/tedirgeme kuramı//perturbation theory//** Tam anlamıyla bir kuram değilse de tamı tamına çözülmeleri çok zor ya da olanaksız problemlere yaklaşık (ama çok sağlıklı olabilecek) çözüm bulma tekniği. Bu hem klasik hem de kuantum fiziğinde kullanılır. Fikir, incelenmekte olan sistemi birisi kesinkes hesaplanarak sistemin genel davranışını betimleyebilecek; diğeri ise, etkisi yeterli sağlamlıkta bir yaklaşıklıkla hesaplanabilecek olan bir tedirgeme işlevi görecek olan iki bileşen bulmaktır.

Uygulamada tedirgi kısmı çoğu kez, giderek küçülen sonsuz sayıda düzeltme teriminin oluşturduğu bir seri içerir. Böylece ilke bakımından, sistemin bütünsel davranışı serideki, yeterli görülen inceliği sağlayacak sayıda terim hesaplanarak bulunur. Ama genellikle serideki kesimin sırasını (denklemlerin çözümü için, eldeki bilgiişlem sürelerinin yeterliliği gibi) uygulama zorlukları belirleyerek çözümün doğruluk derecesini sınırlar.

Tedirgeme kuramı klasik mekanikte, örneğin Güneş Sistemi'ndeki gezegenlerin yörüngelerini hesaplamak için kullanılır (bbk ***tedirgi***). Kuantum mekaniğinde tedirgi kuramının birçok uygulaması olup en büyük başarısı ***kuantum elektrodinamiği***dir. Bunda manyetik alanlarla etkileşen elektronların davranışı elverişli tedirgi serisinin birkaç terimiyle muazzam bir yakınlıkla açıklanabiliyor.

Kuantum alan kuramında ***Feynman diyagramlarının*** çok güçlü bir aygıt olmasının sebeplerinden birisi bunların böyle bir hesaba giren ardışık tedirgemelelerin temsili için açık ve güçlü bir yol sağlamalarıdır. Ama şunu unutmamak gerekir ki tedirgeme kuramı, ne kadar yakın sonuç verirse versin gene de tanımı bakımından bir yaklaşıklıktır. Abraham Pais'in kitabı *Inward Bound*'da tüm fizikçiler adına içten bir seslenişle dediği gibi "Bu yöntem bize çok yarar sağladıysa da bundan kurtulmak zorundayız. Nasıl olacağını bilmiyoruz."

**skuark//squark//** ***Süpersimetri*** kuramında ***kuark***ın bozon ***karşılığıdır.***

**SPS** Bkz ***Süper Proton Sinkrotronu***

**teknirenk//technicolour//** ***Higgs parçacığ***ını gerçek bir temel varlık olarak ele alma (ki parçacık kuramının kimi sürümlerinde sorun çıkartmakta) gereksiniminden kaçınmaya kalkışan ve kanıtlanmamış (gerçekten de sınanmamış) bir kuram. Bunu, ***proton*** ve ***nötron***ların ***kuark***lardan yapılışını andıracak (ve kasten modelleyerek) şekilde başka varlıklardan yapıldığını önererek yapıyor. Kuram ***kuantum renkdinamiği***nin ***renk*** kuramından ödünç olup "tekni-fermiyonların varlığını gerektirir. Bunlar spin ½ parçacıklar olup teknirenk kuvvetiyle bir arada tutularak teknimezonları oluşturur bunlar da saptanabilir parçacıklarca soğurularak onlara kütle verir. Bu özgül teknirenk fikri yanlış olabilir ama parçacıkların kütle edinme problemine ***Higgs mekanizması***ndan farklı (en azında onda değişiklik yapan) bir yaklaşım gösterir.

**tel odası//wire chamber//** ***Kıvılcım odası***nın gelişkin bir sürümü; 1960'larda CERN'de Frank Kiernan tarafından geliştirildi. Kıvılcım

odasının paralel metal plakaları yerine bu tür parçacık dedektörlerinde tabakalar halinde aralıkları bir milimetre kadar olan paralel teller bulunur. Georges Charpak ve çalışdaşları daha sonra da ***sürükleme odası***nı ve de ***çok telli orantılı oda***yı geliştirdiler; bunlar da paralel telli düzlemler içeriyordu ama farklı şekillerde.

**Teller, Edward (1908-2003)** Macaristan doğumlu ABD'li fizikçi; "hidrojen bombasının babası" olarak ünlüdür ama bu daha çok siyasal etkinliklerinden ötürüdür, bilimsel değil. 15 Ocak 1908'de Budapeşte'de doğan Teller Budapeşte'deki teknoloji Enstitüsünde, sonra da birkaç Alman üniversitesinin ardından 1930'da Leipzig Üniversitesinden doktorasını aldı. Naziler iktidara geldiğinde 1933'te Almanya'dan ayrıldı ve kısa bir süre Kopenhag ve Londra'da çalıştıktan sonra ABD'ye giderek 1935'te Washington D.C.'deki George Washington Üniversitesinde fizik profesörü oldu.

Teller Washington'da George Gamow ile beta bozunmasını güden kurallar üzerinde çalıştı. 1941'de ABD vatandaşı oldu ve NEW York'taki Columbia Üniversitesine geçti, ertesi yıl ise Chicago Üniversitesine giderek Enrico Fermi ile çekirdek bölünmesi (nükleer fisyon) üzerinde çalıştı. Teller her ne kadar Manhattan Projesinin bir üyesi olduysa da önceleri fisyon bombası (atom bombası) üzerinde çalıştıktan sonra bu daha tamamlanmadan füzyon (kaynaşma), diğer adıyla "hidrojen" bombasının tasarımı üzerinde çalışmaya başladı. Bu araştırma İkinci *D*ünya Savaşının hemen arkasından Teller Chicago'ya döndüğünde sıkı bir şekilde sürdürülmedi. Ama Sovyetler Birliği 1949'da ilk bölünme bombasını patlatınca Teller ABD yönetimini hidrojen bombasını geliştirecek bir yoğun program için ikna etmekte etkin aracı ve sonra da projenin direktörü oldu. Proje 1951'de Polonya doğumlu matematikçi Stanislaw Ulam'ın tasarımları kullanılarak tamamlandı.

Teller California'daki Berkeley'in yakınında Lawrence Livermore Laboratuarının ikinci ABD nükleer silah araştırma merkezi (birincisi atom bombasının geliştirilmiş olduğu Los Alamos'taki) olarak kurulmasında önemli bir rolü olmuştu. Teller'in, ***Robert Oppenheimer***'in etkinlikleri için yapılan soruşturmalardaki ifadesinde "eğer kamusal işler başka ellerde olursa ben şahsen daha güvende hissederim" demesi, Oppenheimer'in güvenlik belgesinin iptalinde ve vatanseverliği kuşkulu komünist sempatizanı olarak yaftalanmasında etkin olmuştu.

Teller 1954'ten emekli olduğu 1975'e kadar Livermore'da yardımcı direktörlük yaptı; bir yandan da 1953'ten beri California Üniversite-

sinde 1975'e dek profesördü. Resmen emekli olsa da 1970'lerin sonlarında ve 1980'lerde Livermore ile yakın temasını sürdürdü; 1980'lerde ise "Star Wars" Stratejik Savunma Girişiminin kurulmasındaki itici güçtü.

Film karakteri Dr Strangelove'a esin kaynağı olduğu düşünülüyor. Teller 9 Eylül 2003'te Stanford'da öldü.

**temel etkileşmeler//fundamental interaction//** Bkz. ***doğa kuvvetleri***

**temel parçacık fiziği//elementary particle physics//** Temel parçacıkların ve etkileşmelerinin incelenmesi.

**temel parçacıklar//elementary particles//** Tam anlamıyla yalnız kuarklar ve leptonlar (bilindiği kadarıyla yapılarında başka parçacıklar bulunmayan yegâne parçacıklar) ve kuvvet taşıyan bozonlar böyle nitelenebilirler. Tarihsel sebeplerle ve de kuarkların tek başlarına bulunamamalarından dolayı nötron ve proton gibi baryonlar (üçer kuarktan oluşurlar) ve mezonlar da (ikişer kuarktan oluşurlar) belli amaçlarla temel parçacıklar olarak ele alınırlar.

Gerçekten temel düzeyde, kuarklar ile leptonlar arasında hoş bir simetri bulunuyor. Kuarkların ve karşı-parçacıklarının altı çeşidi var (yukarı, aşağı, acayip, tılsımlı, tepe ve alt kuarklar). Bunlar (ve birleşerek oluşturdukları hadronlar) yeğin kuvvetten etkilenirler (ve de zayıf etkileşmelere girebilirler). Leptonların da altı türü var (elektron, müon, tau, elektron nötrinosu, müon nötrinosu ve tau nötrinosu). Bunlar zayıf kuvvetten etkilenirler (ama yeğin kuvvetle hiçbir işleri olmaz).

Doğa kuvvetlerini taşıyan bozonlar da ***gluon***lar (yeğin kuvvetin taşıyıcıları), aracı vektör bozonları (zayıf kuvvetin taşıyıcıları), ***foton***lar (elektromanyetik kuvvetin taşıyıcıları) ve ***graviton***lardır (kütleçekim kuvvetinin taşıyıcıları).

**temel kuvvetler//fundamental forces//** Bkz. ***doğa kuvvetleri***.

**temel sabitler//fundamental constants//** Evrende her yerde aynı değerde olan parametreler; bunların büyüklükleri dünyanın nasıl çalıştığını belirler. En temel olanları vakumdaki ışık hızı (*c*), elektronun yükü (*e*), Planck sabiti (*h*), kütleçekim sabiti (*G*), elektrik sabiti ($\varepsilon_o$) ve manyetik sabit ($\mu_o$).

**tensör//tensor//** 19. yüzyılda soyut bir matematiksel kavram olarak geliştirilmiş olan tensör genelleştirilmiş ***vektör*** olarak düşünülebilir. Tensörler bir koordinat takımıyla belirlenir, bu bakımdan, farklı bir matematiksel koordinatlarla çalışıldığında biçimi değişecektir; öyle

bir özellikleri vardır ki tensör içeren herhangi bir denklem belli bir koordinat sisteminde doğruysa bir diğer koordinat takımıyla aynı biçimde yazıldığında da doğru olacaktır. 20. yüzyılın ikinci on yılında arkadaşı Marcel Grossmann tarafından desteklenen Albert Einstein genel görelilik kuramını geliştirebilmek için tensörlerin tam istediği şey olduğunu keşfetti. Genel kuramın denklemlerini tensörler cinsinden yazdığında türettiği denklemler her koordinat sisteminde geçerli olacaklardı, bu da nasıl devinirlerse devinsinler Evrendeki herhangi bir gözlemci için geçerli olacaklar demektir; bu da onları kuantum fiziği için de önemli yapıyor.

Tensörleri anlamanın basit bir fiziksel yolu, bunları olguların herhangi bir noktadaki değişmenin (örneğin ivmenin) çabukluğuna ilişkin bilgi sağlayıcılığıdır. Eğer bir lastik çarşaf (2 boyutlu yüzey) farklı yönlerden farklı kuvvetlerle çekiştiriliyorsa, farklı yönlerde farklı ivmelerle genleşecektir. Her yönde ve her noktadaki genleşme ivmesi bir tensör alanı oluşturacak bir küme sayıyla temsil edilecektir. İşte tensörlerin genel görelilik kuramında bu denli yararlı olmasını sağlayan, bu iki boyutlu çekiştirilen lastik çarşafın görüntüsüdür.

Matematiksel terimlerle, bunlar şöyle sergilenebilir: bir skaler tek bir sayıyla, bir vektör bir sayı dizisi, bir tensör ise matrise benzer iki boyutlu bir sayılar örgüsüdür (bkz. ***matrisler***). Bir tensörle matris arasındaki fark şöyle, matrisler belli bir koordinat sisteminde ele alınan olguları temsil eden bir sayılar dizgesiyken, bir tensör denklemi tüm koordinat sistemlerinde aynıdır; bir kuramsal fizikçi için gerçek fiziksel nesne tensördür.

**tensör parçacığı//tensor particle//** Bir tensör alanıyla ilintili parçacık olup dolayısıyla spini 2'dir. Bkz. ***vektör parçacık.***

**tensör alanı//tensor field//** Her noktasında bir ***tensör***ün değeriyle tanımlanan bir ***alan***. Kütleçekim tensör alanına bir örnektir, dolayısıyla gravitonlar tensör parçacıklardır.

**tepe kuark (t kuark)//top kuark/truth//** Farklı ***kuark*** tiplerini ayırt eden altı *çeşni*den birisi. Daha önce *doğruluk* diye adlandırılmıştı.

**termoiyonik olay//thermoionic effect//** Bkz. ***termiyonik.***

**termiyonik//thermionics//** Bkz. ***Richardson, Owen Williams.***

**termodinamiğin ikinci yasası//second law of thermodiynamics//**

**termodinamik** Isı ve diğer enerji biçimleri arasındaki bağlantıyı inceleyen fenbilimi dalı. Termodinamik, 19. yüzyılda, içkin fenbilimsel

ilgisi yanında buhar makinelerinin çağında büyük kılgısal önemi olduğu dönemde geliştirildi. Termodinamiğin temeli dört yasada toplanabilir. Birincisi "sıfırıncı yasa" olarak bilinir (böyle denmesinden diğer üçüne bir tür akla sonradan gelmiş olduğu besbelli). Buna göre iki sistem ayrı ayrı üçüncü bir sistemle termik dengedeyse (günlük dilde aynı sıcaklıktaysa) birbirleriyle de termik dengededir. Birinci yasaya göre de çevresinden yalıtılmış bir sistemin toplam enerjisi sabit kalırken bir türden diğerine değişebilir; yani örneğin bir arabanın frenlerinde ***kinetik enerji*** araba yavaşlarken ısı enerjisine dönüşür (bu yasa "iş ısıdır, ısı iştir" ya da "hiçten bir şey çıkarılamaz" gibi de hatırlanıyor. ***Termodinamiğin ikinci yasası***nın fenbilimindeki en temel yasa olduğu savlanabilir. Bu, ısının hiçbir zaman kendiliğinden, daha düşük sıcaklıktaki bir sistemden daha yüksek sıcaklıktaki bir sisteme gidemez. Böyle bir şey olabilmesi için iş yapılması gerekir (örneğin buzdolabı) ve iş ısı da olabilir (yani buzdolabının içini soğutmak dışardaki ortamı, bu soğutmadan daha fazla ısıtır). Bu, ***entropi*** ve ***zaman oku*** fikirleriyle çok sıkı ilişkili olup anlamı Evrenin yitirip durmasıdır (yani başa baş gelinemiyor). Üçüncü yasaya göre sıcaklığı ***Kelvin ölçeği***nde sıfıra giderken durum değiştiren bir sistemin entropisinin değişimi de sıfıra gider. Bunun bir anlamı da hiçbir gerçek sistemin hiçbir zaman 0 K'ye kadar soğutulamaz.

**termodinamik sıcaklık ölçeği//thermodynamic temperature scale//** Bkz. ***Kelvin ölçeği, sıcaklık.***

**termonükleer tepkimeler//thermonuclear reactions//** Bkz. ***nükleer tepkimeleer.***

**tersine beta bozunumu//inverse beta decay//** Bkz. ***beta bozunumu.***

**tersine Compton olayı//inverse Compton effect//** Alçak enerjili fotonların elektronlardan saçıldıklarında enerji kazanması. Bkz. ***Compton olayı.***

**tesla** Manyetik alan şiddeti birimi: 1 T = 1 N/A×m = $10^4$ gauss.

**TeV** 1,000 milyar, ***elektron volt.*** Tera ($10^{12}$) elektron voltun kısaltması.

**tevatron** ***Fermilab***daki parçacık hızlandırıcısı, protonları 1TeV'e kadar hızlandırabilir. Bu enerjilere ilk 1980'lerin ortalarında erişildi.

**Thomson, Benjamin (1753-1814)** Bkz. ***Rumford, Kont.***

**Thomson, George Paget (1892-1975)** Britanyalı fizikçi; elektronların dalgalar olarak davrandığını gösteren deneysel çalışmalarından do-

layı 1937 Nobel Fizik Ödülünü aldı. 1906 Nobel Fizik Ödülünü elektronların parçacık olarak davrandığını gösteren ***J.J. Thomson***'un oğlu. Her ikisi de doğru ve her iki ödül de hak edilmişti; bkz. ***dalga-parçacık ikiliği***.

Thomson 3 Mayıs 1892'de Cambridge'te doğdu. Cambridge Üniversitesinin Trinity Kolejinde eğitim görüp 1913'te bitirerek Corpus Christi Kolejinin Üyesi oldu. Savaş sırasında Fransa'da piyade birliklerinde, ardından Farnborough'daki Krallık Hava Birliklerinde havacılık uzmanı olarak görev yaptıktan sonra Thomson 1919'da Cambridge'e döndü. 1922'de Aberdeen Üniversitesinde doğa felsefesi profesörü oldu; ince bir metal yapraktan geçen elektronların kırınıma uğrayarak elektronların dalga olduklarını gösterdiği deneyleri 1927'de orada yaptı. Aynı keşfi bağımsız olarak (farklı bir teknik kullanarak) ***Clinton Davisson*** da yaparak Nobel Ödülünü Thomson ile paylaştı ama asistanı Lester Germer'le değil.

1939'da Thomson Londra İmparatorluk Kolejine fizik profesörü olarak atandı; burada çekirdek fiziğiyle ilgilenmeye başladı ve Britanya Hükümeti'ni atom bombasının yapılabilmesi için ilk uyaran oldu. İkinci Dünya Savaşında Britanya'da atom bombası projesini hazırlayan Atom Enerjisi Komitesinin ("Maud" komitesi) başkanlığını yaptı. 1942'de savaş zamanı fenbilimsel danışmanı olarak Kanada'ya gönderildi ve ABD ile Manhattan Projesiyle bağlantı kurdu. İngiltere'ye döndüğünde Havacılık Bakanlığına fenbilimsel danışman oldu ve 1943'te şövalyelik verildi. Savaştan sonra, tüm bu etkinlikler süresince geçici görevle ayrılmış sayıldığı İmparatorluk Kolejindeki görevine döndü.

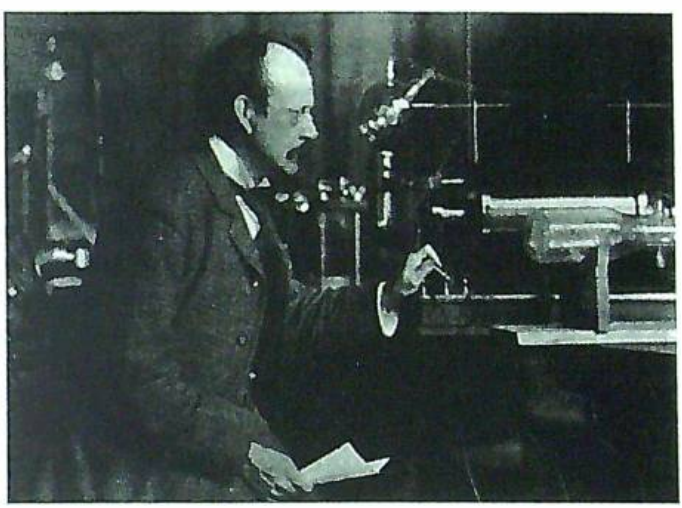
Thomson 1952'den 1962'ye kadar Corpus Christi Kolejinin başındaydı. Emekliliği sırasında Cambridge'te yaşadı ve 10 Eylül 1975'te öldü.

**Thomson, J. J. (oseph) J.(ohn) (1856-1940)** Britanyalı fizikçi (hep adının baş harfleri olan "J.J." (cey cey) ile bilinir); elektronların parçacıklar olarak davrandığını gösteren deneysel çalışmaları için 1906 Nobel Fizik Ödülünü aldı. 1937 Nobel Fizik Ödülünü elektronların dalga olduğunu gösteren deneylerle paylaşan George Thomson'un babası. Her ikisi de doğru ve her iki ödül de hak edilmişti; bkz. ***dalga-parçacık ikiliği***.

18 Aralık 1856'da Manchester yakınlarında Cheetham Hill'de doğan Thomson bir antika kitapçının oğluydu. Owens Kolejinde (sonraları Manchester Üniversitesinin çekirdeği) okudu, ilk niyeti mühendislikti.

Ancak, bu program için ek ücret gerektiğinden 1874'te babası ölünce ailesi bunu kaldıramadı. Bir bursla da desteklenerek Thomson fizik, matematik ve kimyaya geçti. 1876'da Cambridge Üniversitesinin Trinity Kolejine geçti ve 1880'de matematiği bitirdi. Trinity'nin Üyesi oldu ve ömrünün sonuna kadar üniversiteyle bağlantılı kaldı (ama 1896'da Princeton'da, 1904'te de Yale'de geçirdi).

1880'den başlayarak Thomson Cavendish Laboratuarında Lord Rayleigh'in yanında çalıştı 1884'te de onun yerine Deneysel Fizik Profesörü oldu. Birinci Dünya Savaşı sonunda altmış yaşlarındayken 1919'da Trinity Kolejinin Başkanlığına –ilk kez bir fenbilimci olarak– getirilerek bu görevden ayrıldı (yerine Ernest Rutherford atandı). Bu görevini 30 Ağustos 1940'ta Cambridge'te ölünceye dek sürdürdü ve Westminister Abbey'de defnedildi.



*J.J. Thomson (1856-1940)*

Thomson'un deneysel fizik profesörlüğü görevinde ilginç bir acayiplik görülürdü; öyle ki her ne kadar parlak bir içgörüsü olup temel fiziğe yeni ışıklar tutan deneyler kurmuşsa da ciddi sakarlığıyla tanınırdı ve deneyleri gözetiminde başkalarınca yapılmaktaydı. Oğlu George, bir keresinde "her ne kadar J.J. bir düzeneğin kusurun olağanüstü kesinlikle tanı koyardı ama ona elletmemelidir" demişti (Barbara Cline, *The Questioners*, s. 13). Yine de Thomson Cavendish'e 19. yüzyılın sonundan 20. yüzyılın başına parlak yıllarında başkanlık etmeyi sürdürürken, tasarladığı üstün deneylerden birisi 1897'de katot ışınlarının aslında "zerre (korpüskül)" adını verdiği yüklü parçacıklar

olduğunu gösterdi; bunlar çok geçmeden Hollandalı fizikçi ***Hendrik Lorentz*** elektron adını verecekti.[266] Bu deneyde devinen bir yüklü parçacığın elektrik ve manyetik özelliklerini dengelemek için elektrik ve manyetik alanlar kullanılıyordu.

Bu parçacıklar bir şekilde atomlardan koparılmış parçalar olabilirlerdi. Bunun, atomların hâlâ bölünemez olduğuna inanılan o dönem için ne denli dramatik bir keşif olduğunu bugün değerlendirmek çok zor. 1897'de Krallık Enstitüsünde verdiği bir konferansta ustaca bir tevazuyla "Maddenin, bir elementin atomundan daha ufak şekilde bölünebileceğini varsaymak biraz şaşırtıcıdır." demişti.

Thomson'un Nobel Ödülü 1906'da verildi ve 1908'de şövalyelik verildi. Cavendish'de asistanlığını yapan yedi kişi sonraları kendi Nobel Ödüllerini aldılar. Bu, hem orada çalışacak en iyi fizikçileri çeken (Thomson'un varlığı sayesinde oluşu hiç de küçümsenemez) Cavendish'in prestijinin hem de Thomson'un esinlenilmiş önderliğinin bir ölçüsüydü. Aynı zamanda çalışdaşlarınca çok beğenilen bir kişiydi.

Thomson'un elektronun saptanmasından sonraki çalışmaları şimdiki şimdi artı yüklü ***iyonlar*** dediklerimiz (önceleri "kanal ışınları") olup ***Aston***'un izotoplar üzerine çalışmalarına yolu açtı.

**Thomson modeli** Bkz. ***atom fiziği.***

**Thomson, William** Bkz. ***Kelvin, Lord.***

**t'Hooft, Gerard** Bkz. ***Hooft, Gerard t'.***

**tılsımlı kuark (c kuark)//charm quark//** Farklı ***kuark*** tiplerini ayırt eden altı *çeşni*den birisi.

**Ting, Samuel Chao Chung (1936 - )** ABD'li parçacık fizikçisi; ***J/psi*** parçacığının keşfi için 1976 Nobel Fizik Ödülünü (***Burton Richter*** ile) aldı.

Ting 27 Ocak 1936'da Ann Arbor, Michigan'da doğdu, babası (ebeveynleri Çin uyrukluydu) Michigan Üniversitesinde okumaktaydı. Anakara Çin'de, sonra da (Çin devriminin ardından) Tayvan'da yetişti, babası Ulusal Taiwan Üniversitesinde profesördü.

1956'ta Ting ABD'ye göçtü ve Michigan Üniversitesinde okuyarak 1959'da bitirdikten sonra 1962'de doktorasını aldı. Bir yıl ***CERN***'de geçirdikten sonra 1964'te Columbia Üniversitesine katıldı. 1966-1967'yi ***DESY***'de geçirdikten sonra 1967'de akademik merkezi olarak kalacak MIT'ye geçti. Nobel Ödülüne götürecek deneyler Ting'in önderliğini yaptığı bir grupla ***Brookhaven Ulusal Laboratuarı***nda yapıldı. Daha sonraları PETRA ve LEP'teki işbirlikleriyle gluonların özelliklerini inceledi. Ayrıca uzay projeleriyle ilgili de ciddi çalışmaları oldu.

**TOE** Bkz. **HŞK** (***her şeyin kuramı***).

**Tokamak** Toroidal (simit şeklinde) bir ortamda manyetik alanlarla kıstırılmış olan ve içinde çekirdek tepkimeleri olan sıcak plazma (iyonlaşmış gaz) içeren bir tür ***kaynaşma*** (füzyon) reaktörü. Bu ad Rusça "toroidal manyetik ortam" deyişindeki baş harflerden türetilmiştir. Kaynaşma yoluyla kullanılabilir elektrik üretimi için en umut verici sistem.

**Tomonaga, Şin-İçiro** (1906-1979) Japon fizikçi; kuantum elektrodinamiği için 1965 Nobel Fizik Ödülünü (***Richard Feynman*** ve ***Julian Schwinger*** ile paylaşarak) aldı.

Tomonaga, 31 Mart 1906'da Tokyo'da doğdu. Babası Kyoto Üniversitesinde felsefe profesörü olunca 1913'te Kyoto'ya taşındılar. Tomonaga 1929'da Kyoto Üniversitesinden ilk diplomasını aldı, orada ***Hideki Yukawa*** ile dönem arkadaşıydı. Kyoto'da ücretsiz araştırma asistanı olarak üç yıl daha geçirdikten sonra Tokyo'daki Fizik ve Kimya Araştırma Enstitüsüne geçerek orada Yoshio Nishina ile kuantum elektrodinamiğiyle ilgili konularda –elektron-pozitron çiftleri oluşumu dahil– çalıştı. Paul Dirac'ın makalelerinden derinden etkilenmiş olup bu etkilenmeyi yeni kuşak Japon fizikçilerine aktardı.

Tomonaga 1937'den 1939'a kadar Leipzig'de çalışırken ***Werner Heisenberg***'den etkilendi. Orada yaptığı çalışmalarla 1939'da Tokyo Üniversitesinden doktorasını aldı. 1940'ta Tokyo Bunrika Üniversitesinde (1949'da Tokyo Eğitim Üniversitesinin parçası oldu) öğretim görevlisi oldu. 1941'de de fizik profesörlüğüne yükseltildi. Kendi KEDİ kuramı olacak çalışmalarını bu sıralarda yapmaya başladı. Ama İkinci Dünya Savaşı sırasında bunları "arka koltuğa atarak" radar için önem taşıyan mikrodalga sistemleri üzerinde çalıştı.



*Şin-itiro Tomonaga (1906-1979)*

Savaşın sonunda KEDİ kuramını tamamladı. Tokyo'nun harap kalıntıları altında berbat koşullarda çalışıyordu. (Yiyecek ve barınma sıkıntılarının yanı sıra Tomonaga Batıdaki fenbilimcilerden yalıtık durumdaydı; parasızlıktan bilim-

sel dergilere abone olamıyordu. ***Lamb kaymasını*** *Newsweek*'teki bir makaleden öğrenmişti. Çalışması Feynman ve Schwinger'inkilerle kabaca aynı sıralarda basıldı, ama daha önce tamamlanmıştı). Bu da Princeton İleri Çalışmalar Enstitüsünde bir yıl geçirmesine (1949) götürdü.

1950'lerin ortalarında Tomonaga Tokyo'daki Nükleer Çalışmalar Enstitüsünün kurulmasında etkili oldu. 1956'dan 1962'ye kadar Tokyo Eğitim Üniversitesinin Rektörlüğünü, 1963'ten 1969'a kadar da Japonya Fenbilimi Konseyinin başkanlığını yaptı. Kuantum mekaniği üzerine çok başarılı bir ders kitabı ve daha popüler düzeyde iki kitap yazdı. 8 Temmuz 1979'da kanserden öldü.

Ek okuma: Sivan Schweber, *QED and the Men Who Made It.*

**topluluk yorumu//ensemble interpretation//** Kuantum mekaniğinin bir yorum biçimi; ilk önce Albert Einstein tarafından kuantum kuramının bazı (ya da bütün!!) gizemlerini kaldırma umuduyla geliştirilmiştir. Temel fikir her bir kuantum varlığının (elektron ya da foton gibi) kesin kuantum özellikleri olup kuantum dalga fonksiyonu ise, topluluktan bir (ya da daha çok) üyenin bir şekilde deney tarafından seçildiğinde belirli bir deneysel sonucu elde etme olasılığıyla ilişkilidir. Fikirle ilgili birçok sıkıntı var ama öldürücü darbe, fotonlar gibi kuantum varlıklar, deneylerde kuantum dalga fonksiyonu betimiyle aynı şekilde gözlenince davrandığında geldi. Topluluk yorumunun artık yalnızca tarihsel bir anlamı bulunuyor.

Bkz. ***kuantum yorumları.***

**Townes, Charles Hard (1915- 2015)** ABD'li fizikçi; ***mazer*** ve ***lazer***lerin fiziği üzerine çalışmaları için 1964 Nobel Fizik Ödülünü aldı.

28 Temmuz 1915'te Greenville, South Carolina'da doğan Townes 1935'te Greenville'deki Furman Üniversitesini bitirdi ve 1937'de Duke Üniversitesinden yüksek lisans, 1939'da da Caltech'ten doktorasını aldı. 1939'dan 1947'ye kadar Bell Laboratuarlarında çalıştı sonra da Columbia Üniversitesine katılarak 1950'de profesör oldu. Burada ilk mazeri akıl edip 1953'te yaparak lazerin de mümkün olabileceğini önerdi. 1961'de MIT'ye, 1967'de de Berkeley'deki California Üniversitesine geçti. Townes dikkatini astronomiye çevirdi ve kızılaltı ile mikrodalga astronomisi tekniklerine öncülük etti. 1968'de Berkeley'deki çalışdaşlarıyla birlikte uzaydaki ilk çok atomlu molekülleri (su ve amonyak) saptadı. 1986'da emekli olan Townes 27 Ocak 2015'te Oakland, California'da öldü.

transistör Bkz. *yarıiletkenler, katıhal aygıtları.*

TRISTAN Tsukaba, Japonya'daki elektron-pozitron saklama halkası. 1987'de çalışmaya başlayarak 64 GeV'ye kadar enerjilere erişti.

trityum Bkz. *hidrojen.*

acayip madde//strange matter// Bkz. *acayip parçacıklar.*

acayip parçacıklar//strange particles// En az bir acayip ***kuark*** içeren parçacıklar (bkz. acayiplik). Bu adın verilmesinin sebebi, ilk kez 1940'ların sonlarında kozmik ışın sağanaklarında ve 1950'lerde hızlandırıcılarda enerjiden üretilen görece yüksek kütleli bu parçacıkların olağanüstü uzun ömürleri olması; kıyaslanabilir kütleli başka parçacıklara göre *acayip* bir davranış.

Ama bu, parçacıkların insan standartlarına göre uzun ömürlü olması değildir. Belirgin bir örnek olarak ***kaon*** saniyenin yüz milyonda birinde ($10^{-8}$ s) bozunur; acayiplik, 1940'ların sonlarında bunun yalnızca $10^{-21}$ s içinde –milyon kere milyar kez daha çabuk– ***pion***'lar üreterek bozunması gerekmesinden ileri geliyor.

Durum o ki acayip parçacıklar hep çiftler halinde oluşuyor. Bu da davranışlarını açıklamaya yarayabiliyor: çiftin bir üyesinde +1, diğerinde ise -1 kadar acayiplik olduğu düşünülebilir (tıpkı enerjiden elektron ve pozitronların çiftler halinde biri artı diğeri eksi yükle oluşması gibi). Ama elektrik yükünün aksine acayiplik Evrende değişebilir gibi; en hafif acayip parçacıklar olan kaon ve ***lambda*** zayıf kuvvet aracılığıyla acayip olmayan parçacıklara bozunuyor. Yine de bu göründüğü kadar aşırı değil, çünkü kaon ve lambda tuhaf bir çift olarak oluşuyorlar. Bileşik acayiplikleri sıfır, ama ikisi de acayip olmayan parçacıklara bağımsız olarak bozunuyorlar, böylece her ikisi de bozunduğunda toplam acayiplik gene sıfır olur ve denge sağlanır, sanki birbirlerini yok etmişler gibi. Ama kaonun bozunması $10^{-8}$ s sürerken lambda için $10^{-10}$ s yeter, böylece çok kısa bir süre kaonun acayiplik sayısı lambdanın eşit ve zıt acayiplik sayısıyla dengelenmez. Gerçekten de tuhaf davranış! Hâlâ tam olarak anlaşılmamıştır.

Acayip parçacıklar ailesi büyürken ***Murray Gell-Mann*** ("acayiplik" adını bu bağlamda koyan kişi) ve Yuval Ne'man birbirlerinden bağımsız bir sınıflandırma sistemi kurdular; bu özellikleri bir şablonla düzenlediler. Bu da doğrudan kuarklar fikrine götürdü; acayiplik ise belli tür bir kuarkın taşıdığı bir özellik, sanki elektronların taşıdığı elektrik yükünü çağrıştırıyor. Bu resimde örneğin artı kaon ($K^+$, ***mezon*** ailesinin bir üyesi) bir yukarı kuark (*u*) ile karşı-acayip kuarkın bile-

şimi olarak görünüp acayiplik sayısı +1'dir: omega eksi parçacığı (bir baryon) ise üç acayip kuarkın (*s*) bileşimi olup acayiplik sayısı -3'tür.

**acayiplik//strangeness//** Acayip kuarkın kuantum sayısı.

**acayip kuark (s kuark)//strange quark//** Farklı ***kuark*** tiplerini ayırt eden altı *çeşni*den birisi.

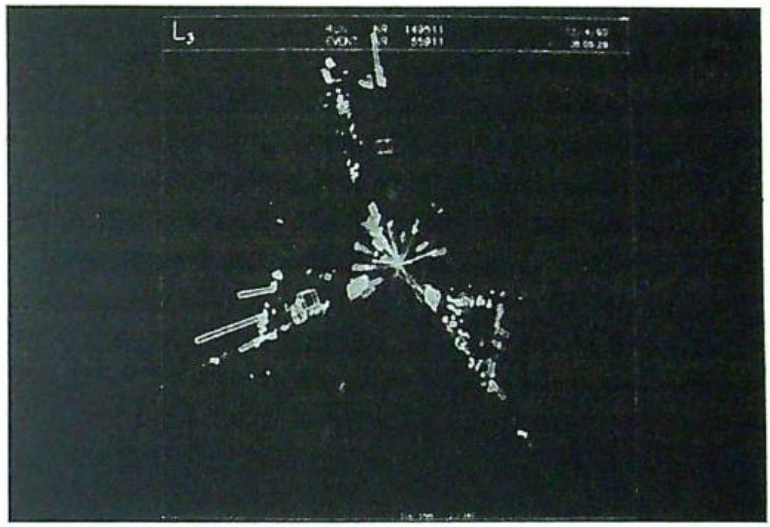
**tutarlı geçmişler yorumu//consistent histories interpretation//** Kuantum mekaniğinin bir yorumu olup dayandığı fikir, gözlenen bir deneysel sonucun sebep olabileceği tüm mümkün şekillerden yalnızca birkaçının kuantum mekaniğinin kuralları bakımından makul olmasıdır. Geçmişler kuantum mekaniğinin kurallarıyla tutarlı olmalıdır. Basit bir deneyde bir parçacık bir diğeriyle öyle etkileşir ki o iki yönden birisine saçılarak iki dedektör ekranından birisinde çakar. Parçacığın saçan nesneden dedektörlere varana kadar gittiği yollar geçmişleridir. Bu dalga fonksiyonunun saçan nesneden çıkarak her yöne dağılarak yalnızca parçacık saptandığı anda çöktüğü fikriyle tutarlı değildir. Ama hesaba bildik olasılıklar girer ki bunlar Kopenhag yorumuna eşdeğerdir. Özellikle tutarlı geçmişler yaklaşımı çift yarık deneyinin anlaşılmasına da yaramaz; tek bir parçacığın yarıklardan herhangi birinden geçeceği yolu tutarlı geçmiş çerçevesinde düşünmek mümkün olmayıp, bu durumda ise tutarlı geçmiş hâlâ tek parçacığın her iki yarıktan da geçip kendi kendisiyle girişim yapmasıdır.

**gluonlar** ***Kuark***ları bir arada tutan gluon kuvveti. ***Kuantum elektrodinamiği***ndeki ***foton***un, ***kuantum renkdinamiği***ndeki karşılığı. Gluonların varlığı için en iyi doğrudan delil, ilk kez Hamburg'daki PETRA çarpıştırıcısındaki deneylerde gözlenen "üç jetli olaylar"dan geliyor. Bu olaylarda bir elektron ve bir pozitron çarpışıp birbirlerini yok ederek baştaki enerjilerinden bir kuark ve karşı-kuark çifti yaratıyorlar. Hemen hemen anında kuark ya da karşı-kuark bir gluon salıveriyor. Ama daha bu üç parçacıktan herhangi biri $10^{-15}$ m uzaklaşmadan her biri diğer parçacıklardan bir sağanağa dönüşerek pozitron-elektron çarpışmasının olduğu yerden dışarıya ışıyan üç ***jet*** doğurur.

**gluino** Gluonların süpersimetrideki karşılığı. Bkz. ***süpersimetri parçacıkları***.

**gluonyum//glueball//** Bir topak ***gluon***un bir arada olduğu bir nötr bozon (bazen gluonyum da denir). Gluonların da renkleri olduğundan kuarklar gibi yeğin kuvveti algılayarak onunla kısıtlandıklarından özgür bir "renkli" gluon hiç görülemez. Kuvvet hep onlarla.[267]

1995 içindeki hızlandırıcı deneylerinde oluşturulan iki ayrı parçacığın gluontopu olabileceği savları vardı. Birinin kütlesi 1500 MeV (proton kütlesinin 1,5 katından fazla) diğerininki ise 1700 MeV olup her ikisi de gluon topu kuramınca önsöyülen aralığa düşer. 1500 MeV'lik aday parçacığın başka parçacıklara bozunmadan önce ancak, ışığın bir atom çekirdeği boyu kadar yolu aşacağı süre kadar yaşadığını göz önüne alırsak, bu fikirleri sınamanın ne denli zor olduğunu anlarız.




***Gluon.*** *CERN'deki L3 dedektöründe üç-jet olayı. Z parçacığının bozunumundan çıkan parçacıkların izleri L3 dedektörünün alt-dedektörleri tarafından saptanarak dijital veriye dönüştürülür ve üç boyutlu halde bilgisayar ekranına yansıtılır.*

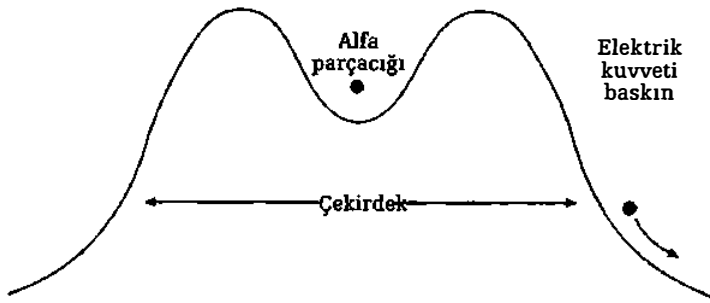
**gluon kuvveti//glue force//** Kuarklar arasındaki (ve de *gluon*ların kendi aralarındaki) yeğin kuvvetin adı. Bunu, baryonlar arasındaki kuvveti (ki kendisi baryon içindeki kuarklardan kapı komşusundakilere sızan gluon kuvvetinden doğar) betimleyen eski terimin yani "yeğin kuvvet" adından ayırt etmek için kullanılır. "Renk kuvveti" olarak da bilinir.

**kuark hapsi//confinement//** *Kuark*ların kendi renk yükleri tarafından bir arada tutulma şekli için bir kestirme terim. Bunlar böylece yalnızca üçlü (hadronların içinde) ve kuark/karşı-kuark çiftleri (mezonların içinde) olarak bulunurlar ve de tek başlarına hiç bulunamazlar.

**tünel olayı//tunnel effect//** Bkz. *tünelleme.*

**tünelleme//tunnelling//** Kuantum fiziğinin *belirsizlik ilkesi*nin bir sonucu olup parçacıkların çekirdeklerin çevrelerindekiler gibi enerji

engellerini aşmalarını sağlar. Örneğin iki proton birbirlerine yaklaşırken her birinin taşıdığı artı yükler bunları iter ve değmekten alıkoyar. Ama momentumları yeterliyse öyle yaklaşırlar ki kuantum dalga fonksiyonları üst üste binerek bunların etkileşmesini sağlar (bu yıldızlarda, doğal çekirdek kaynaşması sürecinin enerji üretimini sağlaması ve kütleçekime karşı koyuşun parçası olarak gerçekleşir). Bu sanki bir protonun aralarındaki elektrik engelini "tünelleyerek" geçmesi gibidir. Benzer olarak tünel olayı ***alfa bozunması*** sırasında ***alfa parçacığ***ının çekirdekten yeğin çekirdek kuvvetiyle (bkz. ***doğa kuvvetleri***) tutulmasına karşın nasıl kaçabildiğini de açıklar. Alfa bozunmasının bu açıklanışı gerçekte kuantum tünellemesinin böyle çalıştığını göstermekte olup 1920'lerin sonlarında ***George Gamow*** tarafından önerilmişti.




*Tünelleme. Çekirdekteki bir alfa parçacığının bulunduğu potansiyel kuyusunu tırmanıp aşmaya yetecek enerjisi yoktur. Ama kaçabilmesinin sebebi alfa parçacığının fiilen çekirdek merkezinin dışında, elektrik kuvvetinin baskın olduğu yamaçta olmasının sonlu bir olasılığı bulunuyor. Tepeden aşağıya yuvarlanması için dışarıda bir an bile kalması yeterli. Bir bakıma engeli "tünelliyor." Bunun olabilmesi için de engelin yeteri kadar alçak ve dar olması gerekir.*

**türdeş//homogenous//** Her yerde aynı.

**Tyndall olayı//Tyndall effect//** Işığın, bir sıvıda asıltı durumunda olan minicik parçacıklardan ("kolloidal çözelti") saçılması. Bir ışık huzmesi arılığı mutlak olan bir sıvıdan (bir bardak su gibi) yanlara saçılmadan geçip gidebilir, ama görünmez bile olsa minicik parçacıkların asıltı halinde olduğu bir sıvıda saçılacaktır. Bu olay bilimsel olarak ilk kez 1869'da ***John Tyndall*** tarafından incelenmiş olup "bir güneş ışığı huzmesi"nin havada yüzen toz taneciklerini aydınlattığında görünür olmasına benzer (bkz. ***saçılma*** maddesindeki resim).

Kısa dalga boylu ışık uzun dalga boylulardan daha kolay saçıldığından Tyndall gökyüzünün mavi oluşunun sebebinin ışığı gökyüzün-

de saçarak dağıtan asılı toz taneciklerinden saçılması olabileceğini önermişti. Kısmen doğruydu. Bu, tütün dumanının neden mavi göründüğünü, havadaki toz ve başka nesnelerin, mavi ışığı yana saçıp kırmızıyı bırakarak günbatımı ve gündoğumunun kırmızılığını açıklıyor (bkz. *tayf*). Ama ***Albert Einstein***'ın 1910'larda gösterdiği gibi bütün gökyüzünün maviliği aslında toz taneciklerinden değil, atmosferin kendi moleküllerinden saçılmadan kaynaklanır. Bunu Einstein'dan önce ***Lord Rayleigh*** de göstermişti.

**Tyndall, John** (1820-1893) İrlandalı fizikçi; fenbiliminin büyük popülerleştiricilerinden birisi (Krallık Kurumunda ***Michael Faraday***'ın ardılıydı) olup gökyüzünün maviliğinin açıklanmasını sağlayan ***Tyndall olayı***nı keşfetti.

Tyndall 2 Ağustos 1820'de Leighlinbridge, Carlow'da doğdu. Carlow'da okula gittikten sonra İrlanda ve İngiltere'de topograf ve mühendis olarak çalışırken zincir taşıyıcılıktan demiryollarında topografya takımının başına geçirildi. Fenbilimine hep meraklıydı, büyük ölçüde kendisini yetiştirerek 1847'de Queenswood Kolejinde (Hampshire'de bir Quaker okulu) matematik ve fenbilimi öğretmeni oldu.

Tyndall, 1848'de, demiryollarında çalışırken biriktirdiği parayla işi bırakarak Almanya'da Marburg Üniversitesinde fizik okumaya başladı, hocası ***Robert Bunsen***'di. 1850'de doktorasını alıp bir süre Berlin'de çalıştıktan sonra Queenswood Kolejine döndü ve 1853'te Krallık Kurumunda doğa felsefesi profesörü olarak Faraday ile çalıştı. Faraday 1867'de emekli olduktan sonra halefi olarak direktörlüğe (o dönemde asıl unvan yönetim sorumlusuydu) geldi.

Tyndall fenbiliminin popülerliği için çok uğraştı. Bunu yalnız Britanya'da değil 1872 ve 1873'te ABD'yi dolaşarak da yaptı; dolu salonlarda konferanslar verdi (bir tür bilimsel Charles Dickens). Kimileri konferanslarına dayanan popüler kitaplar yazdı.

Tyndall adıyla tanınan olayı 1869'da düşünmüştü. Çok sayıda ilginç ama çarpıcı önemleri olmayan çalışmalar yaptı ve bugün de önemini koruyan *Nature* dergisinin kurulmasında katkı sağladı. 1886'da ciddi bir hastalığa kapıldı ve ertesi yıl Krallık Kurumundan emekli oldu. 4 Aralık 1893'te yanlışlıkla yüksek dozda aldığı ilaç yüzünden öldü.

**eşevresizlik//decoherence//** Kuantum mekaniğinde her durum birçok başka durumun karışımı/bileşimi, üst üste binmesi olabilir (klasik örneği Erwin Schrödinger'in düşünce deneyi "ölü ya da diri" kedi). Almaşık olarak kuantum dünyasını her deneyin mümkün her sonucunun (kedi bir dünyada canlı bir diğerinde ölü) geçmişler üzerinden

toplam şeklinde düşünebiliriz. Eşevresizlik kuantum durumlarının bu dolaşık halini "çözen" ve makroskopik düzeydeki gerçekliğin tek bir biçimini bırakan süreçtir (ya diri ya da ölü kedi görürüz, karışımlarını değil). Bir deney sonucuna, ne çıkacağını bilmesek de, olasılıklar bağlayan işte bu eşevresizliktir (kedinin yüzde elli-elli şansla ölü ya da diri olacağı).

Eşevresizliğin bir kuantum varlığını etkileyebilecek tüm etkileşmeler üzerinden kaçınılmaz bir ortalamadan çıktığı da ileri sürülmekte; örneğin, Güneş'ten çıkıp da Ay'dan saçılan tüm fotonların hem Ay'ın yörüngesinin eşevresizliğine katkıda bulunacak hem de Ay'ın gözlerimizle gördüğümüz görüntüsünü oluşturacak bir ortalama etki doğurması. Ay gibi klasik bir nesnenin (***klasik mekanik*** yasalarına uyumu) davranışı üzerlerinden ortalama alınan tüm mümkün kuantum geçmişlerinin (eldeki durumda Ay'dan her foton saçılmasında) ayrıntılarına ilişkin bilgisizliğimizden ileri gelmektedir.

Bu görüntüde onları günlük yaşamdaki sağduyuya aykırı giden şekillerde davranmalarının sebebi idealize kuantum durumlarının basitliğidir. Çift yarık deneyinde hangisinden geçeceğini seçme açmazındaki foton iki üst üste binmiş durumunda olup her ikisinden geçerek kendi kendisiyle girişim yapar çünkü sistem dış dünyanın işe karışmasından özgürdür. Dış dünya işe karıştığında –hangisinden geçtiğini görmek için baktığımızda– geçmişlerin dolaşıklığı çözülür ve gerçekten de yalnız bir delikten geçer.

Bu savda apaçık olan hata ise çizginin nereden çekileceğini kimsenin bilmemesi. Foton, çift yarık deneyinde hangisinden geçeceğini seçme açmazında iki durumun üst üste binme halindedir ama kedi böyle değildir. Ama bir kuantum sistemi bu iki uç arasında hangi noktada dış dünyayla klasik bir nesne gibi davranmasına yeterli temas sağlamaya başlar? Bu zorluğa karşın bu eşevresizlik ve çoklu geçmişlerin bir bileşimi fikri bugün birçok araştırmacı tarafından ciddi olarak ele alınmakta ve kuantum mekanikçiler ile bilim felsefecileri arasında yoğun tartışmaların konusu olmaktadır.

Bkz. ***kuantum yorumları.***

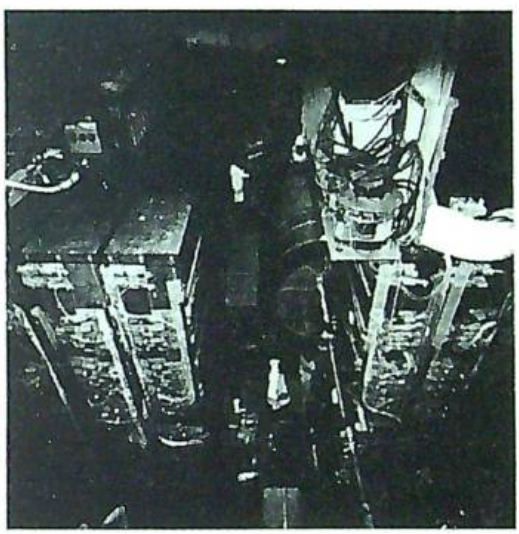
UA1 Underground Area 1'in (Yeraltı Alanı) kısaltılması. ***CERN***'deki bir deneyin adı olup 1981'den başlayarak proton/karşı-proton çarpışmalarını denetleyerek 1983'te W ve Z parçacıklarını keşfetti ve 1984'te de tepe kuarka ilişkin deliller buldu. Bkz. ***UA2.***

UA2 Underground Area 2'in (Yeraltı Alanı) kısaltılması. ***CERN***'deki bir deneyin adı olup 1983'te W ve Z parçacıklarını keşfetti. Bkz. ***UA1.***

**UAT** Bkz. ***Uluslararası Atom Zamanı.***

**Uhlenbeck, George Eugene (1900- 1988)** Hollandalı-ABD'li fizikçi; elektron spinini ileri süren ilk takımın üyesiydi.

Uhlenbeck 6 Aralık 1900'de o dönemdeki Hollanda Doğu Hint Adalarında, Batavya'da (artık Cakarta) doğdu. Lisans derecesini ve doktorasını 1927'de Leiden Üniversitesinden aldı. Henüz daha öğrenciyken 1925'te ***Samuel Goudsmit*** ile birlikte bir gümüş atomu huzmesinin manyetik alanda ikiye yarılmasıyla ilgili deneyi (***Stern-Gerlach deneyi***) gümüş atomlarının bir içkin spinleri ("yukarı" ve "aşağı") olduğunu önererek açıklamışlardı. Bu öneriye göre, elektronların spinleri vardı ve gümüş atomlarındaki elektronların sayısı tek (47) olduğuna göre biri dışında tüm diğer elektronların spinleri birbirini götürecekti (23 yukarı, 23 aşağı). Kalan bir spin de atomların yarısında yukarı, yarısında aşağı olarak manyetik alanın atomları yakalaması için bir "kulp" oluyordu.



*UA1. CERN'de W ve Z parçacıklarını ve tepe kuarkı keşfeden UA1 deneyinin ana dedektörü. Resimdeki insanlar dedektörün ölçeği hakkında fikir veriyor.*

Bu anahtar içgörü, bir atomda iki elektronun, fermiyon oldukları halde nasıl aynı enerji düzeyinde olabildiğini açıklıyor: bunlar spin bileşenleriyle ayırt ediliyordu. Spin daha sonra ***Paul Dirac***'ın yaptıklarıyla sağlam bir kuramsal temele oturtulmuştu. Birçok fizikçi bu önemli keşfin Goudsmit ve Uhlenbeck'e niye Nobel Ödülü kazandırmadığı için şaşırmıştı.

Uhlenbeck, doktorasını aldıktan sonra ABD'ye giderek 1927'den 1935'e kadar Michigan Üniversitesinde çalıştı. Sonra Hollanda'ya dö-

nerek Utrecht Devlet Üniversitesinde profesör olup 1939'a kadar orada kaldı ve ABD'ye bu kez göçerek yeniden Michigan Üniversitesine katılıp fizik profesörü oldu. 1960'ta New York Eyalet Üniversitesinin Rockefeller Tıbbi Araştırma Merkezine katılarak emeritus profesör olarak atanıp 1974'te emekli oldu. 31 Ekim 1988'de Boulder, Colorado'da öldü.

**UKAEA** 1954'te kurulan Birleşik Krallık Atom Enerjisi Otoritesi (United Kingdom Atomic Energy Authority) deyişinin kısaltması. Birleşik Krallık'ta nükleer gücün araştırılma ve geliştirilmesinden sorumludur.

**Ulam, Stanislaw Marcin (1909-1985)** Polonya doğumlu ABD'li matematikçi: ilk hidrojen bombasının tasarımını yaptı. Ulam 13 Nisan 1909'da Lwow'da (o zaman Avusturya İmparatorluğunun Polonya kısmıydı, şimdi ise Ukrayna'da Lvov) eğitimini aldı ve doktorasını Lwow'daki Politeknik Enstitüsünde 1933'te tamamladı. 1936'da ABD'ye göçerek Princeton'daki İleri Çalışmalar Enstitüsüne katıldı. 1939'da Harvard Üniversitesine geçti, 1941-1943 arasında da Madison'daki Wisconsin Üniversitesi kadrosundaydı. Sonra ABD vatandaşı olarak ***Manhattan Projesi***'ne katıldı ve 1965'e kadar Los Alamos'da yaşadı. Hidrojen bombası projesinde Edward Teller ile çalıştı ve Teller politikasında yoğunlaşırken o bilimsel kısmını yürüttü.

1965'ten sonra Ulam birçok ABD üniversitesinin öğretim kadrosunda bulundu. 13 Mayıs 1985'te Santa Fe'de öldü.

**Uluslararası Atom Zamanı//international atomic time//** Uluslararası saat/zaman ayarı standardı. 1972'de resmileşerek Paris'teki Bureau Internationale de l'Heure'de (Uluslararası saat bürosu) tutuluyor. Zaman 24 ülkedeki 80 atom saatiyle ölçülüp her biri bilgiyi Paris'e gönderiyor; orası da 1 milisaniyelik doğruluk payıyla düzenliyor. Bu tüm sivil zaman ölçümünün temelidir. Bir günde tamsayı kadar saniye olmadığından ve de *D*ünya'nın dönüşü azıcık değiştiğinden arada bir yayımlanan zaman imlerine bir "artık saniye" eklenerek Güneş'in, saatlerimizle yerel öğlenlerde en tepede görülmesi sağlanıyor (tabii her zaman diliminde yapılan ayarlar ve yaz saati uygulaması dışında!).

**upsilon** Kütlesi çok büyük (9,46 GeV) ve kısa ömürlü ($10^{-20}$ s), nötr ve spini 1 olan bir ***mezon***; 1977'de ***Fermilab***'da keşfedilen upsilon, bir alt ve karşı-alt ***kuark*** çiftlerinden oluşmuştur.

**uyarılmış durum//excited state//** Atom ya da molekül gibi bir kuantum sisteminin, ***taban durumu***ndayken olduğundan fazla enerjisi

varsa demek ki daha ***yüksek enerji*** düzeyinde, yani ***uyarılmış durum***da bulunmaktadır. Kendi başına bırakıldığında enerji ışıyarak taban durumuna döner.

**uzaktan etki//action at a distance//** Nesneler arasındaki –*D*ünya'yı Güneş çevresinde yörüngede tutan kütleçekim gibi– etkileşmelerin, aracı bir düzenek olmadan işlediği fikri. Fikrin özgün şekli bu etkileşmenin aradaki uzaklıktan bağımsız, anında kendini gösterdiğini söylemekteydi. Temanın modern çeşitlemeleri uzaktan etkileşmeleri içerir, ancak ışık hızıyla bağlantılı olarak bir süre alırlar. Bkz. ***işlemsel yorum***, ***Wheeler-Feynman soğurma kuramı***.

**uyartılmış salım//stimulated emission//** ***Atom***larda daha yüksek bir ***enerji düzeyi***nden daha alçak bir enerji düzeyine bir dış uyartıcının tetiklemesiyle enerji salınması. Uyartılmış salımın özellikle ***lazer*** ve ***mazer***lerde önemli kılgın uygulamaları bulunuyor.

**uzay//space//** Geleneksel olarak yıldızlar ve gezegenler arasındaki boşluk. Ancak, ***görelilik kuramı*** bağlamında "boş uzay"ın bile belirgin bir yapısı ve özellikleri olduğu düşünülmelidir. Bu maddesel olguların yer aldığı sahnedir. Görelilik kuramında üç boyutlu uzay dört boyutlu süreklilik yapmak üzere zamanla birleşiyor.

Bu resim de, ***kuantum fiziği***ne göre en küçük ölçeklerde ve ***Planck uzunluğu*** mertebesinde uzaklıklarda parçalanıyor. Burada uzay da zaman da kimliklerini bir "kuantum köpüğü" içinde yitiriyorlar. ABD'li fizikçi ***John Wheeler***'a göre uzaydaki gerçek parçacık olarak gördüklerimizin varlığının kuantum köpüğünün etkinlik bağlamında bulutların atmosfer dinamiği bağlamındaki öneminden daha az değildir. Bulutu ya da parçacığı görüyoruz ama bu, denizler dolusu etkinlik yanında devede kulak (hatta tüy) kalır.

**SUSY//** ***Süpersimetri***'nin kısaltması.

**SUSY parçacıkları//SUSY particles//** Bildik parçacıkların ***süpersimetri*** kuramının önsöydüğü karşılıkları (***süpersimetrili eşler***i olarak da bilinir). Bilinen her bir fermiyon tipi için süpersimetri "yeni" tip bir ***bozon***; bilinen her bir bozon türünün de bir fermiyonik karşılığı olması gerekiyor. Yeni bozonlar, ilgili fermiyonların adlarının başına bir "s" koyarak (yani elektron için selektron), yeni fermiyonlar da ilgili bozonların sonuna "ino" koyarak (yani foton için fotino) adlandırılıyor.

**Süper Proton Sinkrotonu//Super Proton Syncrotron//** ***CERN***'de 1970'lerde yapılan bir ***hızlandırıcı***. Bu, başta protonları 400 GeV ci-

varında enerjilere hızlandırmak için yapılmış olup 1980'lerde 900 GeV enerjilere erişecek bir proton/karşı-proton çarpıştırıcısı haline getirildi.

**süperakışkanlık//superfluidity//** Helyumun çok alçak sıcaklıklarda sürtünmesiz akışı. Bu bir sırf kuantum olgusudur. Oluş sebebi çok alçak sıcaklıklarda helyumun süperakışkandaki bir ***bozon*** gazı (ya da ***Bose yoğuşumu***) gibi davranmasıdır. Tümü aynı enerji düzeyinde olup tek bir dalga fonksiyonuyla betimlenerek hiç çabalamadan tek bir varlık olarak devinir. Bunun 2,2 K'da süperakışkan olan Helyum-4'te olması görece kolaydır çünkü her atomunun toplam kuantum spini sıfırdır (dört ***nükleon***unun her birinin yarım olan spinlerinin yönelişleri birbirlerini götürür) ve bu tür varlıkların topluca davranışı ***Bose-Einstein istatistiği*** ile betimlenir. Helyum-4'ün süperakışkanlığı ilk 1930'da Toronto Üniversitesindeki deneylerde dikkati çekti ve ***Piotr Kapitza,*** üzerinde ayrıntılarıyla çalıştıktan sonra ***Lev Landau*** tarafından betimlendi.

Ama her bir çekirdeğinde 3 nükleonu bulunan helyum-3, atomlarının toplam spini ½ olduğundan fermiyon olarak davranmalıdır. Yine de iyice alçak sıcaklıklarda (yaklaşık 2,6 mK'nın altında) süperakışkan olabiliyor; bu koşulda toplam spini tamsayı olan çiftler oluşturabildiklerinden (Cooper çiftleri gibi, bkz. ***süperiletkenlik***) etkin olarak bozonlar olarak davranırlar. Bu çiftlenmiş parçacıkların etkin spinleri 0 değil de 1 olduğundan helyum-3'ün özellikleri süperakışkan helyum-4'ünkinden çok farklıdır; örneğin bunun içinde ses hızı farklı yönlerde farklıdır. Sıcaklık yükseldiğinde Cooper çiftinin üyeleri arasındaki zayıf ilişki ısıl devinim yüzünden kopar. Helyum-3'ün süperakışkanlığı ilk kez ***David Lee, Robert Richardson*** ve ***Douglas Osheroff*** tarafından 1971'de Cornell Üniversitesindeki deneylerde ortaya konuldu.

**süperkütleçekim//supergravity//** Süpersimeri kuramından çıkan bir gelişme olup kütleçekimi doğal olarak içerir. Eğer süpersimetri bir ***yerel simetri***yse bunun ayar bozonlarının taşıdığı bir alanla ilişkili olması gerekir. Bu bozonlar spinleri 2 olan kütlesiz parçacıklardır; başka deyişle ***graviton***lar. 1970'lerin ortalarında birçok kişi bu keşfi bağımsız olarak yaptı ve tema üzerine farklı çeşitlemeler geliştirdi. O sıralarda tercih edilen sürüme aşağıda açıklanan sebeplerle "$N = 8$ süperkütleçekim" deniliyor.

Süpersimetrinin tüm sürümlerinde olduğu gibi her cins bozonun "yeni" bir cins ***fermiyon*** eşi olması gerekir. Gravitonun karşılığı ise

spini ½ olan gravitinodur. Bunlar sıradan maddeyle çok zayıf olarak etkileşir ve saptanmaları aşırı derecede zor olup süperkütleçekimin değişik sürümleri, 1 ile 8 arasında sekiz farklı cins gravitinonun varlığına (bir bakıma ***kuantum elektrodinamiğinin kuark*** çeşitlerine izin vermesine kabaca benzeşerek) izin veriyor.

Sekiz gravitinolu süperkütleçekim ($N$ = 8 süperkütleçekim) işlenmesi en kolay olan sürümdür, özellikle on bir uzayzaman boyutlu çerçeveye oturtulduğunda (bkz. ***Kaluza-Klein kuramı***). Kimi fizikçilerin 1970'lerin sonlarındaki heyecanlarını, ***Stephen Hawking***, Cambridge Üniversitesine Lucas Kürsü Profesörlüğüne atanma töreninde verdiği konferansta, $N$ = 8 süperkütleçekimin verdiği umudun kuramsal fiziğin sonunun göründüğü şeklinde özetlemişti. Ama 1970'lerin sonundaki on bir boyutlu kuramın ayartıcı çekiciliğinin bir yanılsama olduğu anlaşıldı. Zayıf etkileşmelerde paritenin korunmadığı ve bunun ise yalnız boyut sayısı tek olan uzaylarda mümkündür. Oysa uzayzamanda zamanın bulunması zorunlu olduğundan bunun boyut sayısı çift olur.[268]

Ancak, süpersimetri ***sicim kuramı***na uyarlanarak süpersicim kuramı yapılır yapılmaz süperkütleçekimin, yeni kuramın bütünleyici bir kısmı olduğu, hatta çift sayıdaki uzayzaman boyutları için bile apaçık olmuştu (1980'lerin ortasında). Bu, süperkütleçekimin bir $N$ = 1 sürümü olup (yani yalnızca bir gravitino için yeri var) ***gölge madde***nin var olduğu önsöyümüne götürüyor.[269]

**süperiletken//superconductor//** Bkz. ***süperiletkenlik***.

**süperiletkenlik//superconductivity//** Sıvı helyumun çok düşük sıcaklıklarda sürtünmesiz akışı. Bu sırf bir kuantum olgusudur. Bunun olma sebebi çok alçak sıcaklıklarda (2,2 K) süperakışkandaki helyumun ***bozon*** (ya da ***Bose yoğuşkusu***) gazı gibi davranmasıdır. Tümü aynı enerji düzeyinde yerleşik olup tek bir dalga fonksiyonuyla betimlenerek tek bir birim halinde hiç çabalamadan devinir. Bu helyum-4 için görece kolaydır çünkü her bir atomun toplam kuantum ***spin***i sıfır olup (iki elektronunun ve çekirdeğindeki dört ***nükleon***un yarımşar spinlerinin yönelimleri toplamı sıfır yapar) böyle varlıkların topluca davranışı ***Bose-Einstein istatistiği*** ile betimlenir. Helyum-4'ün süperakışkanlığı ilk kez 1930'larda Toronto Üniversitesindeki deneylerde fark edilmiş olup ayrıntılarıyla da ***Piotr Kapitza*** tarafından incelenip açıklanması ***Lev Landau*** tarafından yapılmıştı.

Ama çekirdeğinde üç nükleonu olan (bir nötronu eksik) helyum-3 atomlarının toplam spinleri ½ olduğundan ***fermiyonlar*** olarak dav-

ranmaları gerekirdi. Yine de yaklaşık 2,6 mK altındaki sıcaklıklarda süperakışkan oluyorlar. Çünkü bu atomlar toplam spinleri tamsayı olan çiftler (***Cooper çiftleri*** de denilir, bkz. ***süperiletkenlik***) oluşturarak bozonlar gibi davranıyorlar. Bu çiftlenen parçacıkların toplam spini sıfır değil de 1 olduğundan süperakışkan helyum-3'ün özellikleri süperakışkan helyum-4'ünkilerden çok farklıdır; örneğin ses bunun içinde farklı yönlerde farklı hızlarda gider. Sıcaklık arttığında Cooper çiftlerinin zayıf bağları ısıl devinim yüzünden kopar. Helyum-3'ün süperakışkanlığı ilk ***David Lee***, ***Robert Richardson*** ve ***Douglas Osheroff*** tarafından 1971'de Cornell Üniversitesinde ortaya konulmuştu.

süpersimetri (SUSY)//supersymmetry// ***Ayar simetrisi*** yaklaşımının doğa kuvvetlerini ve parçacıklarını anlamadaki başarısı, 1970'lerde kuramcıları her şeyin geometrik betimini tek bir kapsamlı ***simetri*** cinsinden bulmak için girişmek için yüreklendirdi. O sıralarda parçacık fiziği dünyasındaki son ana asimetri, "parçacıklar" (***fermiyonlar***) ile "kuvvetler" (***bozonlar***) arasındaki ayırımdı. Bu bir görünüm farkından fazladır. Geometri bakımından bu iki varlık arasındaki bir anahtar fark şöyle: fermiyonların başladıkları yere varmaları için iki tur (720°) dönmeleri gerekirken bozonların bir tur (360°) dönmeleri yeterli (bkz. ***spin***). Dönüm noktası 1970'lerde bu iki farklı davranış tarzını tek bir geometrik çerçevede birleştiren bir tür simetri olarak süpersimetrinin (kısaca SUSY) keşfiyle geldi.

Süpersimetri sıradan uzayzamanın dört boyutuna dört boyut daha iliştirerek işliyor. Oluşan sekiz boyutlu geometri, süperuzay denilip fermiyonun başlangıç konumuna dönebilmesi için gereken "fazladan" dönmeye yer açıyor. Ama bu ek boyutlar uzay ya da zaman boyutları olmayıp ***Kaluza-Klein kuramlarında*** ya da ***sicim kuramında*** sıkıştırılmak gereken ek uzay boyutları değil. Süpersimetrinin matematiğinde bildik dünyadaki dönmeye eşdeğer bir işlem bulunuyor. Ama bu işlem, bir cismi üç boyutlu uzay yerine bildik dört boyutlu uzayzamandan fermiyonların yerleştiği sekiz boyutlu geometriye döndürür. Ve tabiidir ki eşdeğer bir işlem de bir cismi fermiyonların yerleştiği sekiz boyutlu uzaydan dört boyutlu uzayzamanın bildik geometrisine döndürüyor. Başka deyişle bozonları fermiyonlara, fermiyonları da bozonlara dönüştürmek mümkün; yani bozonlar ve fermiyonlar arasında bir ayrım olmayıp iki farklı tür parçacık olarak görülen ise geometrinin sebep olduğu bir yanılsama.

Ama şu açık ki bir elektronun böyle döndürülmesi bilinen bozonların hiçbirisini oluşturmayacak. Gerçekten de bilinen bozonların

hiçbirisi bilinen fermiyonların döndürülmüş sürümlerine karşılık gelmezken bilinen fermiyonların hiçbirisi bilinen bozonların döndürülmüş sürümlerine karşılık gelmiyor. Eğer süpersimetri gerçek dünyaya uygunsa bilinen her bozon tipine ve her fermiyon tipine karşılık birer ***süpersimetrili eş*** bulunmak gerekir, bu da dünyadaki parçacık çeşitlerinin sayısını ikiye katlar. Bu durumda da elimizde bir ***kırık simetri*** oluyor çünkü süpersimetrili eşler etrafta görünmüyor.

Parçacık fiziğindeki diğer kırık simetrilerde olduğu gibi bunun ima ettiği şey daha yüksek enerjilerde tam bir simetri olmasıdır. O zaman da her bozon tipine bir SUSY fermiyonu eşlik edecek ve de ters karşılığı olacak. Simetrinin kırılmasının sebebi ise süpersimetrik parçacıkların bugün bilinen karşılıklarından çok daha ağır olmaları ve yalnız çok yüksek enerjilerde üretilebilecek olmalarıdır. Ama, diğer SUSY parçacıklarının ona bozunacakları kararlı bir süpersimetrili eş EHSP (En Hafif Süpersimetrik Parçacık) bulunmalı (*fotino* olabilir) ve bu belki saptanabilir bir parçacıktır. Böylesi parçacıklar için araştırmalar yapılmakta olup bunlar bulununcaya kadar süpersimetri bir kuram paketi olarak ne denli çekici gelirse gelsin yaşadığımız dünyanın betimi olarak kanıtlanmış olmayacaktır (ama bkz. ***sicim kuramı***).

Bkz. *Gölge madde*.

**süperuzay//superspace//** Bkz. ***süpersimetri.***

**süpersicimler//superstrings//** Bkz. ***sicim kuramı.***

**süpersimetrili çiftler//supersymmetric pairs//** Bkz. ***süpersimetri, SUSY Parçacıkları.***

**süpersimetrili eşler//supersymmetric partners//** Bkz. ***süpersimetri.***

**süpersinkrotron//supersynchrotron//** 1960'larda özgün sinkrotron tasarımının daha ileri bir sürümü olarak geliştirilen bir sürümü. Tasarımın ana özelliklerinden birisi parçacık demetlerinin saptırılması diğeri de odaklanması için iki takım mıknatıs kullanılmasıdır.

**vakum//vacuum//** Kuantum fiziğinde vakum "hiçlik" olmayıp etkinliklerle köpürmüştür. Kuantum ***belirsizliği*** sayesinde ***sanal parçacıklar*** sürekli oluşup yok olmaktadırlar. Vakumu birçok değişik alanın *üst üste binmiş durumu* olarak düşünmek iyi olabilir. İşleri basit tutmak için önce bir tür alan olarak elektromanyetik alanı düşünelim. Alanın değişik durumları bir gitar telinden çıkacak değişik notalar (sesler) gibidir. Bir ***atom***daki bir elektronun ***enerji düzeyleri*** gibi bunlar basamak aralıkları tek bir fotonun enerjisine karşılık gelen bir tür ener-

ji merdiveni oluşturuyor. Atom bir foton saldığında vakum alanının enerjisi atomun enerjisindeki azalmaya eşit bir birim artar. Bir sanal fotonun geçici çıkışı alan enerjisinin kendiliğinden bir basamak artıp yeniden geri inmesine karşılık gelir, gitar telinin kendi başına gelişigüzel notalar çalması gibi.

Tüm durumlarındaki elektromanyetik alanın yanı sıra elektronlar, protonlar vb her türlü parçacık ve etkileşmeleri için birer alan düşünmek gerekir. Ve bu vakum alanları birçok durumun üst üste binmesi olarak bulunuyorlar. Tüm bu alanlar Evreni doldururlarken hep birlikte vakumu oluşturup bunu çok telli bir saz yapıyorlar. Vakum, uzayzamanın bu alanlarla dolu en düşük enerjili durumudur. Bütün bunları sanal parçacık/karşı-parçacık çiftlerinin oluşturduğu bir "deniz" olarak düşünmek mümkündür.

Bkz. bir de ***Casimir etkisi***.

vakum çalkalanması// vacuum fluctuation// ***Sanal parçacıkla***rın kendilerini geçici olarak ***vakum*** dışında göstermeleri.

vakum kutuplanması// vacuum polarization// Elektrik yükleri ya da iletkenlerin varlığıyla

vakumun yapısında değişiklik olması. Vakum bir sanal parçacık/karşı-parçacık denizidir, ama basitlik için yalnızca ***sanal parçacıklar*** olarak var olup yok olan elektron-pozitron çiftleri düşünülebilir. Bir gerçek elektronun yakınında her bir elektron-pozitron çiftinin kısacık ömrü sırasında bile sanal pozitron elektrona yaklaşırken sanal elektron itilebilir. Bu, vakum çalkalanmaları (bkz. ***yeniden boyutlandırma***) olmadan önsöyülen sonsuz büyüklükteki yalın yük yerine, elektronun ölçülen yükünü belirleyen perdelemeyi oluşturur. Başka etkileşmeleri içeren benzer etkiler de vakumun yapısını değiştirir.

Şunu vurgulamak önemlidir: bu etkiler bildik dünya bakımından ne denli esrarengiz olsalar da gerçekten de gözlenmiştirler. ***Casimir etkisi***ni ortaya koyan deneylerin bir uzantısı "boş uzay"ın yapısının uzayda bulunanlardan etkilendiğine ilişkin daha çok delil sağlıyor.

İki iletken levha birbirlerine çok aşırı yaklaştırıldığında birbirlerini Casimir etkisiyle çekerler. 1990'ların başlarında Yale Üniversitesinde yapılan deneyler arasında benzer bir deneyde iletken plakalar (minik, altın kaplama cam plakalar) bir "V" gibi yerleştiriliyor. V üst tarafında metrenin milyonda birkaçı kadar açıklıktadır. Yan taraftan, aralığa değişik yüksekliklere sodyum atomları atılıyor. Plakaların değişik yükseklikteki aralıkları saf tekrenkli ışıkla girişim saçakları kullanılarak

metrenin milyarda 5'i kesinlikle ölçülüyor. Böylece deneyciler atomların plakaların ne kadar yakınından geçtiğini tam olarak bileceklerinden iletkenlerin varlığının vakuma zorladığı yapının bunları ne denli etkileyeceğini hesaplayabiliyorlar. Atomlar, V'nin öbür yanından çıkarken üzerlerinden yansıtılan lazer ışınlarıyla gözleniyorlar.

Atomların gözlenen davranışları, vakumun yapısının V biçimindeki iletken plakaların varlığından nasıl değişeceğini hesaba katınca kuantum kuramının önsöyümleriyle tam uyuşurken, yapısız bir vakum öngören klasik kuramla hiç uyuşmuyor. "Hiçlik"in tek tek sodyum atomları üzerinde ölçülebilir bir etkisi olduğu görülebiliyor.

van **de Graaf üreteci//van** de **Graaf** generator// Yüksek potansiyel farkı (voltaj) elde etmek için ABD'li fizikçi Robert van de Graaf (1901-1967) tarafından 1920'lerin sonlarında geliştirilmiş olan ilk hızlandırıcılardan birisi. Bu makinelerin küçük sürümleri belgin kubbeli tepeleriyle okullarda da kullanılırken devasa ölçülerdeki büyükleri hâlâ araştırma laboratuarlarında (tıbbi ve endüstriyel uygulamalarda) elektronlar gibi yüklü parçacıkları demetler olarak çok yüksek enerjilere hızlandırmak için gerekli çok yüksek potansiyel farklarını sağlamakta kullanılmaktadır.



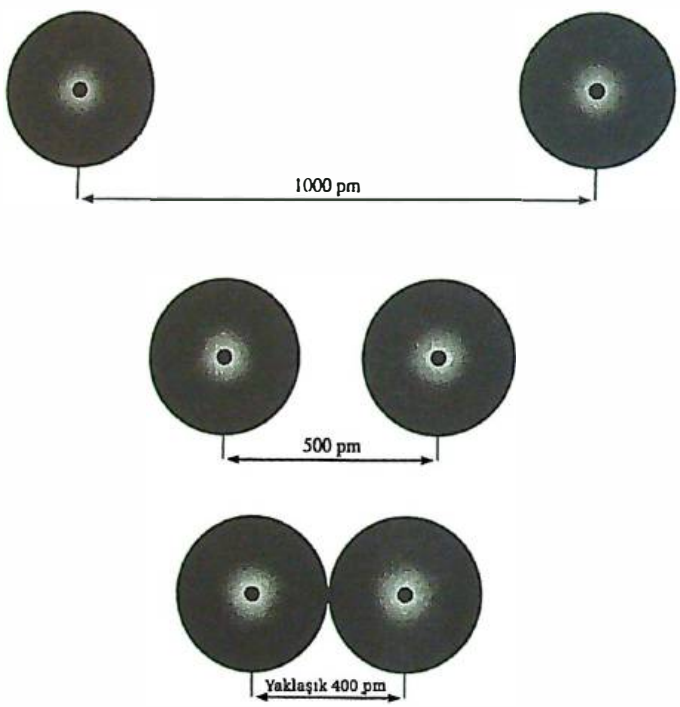
*Van de Graaf üreteci. Bir van de Graaf üretecinin Metal kürede ürettiği elektrik yükü birikimi saçları uçuran bir deneyim yaratıyor. İyice yalıtılmış bir döşeme üzerinde durup yüklü küreye dokunulursa gövdede biriken "aynı yükler" saçların birbirlerinden kaçmalarına sebep oluyor.*

**van der Meer, Simon** (1925-2011) Hollandalı fizikçi ve mühendis; *CERN*'de kıdemli mühendis olarak çalışırken stokastik soğutma diye

bilinen ve hızlandırıcılarda daha yeğin karşı-proton demetleri oluşturmasını sağlayan bir tekniği geliştirdi. Bu CERN'de W ve Z parçacıklarının keşfine götüren deneylerde bir anahtar katkı oldu. Bu iş için van der Meer 1984'te Nobel Fizik Ödülünü ***Carlo Rubbia*** ile paylaştı.

24 Kasım 1925'te *den Haag*'da doğan van der Meer mühendislik okuduğu Delft'teki Teknik Yüksekokulunu 1952'de bitirdi ve 1952-1955 arasında Eindhoven'daki Philips'te çalıştı. Sonra CERN'e katıldı. Cenevre Üniversitesi (1983) ve Amsterdam Üniversitesi (1984) onursal doktora verdiler. Van der Meer 4 Mart 2011'de Amsterdam'da öldü.

**van der Waals kuvvetleri// van der Waals forces//** Atomlar ve moleküller arasında, elektrik yüklerinin birer noktada yoğunlaşmış olmayıp sonlu birer hacimde dağıldığı için kendisini gösteren özel bir çekim kuvveti. Bu ad Hollandalı fizikçi ***Johannes van der Waals***'a atfen verilmiştir.




*Van der Waals kuvvetleri. İki atom görece uzaksalar her bir çekirdeğin artı yükü diğer atoma yakın tarafındaki elektron bulutuyla ancak kısmen perdelendiğinden diğer atomun elektron bulutuna çekilir. Elektron bulutlarının neredeyse değdiği noktada iki artı yüklü çekirdek birbirlerinin farkına varıp itmeye başlarlar. Bu da atomun van der Waals yarıçapını belirler. Bu itişmeye elektron bulutları da katılır. Her şey atomlardan yapılmıştır. Devinip duran bu minicik varlıklar uzaklıkları kısayken birbirlerini böyle çekerler ama sıkıştırılırlarsa itmeye başlarlar.*

Bunu canlandırmanın en iyi yolu atomun ya da molekülün çevresindeki elektron bulutunun diğer atomun çekirdeği tarafından (ya da tersi) çekildiğini düşünmek. Çünkü diğer atomun elektron bulutunun yarısı atomun öbür tarafında olduğundan artı yüklü çekirdek ancak kısmen korunmuş oluyor. Benzer olarak iki elektron bulutu birbirlerini hafifçe çekerler tıpkı artı yüklü çekirdek bölgeleri gibi, ama bunlar moleküller ya da atomlar iyice birbirlerine yaklaşana kadar çekim kuvvetini bastırmaya yetmiyor. Sonuçta bir sıvı ya da gazdaki moleküller birbirlerinden ya da kabın duvarlarından sekerken hafifçe daha bir "yapışkan" davranıyorlar. Bu olayın kuantum mekaniksel açıklanması 1930'larda ***Fritz London*** tarafından yapıldı.

Çekici ve itici van der Waals kuvvetlerinin tam dengelendiği en yakına gelme notası bir bakıma atomun yarıçapı olup buna van der Waals yarıçapı denilir. Benzeşik olarak nükleonların arasındaki yeğin kuvvet (bkz. ***doğa kuvvetleri***), nükleonun içindeki kuarklar arasındaki renk kuvvetinin sızması olarak düşünülebilirken nükleon yarıçapı da nükleonu oluşturan kuark çıkınının van der Waals yarıçapının eşdeğeri olarak düşünülebilir.

**van der Waals, Johannes Diderik** (1837-1923) Hollandalı fizikçi; gazların genel koşullarda yaygın kullanılan denklemini –hal denklemi– tasarladı.

23 Kasım 1837'de Leiden'de doğan van der Waals, üniversiteye giriş hakkı edindiği 1862'ye kadar ilkokul öğretmenliği yaptı. 1865'te bitirip ortaokul öğretmeni ve 1866'da Den Haag'da bir okulun müdürü oldu. Bu arada yarı zamanlı olarak üniversitede fizik okuyordu. 1873'te Leiden Üniversitesine doktora tezini sundu. Gaz ve sıvıların doğası üzerine olan bu çalışma ona fenbilimci olarak ün kazandırdı ve 1877'de Amsterdam Üniversitesinde fizik profesörü oldu. İzleyen çalışmalarının çoğu –onu en iyi hatırlatan denklemi de– tezindeki fikirlere dayanacaktı. Bundaki kilit girdilerden birisi ***van der Waals kuvvetleri*** fikrine götürdü. Bu fikir ***kuarklar*** arasındaki renk kuvvetinin ***nükleonlar*** arasındaki yeğin etkileşmeye (bkz. ***doğa kuvvetleri***) götürmesine yararlı bir benzeşim sağladı.

Van der Waals 1907'de emekli oldu (yerine Amsterdam'da oğlu fizik profesörü olmuştu) ve yaptığı çalışmalar için 1910 Nobel Fizik Ödülünü aldı. 1912'den sonra sağlık sorunları yüzünden çok az çalışma yaptı ve 8 Mart 1923'te Amsterdam'da öldü.

**van der Waals yarıçapı//van der Walls radius//** Bkz. ***van der Waals kuvvetleri.***

van Vleck, John Halsbrouck (1899-1980) ABD'li fizikçi; manyetizma kuramı için 1977 Nobel Fizik Ödülünden pay aldı.

13 Mart 1899'da Connecticut, Middletown'da doğan van Vleck 1920'de Wisconsin Üniversitesini bitirdikten sonra yüksek lisansını 1921'de, doktorasını ise 1922'de Harvard'dan aldı. 1923'te Minnesota Üniversitesine geçen van Vleck 1927'de profesör oldu. 1928'den 1934'e kadar Wisconsin Üniversitesinde profesör olduktan sonra da meslek yaşamını Harvard'da sürdürdü (arada Leiden ve Oxford ziyaretleri dışında) ve 1969'da emekli oldu. İkinci Dünya Savaşında radar çalışmaları yaptı. Nobel Ödülü aldığı çalışmalar büyük ölçüde 1930'larda yapıldı. Birçok elementin manyetik, elektrik ve optik özelliğini kuantum kuramıyla açıklarken bir atomun elektronlarının yakındaki diğer atomlarca etkilenişini kullanıyordu (bu çalışma sonradan lazerin gelişmesinde önemli olacaktı). Bu mıknatıslık kuramını sokaktaki adama anlatabilir misin dendiğinde van Vleck'in yanıtı "Hayır" olmuştu.

Van Vleck Harvard'dan emekli olduktan sonra Massachusetts, Cambridge'te yaşadı ve 27 Ekim 1980'de orada öldü.

varyasyon ilkesi// variational principle// Belli bir integralin bir minimum ya da maksimum olmak gerektiğine dayanan bir matematik ilkesi. Kuantum fiziğindeki en kullanışlı örnek en küçük ***eylem*** ilkesidir. Bu ilkenin işlediği bir belgin örnek ışığın doğrular boyunca ve iki nokta arasındaki toplam (yani integral) gidiş süresini en kısa (minimum) yaparak gitmesidir (en kısa süre ilkesi). Varyasyon ilkesinin esası eski çağlarda Antik Yunan'daki geometriye olan ilgiye gider. ***Pierre Fermat*** ışık için en kısa süre ilkesini 17. yüzyılda, bundan kısa bir süre sonra da ***Pierre de Maupertius*** en küçük eylem ilkesini mekanik bağlamında önerdi. 18. yüzyılın ortalarında bu tür çözümlemelerin ilk genel kurallarını geliştirdi ve daha da ilerletilmesi ***Joseph Lagrange*** ve de özellikle ***William Hamilton*** tarafından oldu. Varyasyon ilkeleri genel görelilik kuramının kurulmasında önemliydi; ***dalga mekaniğ***inin gelişmesinde ise ***Louis de Broglie*** ile ***Erwin Schrödinger*** tarafından kullanıldı.

Ek okuma: Richard Feynman, *Kuantum Elektrodinamiği*, Pan Yayınları, 3. Baskı 2010.

vektör Hem büyüklüğü hem de yönü olan bir nicelik. Bir arabanın hızı bir yolu ne kadar çabuk gittiğini gösterir, hız vektörü ise çabukluğu kadar gittiği yönü de belirtir, örneğin saatte 60 kilometre, kuzeye doğru.[270]

vektör alanı//vector field// Bir yön eğilimi olan bir alan. Elektrik alanı

vektör alanlarının belki ilk örneğidir. Bir elektrik alanına yerleştirilmiş minicik bir yüklü parçacık belli bir yönde gidecek (artı yüklüyse alan vektörü yönünde, eğer eksi yüklüyse ters yönde) ve alanın büyüklüğüyle orantılı bir ivmeyle hızlanacaktır. Alan tam anlamıyla düzgün ise yük, alan vektörlerinin uzandığı doğru çizgi boyunca (***kuvvet çizgisi***) giderken, genel bir elektrik alanının vektörleri yükün izleyeceği yola her noktasında teğettir. Bkz. ***skaler alan***.

**vektör bozonu** Bir ***vektör alanı***yla ilişkili bir parçacık. Vektör alanlarının yapılarından dolayı tüm vektör parçacıkların ***spin***leri 1 olduğundan ***bozon***durlar. Bunlar doğa kuvvetlerinin ulak parçacıklarıdır: foton, *W* ve *Z* parçacıkları ve gluonlar. ***Graviton*** belki de daha da karmaşık olan bir tensör parçacık olup spini 2'dir.

**vektör parçacık//vector particle//** bkz. ***vektör bozonu.***

**Veltman, Martinus** Bkz. ***Hooft, Gerard't.***

**von Fraunhofer** Bkz. ***Fraunhofer, Josef von.***

**von Klitzing** Bkz. ***Klitzing, Klaus von.***

**von Laue** Bkz. ***Laue, Max Theodor Felix von.***

**von Neumann** Bkz. ***Neumann, John von.***

**Walton, Ernest Thomas Sinton** (1903-1995) İrlandalı fizikçi; 1951 Nobel Fizik Ödülünü 1932'de birlikte ilk "atom parçalayıcısı"nı geliştirdiği ***John Cockroft*** ile paylaştı.

6 Ekim 1903'te Dungarvan County, Waterford'da doğan Walton Dublin'de Trinity Kolejinde okudu ve 1926'da deneysel fenbilimi ve matematik çift anadal programını üstün başarı derecesiyle tamamladı. 1927'de Cambridge'e geçtiği ve 1931'de doktorasını alıp 1934'e kadar ***Cavendish Laboratuarm***da çalıştığı halde Walton bir yandan da Trinity'den 1928'de Fen, 1934'te de Sosyal Bilimler yüksek lisans dereceleri alarak aynı yıl Dublin Trinity Kolejinin üyesi olduktan sonra 1946'da da orada doğa felsefesi ve deneysel felsefe profesörü oldu. Cockroft ile yaptığı çalışma



*Ernest Walton (1903-1995)*

kısmen, 1929'da Cambridge'i ziyaret eden ve *çekirdek*leri ***proton***larla bombardıman ederek "atomu parçalama" olasılığını hesaplayan ***George Gamow***'dan esinlendi.

Walton 1974'te emekli oldu ve 25 Haziran 1995'te Belfast'ta öldü.

**weber** Manyetik alan şiddeti ölçmek için kullanılan bir birim (simgesi Wb).

**Weber sabiti//Weber constant//** Bkz. ***Weber, Wilhelm Eduard.***

**Weber, Wilhelm Eduard (1804-1891)** Alman fizikçi; elektrodinamikte öncü çalışmalar yaptı. 24 Ağustos 1804'te Wittenberg'de doğan Weber, Halle'de öğrenim gördü ve 1826'da org borularının akustiği üzerine yaptığı çalışmayla doktorasını aldıktan sonra orada öğretim görevlisi oldu. 1828'de yardımcı doçent olduktan sonra 1931'de profesörlüğe yükseltildiği Göttingen'e geçti. Weber'in elektrik ve manyetizmaya olan ilgisini Karl Gauss orada ateşledi. Ama 1937'de Hannover Kralının Devlet Anayasasına karışmasına itiraz eden akademisyen grubu içinde kovuldu. Yıllarca akademik çölde yaşarken Göttingen'de hâlâ kurum dışı araştırma yaptıktan sonra 1843'te fizik profesörü oldu ve 1849'da yeniden profesör olarak Göttingen'e dönüp yeniden Gauss ile birlikte çalıştı. En önemli çalışmalarını 1850'lerde yaptı.

Weber iki kilit nicelik olan elektrostatik davranış ile elektromanyetik davranış oranını belirleyen deneylerle ilgilendi. Artık ***Weber sabiti*** olarak bilinen bu oranın ışık hızı olduğu anlaşıldı. Elektromanyetizma ile ışık arasındaki bu bağlantı kısa süre sonra ***James Clerk Maxwell***'in çalışmalarıyla açığa çıktı.

Weber, uygulamalı fizikte başarılı olup 1833'te laboratuarını Gauss'un üslendiği gözlemevine bağlayacak 3 km uzunluğunda bir elektrik telgraf hattı kurdu. Bu, kurulan ilk uygulamalı telgraf hattıydı. Akademik kaç-göçte geçen zamanında Gauss'la birlikte ***D***ünya'nın manyetik alanını incelemek için bir gözlem istasyonları ağı düzenlediler. 1871'de de atomların artı yüklü bir merkez parçacığı ve onu çevreleyen eksi yüklü parçacıklardan yapılmış olacağı fikrini ilk ileri sürenlerden olmuştu. Bu ileri görüşlü fikre o sıralarda hiç kulak asılmadı.

Weber 23 Haziran 1891'de Göttingen'de öldü.

**Weinberg açısı//Weinberg angle//** Özgül olarak elektrozayıf etkileşme (bkz. ***doğa kuvvetleri***) bağlamında kullanılan bir ***karışım açısı. Abelyen olmayan ayar kuramı*** diliyle, zayıf etkileşmenin betiminde eşit şiddetle etkileşen üç parçacığa ($W^+$, $W^-$ ve eşdeğer bir nötr parçacık

olan $W^0$) "yer" var. Buna uyan matematiksel betim özel üniter ***grup*** 2, ya da SU(2) olup bu ***kuantum renkdinamiği*** kuramını taşıyan ***SU(3)*** grubunun daha basit bir sürümüdür. Ama zayıf etkileşmeyle ilişkili asıl nötr parçacık olan $Z^0$'ın etkileşmesi bu varsayılan $W^0$ parçacığınınkiyle aynı olmayıp en belirgin fark $Z^0$'ın kütlesi diğer iki W parçacığınınkilerden azıcık büyüktür.

Bunun açıklaması şöyle, grup kuramına uyan bir nötr parçacık ve tek başına bir U(1) grubunun elemanı olan $B^0$ diye tekil bir bozon daha bulunuyor. Bu iki nötr parçacık $W^0$ ve $B^0$ bozonları değişik oranlarda kuantum üst üste gelme gibi "karışarak" bilinen iki nötr parçacık yapıyor. Bunlar foton (elektromanyetik etkileşmenin taşıyıcısı) ve $Z^0$ (zayıf etkileşmenin ***nötr akımı***nın taşıyıcısı). Karışım miktarı Weinberg açısıyla ölçülüp, elektrozayıf etkileşmelerle ilgili deneylerle belirlenebilir.

İlginçtir, karışmayı bu şekilde ilk betimleyen Steven Weinberg değil, 1961'de ***Sheldon Glashow*** olmuştu.

**Weinberg, Steven** (1933- ) ABD'li fizikçi; 1979 Nobel Fizik Ödülünü elektrozayıf etkileşme (elektromanyetizma ile zayıf etkileşmenin birleştirilmesi, bkz. ***doğa kuvvetleri***) kuramına katkısıyla ***Sheldon Glashow*** ve ***Muhammed Abdüsselam*** ile paylaştı.

3 Mayıs 1933'te New York Kentinde doğan Weinberg, Glashow'la aynı dönemde Bronx Lisesinde okudu, sonra da Cornell Üniversitesinde öğrenim gördü ve 1954'te bitirdi. Kopenhag'da kısa bir süre geçirdikten sonra Princeton'a gitti (doktora 1957). İki yıl Columbia Üniversitesinde çalıştı ve 1959'da California Üniversitesinin Berkeley Kampusüne geçerek 1969'a kadar orada kaldı. Sonra MIT'ye geçti, 1973'te de Harvard'da profesör olarak Higgins Kürsüsüne atandı; bir yandan da çok erken Evrene olan ilgisini göstererek Smithsonian Astrofizik Gözlemevinde kıdemli fenbilimci olarak görev aldı. Bu da kendisini 1977'de çok satan kitabı olan *İlk Üç Dakika*'nın yayınına götürdü. 1986'da da Austin'deki Texas Üniversitesinde fizik ve Astronomi profesörlüğüne getirildi.

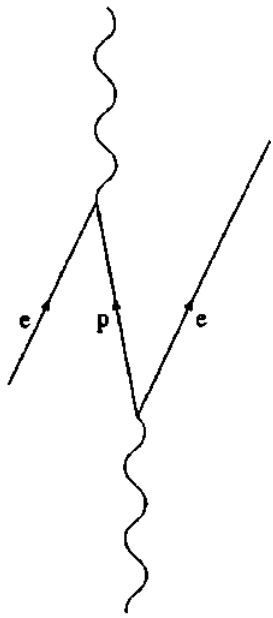
Weinberg, onu Nobel Ödülüne götürecek olan en önemli çalışmasını Berkeley'deyken yapmıştı. Glashow, Salam ve Weinberg elektrozayıf kurama katkılarını birbirlerinden bağımsız olarak yapmışlardı. Weinberg'in yaptığ özgül katkılardan birisi nötr ***akımlar***ın önsöyümüydü.

**Weinberg-Salam modeli** Bkz. ***doğa kuvvetleri***.

**Wheeler-De Witt denklemi** Bkz. ***Evrenin dalga fonksiyonu***.

Wheeler gecikmiş seçme deneyi//Wheeler delayed choice experiment// Bkz. ***gecikmiş seçme deneyi.***

Wheeler, John Archibald (1911-2008) ABD'li fizikçi; genel görelilik kuramının uzmanlarından birisi olmuş, daha önce ise ***uzaktan etki*** fikrinin bir sürümü üzerinde Richard Feynman ile birlikte çalışmıştı; bu, kuantum mekaniğinin işlemsel yorumu için esin sağlamıştı (bkz. ***Wheeler-Feynman soğurucu kuramı***). Uzun çalışma yaşamında çok yer tutan bir tema ***birleşik alan kuramı***nın peşinden gitmekti.

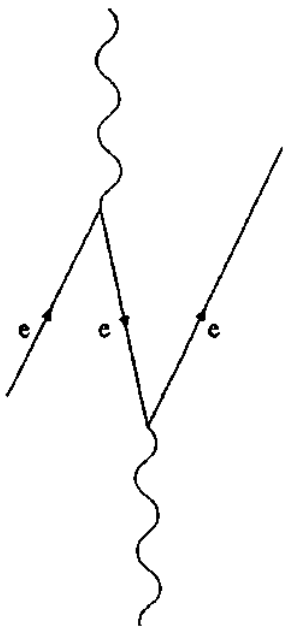



*Wheeler 1. Bir gama ışını enerjisini bir elektron-pozitron çiftine veriyor. Az sonra pozitron başka bir elektrona rastlayarak yok olup yeni bir gama ışını oluşturuyor.*

9 Temmuz 1911'de Florida, Jacksonville'de doğan Wheeler, Johns Hopkins Üniversitesinde okudu ve 1933'te doktorasını aldı. Sonra iki yıl Kopenhag'da Niels Bohr Enstitüsünde çalışarak kuantum kuramının ayrıntılarını öğrendi. ABD'ye döndüğünde North Carolina Üniversitesinde yardımcı doçent oldu ve 1938'de, ***Feynman***'ın danışmanlığını yapacağı Princeton Üniversitesine katıldı. Wheeler, Bohr ile birlikte George Gamow'un sıvı damlası modelini kullanarak *çekirdek kaynaşması* kuramı üzerinde çalışmıştı ve 1939'da atom bombası yapmak için uranyum-235'in elverişliliğini gösteren ortak bir makale yazdılarsa da Los Alamos'ta ***Manhattan Projesi*** üzerinde gayet sıkı olarak çalışan takımın üyesi değildi. 1947'de Princeton'da matematik profesörü oldu ve 1949'dan 1951'e hidrojen bombasının yapımı üzerinde çalışan takımın bir üyesiydi (bkz. *çekirdek kaynaşması*). 1976'ya

kadar Princeton'daki konumu sürdü (arada denizaşırı üniversitelere ve ABD'deki araştırma merkezlerine uzun süren konuklukları oldu) sonra da Austin'deki Texas Üniversitesine katıldı.

Wheeler 1950'lerde Hugh ***Everett***'in araştırma danışmanlığını da yaptı. O sıralarda kuantum mekaniğinin çoklu dünyalar yorumunu da benimsemekteydi: ama daha sonra fikrini değiştirerek reddetti, çünkü "bu, bir yığın metafizik yük taşıyordu."




*Wheeler 2. Wheeler elektronların fotonların etkileşmesinin bir başka şekilde betimlenebileceğini fark etti. Zamanda ilerleyen bir elektron bir gama ışını ışıyor (ya da gelecekten geri dönen bir gama ışınıyla karşılaşıyor), ve kendisi zamanda geri sıçrıyor. Sonra da (eğer doğru bir deyişse) zamanda daha da geriye bir gama ışını ışıyarak yeniden zamanda ileri sıçrıyor. Pozitron zamanda geri giden bir elektron olup fotonlar geçmiş ile geleceği ayırt edemezler.*

Wheeler, Planck ölçeğinde, uzayzamanın dokusunun bir kuantum köpüğüne çözüldüğü fikrinin yaratıcısıydı ve Kopenhag yorumunu olduğu gibi kabullenip bütün Evrene uygulayarak Evrenin dalga fonksiyonun (Büyük Patlamaya kadar) bizim gözlemlerimizle çöktüğüne hükmetmemiz gerekiyor. Bu bütün Evreni bir tür ***gecikmiş seçme deneyi*** yapıyor. Wheeler ***kara delik*** kuramı üzerinde de esaslı çalışmalar yaptı.

Çalışma yaşamı egzotik fikirler ve çılgınca denebilecek spekülasyonlarla dolu olan birisi için Wheeler gösterişsiz ve geleneksel giyimli sade bir görünüm sunan uçuk bir profesörden ziyade, eski moda bir banker görünüşlüydü. O belki kendi kuşağının Nobel Ödülü almayan en zeki fizikçisiydi.

**Wheeler-Feynman soğurma kuramı// Wheeler-Feynman** absorbtion **theory//** *Uzaktan etki* fikrinin 1940'ların başlarında Richard Feynman ve John Wheeler tarafından geliştirilen bir sürümü.

Feynman ve Wheeler'i bu fikre ışıma direnci bilmecesi götürmüştü. Bilinen her cisim itilip kakılmaya karşı direnir; eylemsizlik denilen şey budur. Ama bir yüklü parçacığa ivme verilmek istendiğinde –belki bir manyetik alanla ileri geri sarsarak– fazladan bir eylemsizlik çıkar; yani eylemsizliği aynı kütlede ama elektrik yükü olmayan bir cisminkinden büyüktür. Bu, fazladan eylemsizlik taşıyan parçacıkları devindirmek daha zordur.

Elektronları ileri geri sarsmanın en bilindik sebebi bunlara ***Maxwell denklemleri*** uyarınca elektromanyetik enerji ışıması yaptırmaktır. TV ve radyo yayın istasyonlarının antenlerinde olan budur. Bu ışımayı gerçekleştirmek için fazladan enerji gerektiğinden bu davranış dirence benzetilerek sürece "ışıma direnci" adı verilmiştir.

Elektronların (ve de tüm diğer yüklü parçacıkları) ve elektromanyetik alanların klasik betiminin ilginç bir özelliği her bir elektron ve alan arasındaki etkileşmenin aslında iki bileşeni olmasıdır. Birinci bileşen sanki sıradan eylemsizliği temsil eder ama bir nokta yük için sonsuzdur (***kendisiyle etkileşme***). Ama ikinci terim tamı tamına ışınım direnci kuvvetini verir.

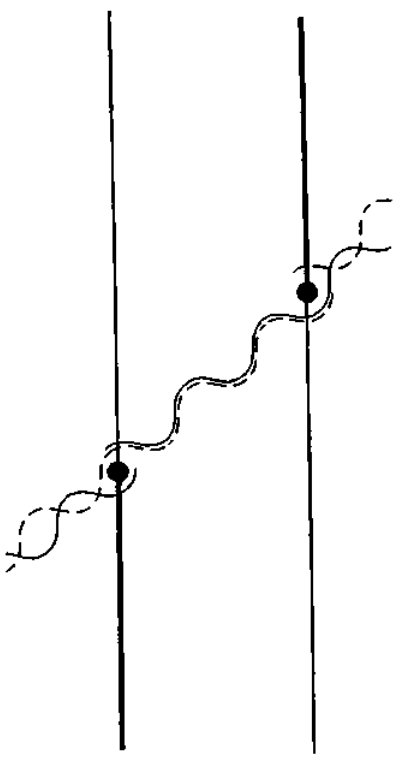
Feynman, elektrona geriye tepki göstererek ona ivmelendiğinde ışıma direnci verecek bir etkileşme gereksiniyordu ve de bu geri tepkinin "alan"dan değil de diğer elektronlardan (ya da yüklü başka parçacıklardan) gelip gelemeyeceği üzerine düşünüyordu. Fizikçilerin böyle problemlere girişebilmeye uğraşırken yaptıkları gibi olabilecek en basit örneği ele aldı; bu durumda yalnızca iki elektron içeren bir Evren. Birinci yük sarsıldığında ikinci üzerinde bir etki yapacak bu da sarsılarak yanıtlayacak. Ama şimdi, ikinci yük sarsıldığından birinciyi sarsacak bir geriye tepkisi olacak. Belki ışıma direncini bu açıklayabilirdi.

Feynman bu fikri, tez danışmanı olan Wheeler'e götürdü; o da raslantı bu ya Maxwell denklemlerinin ilginç bir özelliğini fark etmişti: bu denklemlerin iki çözüm takımı olduğuna işaret etti. Birisi kaynağından dışarı ve zamanda ileri doğru ışık hızında giden bir dalgaya karşılık geliyor, diğeri ise (ki genelde yoksanır) zamanda geriye ve "kaynağına" yakınlaşarak ışık hızıyla giden (ya da isterseniz ileri doğru ışık hızının tersi $-c$ ile) bir dalgaya karşılık gelir. Denklemlerin bildik çözümlerine karşılık gelen dalgalara "gecikmiş" dalgalar denilir, çünkü bir yere, yola çıktıklarından daha sonra varacaklardır (gidiş süresi ışık hızıyla "geciktirilmiştir"); diğer çözüm ilerlemiş dalgalara karşılık gelir, bunlar yola çıkmadan önce varırlar (gidiş süresi ışık hı-

zıyla "ilerletilmiştir"). Wheeler fark etmişti ki eğer ikinci elektrondan geriye tepki yalnızca ilerlemiş dalgalarsa bunun ilk elektrona etkisi ışınım direnci oluşturmak için tam zamanında olacaktır, çünkü aynı yolu aynı hızla ama zamanda geriye doğru giderek katedecektir.

Wheeler, Feynman'a, ilerlemiş ve gecikmiş dalgaların hangi karışımının doğru ışınım direncini vereceğini hesaplama ödevini verdi. Wheeler ile Feynman, yüklü parçacıklarla dolu gerçek Evrende tüm etkileşmelerin birbirlerini uygun şekilde götürdüğünü göstererek basit örnek için buldukları ışınım direncini kanıtladılar.

Modelin bir anahtar içeriği bir dalganın hem bir genliği (***genlik***) hem de bir ***faz*** olmasıdır; Feynman'ın ***kuantum mekaniği***nin kendi sürümünü yaratacağı gereçleri ve kuantum fiziğine ***geçmişler üzerinden toplama*** yaklaşımını geliştirmeye başlaması (Nobel konuşmasında açıkça dediği gibi) ışınımın soğurucu kuramı üzerindeki çalışmayla oldu. Ama bu hâlâ gelecekteydi. 1940 güzünde, Maxwell denklemlerinin zamanda bütünüyle simetrik çözümünü kullanarak her yükün doğurduğu, tam yarısı ilerleyen yarısı da gecikmiş dalgaların karışımına gereksinildiğini buldu.



***Wheeler-Feynman soğurma kuramı.*** *Yüklü bir parçacık fıkırdadığında (solda) hem geçmişe hem de geleceğe ışınır. Bu da bir diğer yüklü parçacığın gelecekte fıkırdatır (sağda). Bu parçacığın fıkırdaması hem geçmişe hem de geleceğe diğer bir dalga gönderir. Bu iki takım dalga iki yüklü parçacık arası dışındaki her yerde birbirini götürür. Ama bir dalga zamanda ileri diğeri de geri gittiğinden bağlantı anında olur. Bkz.* ***işlemsel yorum.***

Wheeler, Hollandalı fizikçi Adriaan Fokker'in 1929 ile 1932 arasında yayımlanan bir dizi makalesinde benzer sonuçlara varıldığını keşfetti; ama Feynman'ın sürümü çok daha dolambaçsız ve anlaması kolaydı ve Fokker fikirlerini daha ileri götürmemişti. Yarım gecikmiş dalga ilk elektrondan zamanda ileri doğru çıkarken yarım ilerlemiş dalga da zamanda geri gider. İkinci elektron yanıtlarken sarsılınca yarım gecikmiş dalganın kalanını tüm sonraki zamanlar için yok eder; ilk dalganın yolunda ilk elektrona doğru aynı tempoyla geri giden yarım ilerleyen dalga baştaki yarım dalgaya eklenerek bir tam dalga yapıp Maxwell denklemlerinin bildik çözümüyle uyuşur.

Bu yarım ilerlemiş dalga ilk elektrona –tabii ki sarsılmaya başladığında– vardığında ışınım direncini başlatır. Sonra da geçmişe yönelip ilk elektrondan çıkan ilk yarım ilerleyen dalgayla yok olur. Sonuç şu ki iki elektron arasında tek bir dalga olup Maxwell denklemlerinin alışılmış çözümüyle tamı tamına uyuşurken başka her yerde dalga yok olur ve ışınım direnci denklemlerden otomatik olarak çıkarken sonsuz özenerji de hiç görünmez.

Buna ışınımın "soğurulma kuramı" denmesinin sebebi, soğurucunun ışınımın salınma biçiminin belirlenmesindeki bu esaslı rolüdür.

1941 yazında Wheeler'in Feynman'a verdiği bir sonraki ödev, doğrudan uzaktan etki ve zaman simetrili elektrodinamik üzerine çalışmaları betimleyecek bir konuşma yapmasıydı. Bu, tamamen informel ve "kurum içi" olacaksa da dinleyicileri arasında ***Eugene Wigner***, zamanın en önde gelen gökbilimcilerinden Henry Norris Russel, ***John von Neumann***, ***Wolfgang Pauli*** ve ***Albert Einstein*** bulunacaktı. Sunumdan sonra Pauli söz aldı ve kuramın doğru olmasının mümkün olabileceğini düşünmediğini söyledi ve Einstein'a dönerek katılıp katılmadığını sordu. Einstein'ın yanıtı hafif bir "Hayır" oldu, "Tek anladığım kütleçekim etkileşmesine karşılık gelen kuramı yapmak çok zor olacaktır." Aslında, son zamanlarda bu tür fikirlerin kütleçekime uygulanmasında bir ilerleme yapılabiliyor (bkz. ***Mach ilkesi***).

Ek okuma: John ve Mary Gribbin, *Richard Feynman: A life in Science*.

**Wheeler-Feynman gecikmeli seçme kuramı// Wheeler-Feynman delayed choice theory//** Bkz. ***gecikmeli seçme deneyi***.

**Wien, Wilhelm Carl Werner Otto Fritz Franz** (1864-1928) Alman fizikçi; 1911 Nobel Fizik Ödülünü ***kara cisim ışıması***na içgörü sağlayan ısı ışımasını güden yasalar üzerine çalışmaları için aldı (bkz. ***Wien yasası***).

Wien 13 Ocak 1864'te Doğu Prusya'nın taşrasındaki Gaffken'de doğdu. Babası başarılı bir çiftçiydi ve aile tek oğulları iki yaşındayken Drachenstein'daki başka bir çiftliğe taşındı. Evde özel öğrenim gördükten sonra Wien 1882'de Göttingen Üniversitesine girdi, ama bir dönem kaldıktan sonra bıraktı. 1884'te ise daha sonra söylediği sözlerle "fizikle ilk kez gerçekten temasa geçtiği" Herman Helmholtz'un Berlin Üniversitesindeki laboratuarındaydı. Orada, 1866'da doktora alacak (ışığın girişimi üzerine) kadar kaldı ve ebeveynlerine çiftlikte yardımcı olmak zorunda hissettiği için yanlarına döndü. Ancak, 1890'da kuraklık ürünleri mahvedince aile çiftliği satmak zorunda kaldı. Wien de Helmholtz'la (artık Berlin'in bir dış semti olan Charlottenburg'daki yeni Fen ve Teknoloji Enstitüsündeydi) çalışmaya gitti, ailesi ise Berlin'e taşındı. Wien, kara cisim ışıması üzerine başlıca çalışmalarını 1892 ile 1896 arasında Berlin Üniversitesinde öğretim görevlisiyken yaptı.

Üç yıl Aachen'deki teknik kolejde üç yıl (1896-1899) hocalıktan ve ardından da bir yıl Giessen Üniversitesinde profesör olarak geçirdikten sonra Wien 1900'de Würzburg Üniversitesinde profesör olarak Wilhelm Röntgen'in ardılı oldu. Orada yirmi yıl kaldıktan sonra da Röntgen'in konumunu bu kez Münih Üniversitesinde izledi ve 30 Ağustos 1928'de bu görevdeyken öldü.

Onu en çok hatırlatan kara cisim ışıması kadar elektriğin gazlarda iletilme şekli üzerinde çalıştı, 1905'te X ışınlarının enerjilerinin ilk ölçümlerini yaptı ve dalga boylarını tahmin etti. Mükemmel bir hoca ve konuşmacı olarak kuşaklar boyu fizik öğrencisini esinlendirmiştir.

**Wien Yasası//Wien law//** Bir ***kara cismin*** sıcaklığını, tayfında en çok enerji ışıdığı dalga boyu cinsinden veren bağıntı. Adı Alman fizikçi ***Wilhelm Wien***'e atfen konulmuştur.

Bir kara cismin değişik dalga boylarında ışıdığı enerji miktarının çizgesi kısa dalga boylarındaki düşük enerjilerden düzgün olarak ortalarda tepeye doğru yükselir sonra da düzgünce uzun dalga boylarında düşük enerjilere iner. Tepenin yeri cismin sıcaklığı arttıkça uzun dalga boylarına kayar; kara cismin sıcaklığı (**kelvin** ölçeğinde) zirve salımının dalga boyunun (mikrometre olarak) 2900'e bölümüdür. Yani kara cisim eğrisinin tepesi, diyelim 4 mikrometre ise (0,004 mm) cismin sıcaklığı 725 K'dir.

Bu bir cismin sıcaklığını ölçmenin yararlı bir yolu (cismin kabaca kara cisim gibi ışıması koşuluyla) olup salım gücü tepe yakınlarında birkaç değişik dalga boyunda ölçülerek yapılır.

**Wigner, Eugene Paul (1902-1995)** Macaristan doğumlu ABD'li fizikçi; ***kuantum fiziği*** kuramı, özellikle ***parite*** korunumu yasası üzerine çalışmalarıyla 1963'te Nobel Fizik Ödülünü paylaştı.

17 Kasım 1902'de Budapeşte'de doğduğunda özgün adı Jeno Pal Wigner'di. Berlin Teknik Yüksekokulunda (Teknik Akademi) kimya mühendisliği okuyarak 1924'te bitirdi, ama 1925'te doktorasını bitirir bitirmez dikkatini hemen kuantum fiziğine çevirdi ve Göttingen Üniversitesinde doktora sonrası çalışmalara başladı. Wigner daha sonra 1928'den 1930'a kadar Berlin'de Teknik Akademide öğretim görevlisi oldu. 1930'da ABD'de Princeton Üniversitesine geçti ve çalışma yaşamını orada geçirdi; yalnızca arada iki yıl fizik profesörü olarak (1936-1938) Wisconsin Üniversitesinde ve savaş dönemi çalışması olarak da Chicago Üniversitesinde ve Oak Ridge, Tennesee'de bulundu. 1937'de de ABD vatandaşı oldu.

***John von Neumann*** ile birlikte (Wigner ile aynı lisede bulunmuştu) Wigner, modern alan kuramında kullanılan birçok anahtar matematiksel kavramı kuantum mekaniğine getirdi; aralarında ***grup kuramı***nı ve uzay ile zamandaki ***simetri***yi içeren kavramları. Ayrıca, ***nükleer reaktör***lerin tasarım ve yapımında önemli olan nötron soğurulma kuramı üzerinde de çalıştı. Wigner, (***Edward Teller*** ve ***Leo Szilard*** ile birlikte) Albert Einstein'ı Başkan Franklin Roosevelt'e –***Manhattan Projesi***'nin kurulmasına götürecek– mektubu yazmaya ikna edenlerden birisiydi. İkinci ***D***ünya Savaşı sırasında Chicago'da Enrico Fermi ile birlikte, nükleer reaktörlerin o günkü adıyla ilk "atom pili"nin yapımında çalıştı.

Wigner'in kız kardeşi Margit, Wigner'in "ünlü kayınbiraderim" dediği ***Paul Dirac***'ın karısıydı. 1971'de emekli oldu ve 1 Ocak 1995'te Princeton'da öldü.

**Wigner'in dostu//Wigner's friend//** Schrödinger'in kedisi düşünce deneyinin, kuantum mekaniğinin ***Kopenhag yorumu***ndaki gerçekliğin doğasının belirlenmesinde bilinçliliğin merkezi rolüyle kafası karışan Wigner tarafından geliştirilmiş bir uzantısı. Dediği şuydu, "kutudaki kedi" deneyi penceresiz ve kapısı kilitli bir laboratuarda tek bir kişinin ("Wignerin arkadaşı") kutuya kedinin ölü mü diri mi olduğuna bakması şeklinde yapılabilir. Arkadaş kutuya baktığında kediyi temsil eden *üst üste binmiş durumlar* tek bir duruma çökecek mi? Yoksa şimdi arkadaş da, birisi deneyin sonucunu öğrenmek için ansızın kapıyı açtığında (ya da telefonu çaldırdığında) üst üste binmiş durumların parçası mı olacak?

Bu sanki sonsuz bir gelgit kuyusuna düşmek gibidir. Belki Wigner, bir kere yanıtı bildiğinde kendisi de üst üste binmenin parçası oluyor ve dalga fonksiyonu ancak birisi ona deneyin sonucunu sorduğunda çöküyor. En aşırı uca götürüldüğünde ima edilen Evrenin dalga fonksiyonunun çökemeyeceği çünkü Evrenin dışında bunu gözleyecek gözlemci yok (ama bkz. ***katılımcı evren***).

Öte yandan eğer dalga fonksiyonları bireysel gözlemcilerin (Wigner'in arkadaşları) gözlemleri sonucu çöküyorsa nasıl oluyor da dünyada olanlar için hepimiz uyuşuyoruz? Eğer sen ve ben ikimiz de kutuya göz attığımızda neden her seferinde aynı şeyi, ölü kediyi ya da diri kediyi görüyoruz?

Bu muammalar diğer ***kuantum yorumları***nda çıkmıyor.

**Wilson, Charles Thomson Rees (1869-1959)** Britanyalı fizikçi; sis odasını keşfetti (aslında bulutları incelemek için ama kısa sürede parçacık dedektörü olarak kullanılacağını keşfetti) ve 1927'de Arthur Compton ile birlikte Nobel Fizik Ödülünü aldı.

Wilson 14 Şubat 1869'da Edinburgh'un dışında Glencorse'da bir çiftlikte doğdu. Sekiz çocuğun en küçüğüydü; koyun çobanı olan babası o dört yaşındayken ölünce dul eşi ailenin genç üyelerini Manchester'a götürdü. Wilson (daha sonra Manchester Üniversitesi olan) Owens Kolejinde okudu, ilk derecesini 1887'de alıp Cambridge Üniversitesine geçerek 1892'de bitirdikten sonra dört yıl Bedford Lisesinde öğretmenlik yaptı ve ardından 1896'da araştırma öğrencisi olarak Cambridge'e döndü. 1900'de üniversiteye öğretim görevlisi olarak atandı (o sıralarda doktora vermiyordu). 1918'de meteorolojide doçent, 1925'te de Cambridge Üniversitesinde Jackson kürsüsü profesörlüğüne getirildi; bu görevde 1934'e kadar kaldı ve emekli olup İskoçya'ya taşındı.

Wilson emekliliğinde de araştırmalar yayımlamayı sürdürdü ve fırtınada elektriklenme üzerine olan son makalesini 87 yaşında yayımladı; bu olgular üzerine çalışmaları sırasında, 1955'te 86 yaşındayken İskoçya'nın uzak adalarında bulutların üzerinde gözlem yapmak için uçuş yapmıştı. 15 Kasım 1959'da Edinburgh yakınlarındaki Carlops'da öldü.

**Wollaston, William Hyde (1766-1828)** İngiliz fizikçi ve kimyacı; rodyum ve paladyum elementlerini keşfetti ve platin gibi metalleri dövülebilir hale getirecek süreçler için teknikler geliştirdi. Wollaston John Dalton'un atom kuramının ilk destekçilerinden olup 1808'de atomların bir maddede üç boyutlu düzenlenmesinin anlaşılmasının onların özelliklerinin açıklanmasında yararlı olacağına değinmişti.

6 Ağustos 1766'da Dereham, Norfolk'ta doğan Wollaston bir rahibin on yedi çocuğundan birisiydi (kardeşlerinden birisi, Francis, Cambridge'te kimya profesörü oldu). Cambridge Üniversitesinde okudu ve 1793'te tıbbiyeyi bitirdi. Özel bir araştırma laboratuarı kurup 1797'ye kadar çalıştıktan sonra 1800'e kadar Londra'da hekimlik yaptı. Kısmi görme bozukluğu olunca iş yaşamına girdi ve platin işlemek için geliştirdiği teknikle bir servet yaptı (ısı ve asitlere karşı çok dayanıklı olan bu metal sülfürik asit hazırlanması ve saklanması için kaplar yapmakta kullanılıyordu). Bu sürecin (ölümünden kısa bir süre öncesine kadar sır tutmuş ve şimdi toz metalürjisi olarak biliniyor) başarısı onu finans bakımından bağımsız kılmış ve istediği bilimsel araştırmayı yürütebilmişti. Ayrıca fenbilimi birliklerinin eylemlerini desteklemek için büyük miktarlarda para bağışlamıştı.

Birçok başka şeyin yanı sıra Wollaston, ***Thomas Young***'ın dostu ve ışığın dalga kuramının destekleyicisiydi. Güneş ***tayf***ındaki karanlık çizgileri ilk o gözlemişti ama üzerinde durmadı. Wollaston, 22 Aralık 1828'de Londra'da (beyin tümöründen) öldü. Hem Kraliyet Derneğine hem de Jeoloji Derneğine yüklü bağışlar vasiyet etmişti.

**W parçacıkları** Zayıf etkileşmeyi (bkz. ***doğa kuvvetleri***) taşıyan (***Z parçacığı*** ile birlikte) üç ***bozon***dan ikisi. $W^+$'ın bir birimlik artı yükü, $W^-$'nin ise bir birimlik eksi yükü bulunuyor. Her ikisinin de kütlesi elektrozayıf kuramın önsöyümlerine yakından uyarak 83 GeV olup ömürleri $10^{-25}$ s, spinleri de 1'dir. Bunlar ilk kez 1983'te ***CERN***'de saptandılar.

Bkz. ***yüklü akım***.

**Wu, Chien-Shiung (1912-1997)** Çin doğumlu ABD'li fizikçi; zayıf etkileşmeler içeren kimi süreçlerde parite bozulmasını yaptığı deneylerle doğruladı (bkz. doğa kuvvetleri).

31 Mayıs 1912'de Şanghay'da doğan Wu, Çin Ulusal Merkez Üniversitesinde okudu ve 1934'te bitirdi. 1936'da Birleşik Devletler'e gitti ve Berkeley'deki California Üniversitesinde Ernest Lawrence'in danışmanlığında doktorasını 1940'ta aldı. Berkeley'de iki yıl doktora sonrası çalışmasının ardından kısa bir süre Smith Kolejinde (Northampton, Massachustts) ve sonra 1944'e kadar Princeton Üniversitesinde öğretim yaptı ve Columbia Üniversitesinde kadroya girdi. 1957'de ise profesörlüğe yükseldi.

Wu, 1956'da T.D. Lee ile Chen Ning Yang'ın sadece birkaç ay önce beta bozunmasında parite korunmadığı önsöyümünü doğrulayan de-

neyleri Columbia'dayken yaptı; bu neredeyse aynı çabuklukla Lee ve Yang'a Nobel Ödülü getirdi (ama Wu'ya değil).[271]

Kısmen bu keşiflerden yola çıkan ***Richard Feynman*** ve ***Murray Gell-Mann*** bağımsız olarak zayıf etkileşmelerin yeni bir kuramını geliştirip 1958'de birlikte yayımladılar. Wu ve çalışdaşları bu kuramı doğrulayan deneyleri 1963'te yaptılar. Parçacık fiziğinde birçok başka önemli deneyi gerçekleştirdikten sonra Wu biyoloji problemleriyle ilgilenmeye başladı ve hemoglobinin yapısını inceledi. 1981'de emekli olan Wu 16 Şubat 1997'de Manhattan'da öldü.

**X bozonu** Bkz. ***büyük birleşik kuramlar.***

**X parçacığı//X particle//** Bkz. ***X bozonu.***

**X ışınları// X-rays//** Dalga boyları, ***morötesi ışınım***dan kısa ve ***gama ışınları***ndan uzun olan elektromanyetik ışınım. Aralığı metrenin 12 milyarda biri (12 nanometre, ya da $12 \times 10^{-9}$ m) ile yaklaşık metrenin 12 trilyonda biri ($12 \times 10^{-12}$ m) arasındadır. Bu, yüksek enerjili *ışıma*lara karşılık gelen çok kısa dalga boylarında X ışınları daha çok tek tek fotonların enerjileriyle betimlenir. Bu uzun dalga boylularda 100 elektron volttan kısa dalga boylu X ışınlarında yaklaşık 100.000 eV arasındadır. X ışınları ile gama ışınları arasındaki ayrım keyfi ve açık seçik değildir; kimileri çok yüksek enerjili X ışınları derken kimileri de alçak enerjili gama ışınları diyor. Benzeri bir örtüşme alçak enerjili X ışınları ile yüksek enerjili morötesi ışınım arasında da oluyor. Alçak enerjili X ışınlarına bazen yumuşak X ışınları, yüksek enerjililere de sert X ışınları denilir.

X ışınları Alman fizikçi ***Wilhelm Röntgen*** tarafından 1895'te keşfedildi. Bunlar Röntgen ışınları olarak bilinirlerdi (hâlâ da öyle biliniyor). X ışınları yüksek enerjili bir elektron demeti bir metal yüzeyini dövdüğünde oluşur. Röntgen, 1890'lardaki birçok fizikçi gibi bir vakum tüpünde (eksi ucu olan katodunda) elektrik akımıyla ısıtılan bir telden çıkan ışınlarla (katot ışınları) deneyler yapıyordu. Bunlar (artık elektron demetleri oldukları biliniyor) için ***Crookes tüpü*** kullanıyor ve bir floresan ekrandaki etkilerini inceliyordu. Bunlar enerjili bir ışın çarptığında ışıltı yapar. Röntgen, süren katot ışını deneyinin ötesindeki bir masada her nasılsa bulunan bir diğer floresan ekranda da birtakım ışıltılar gördü. Altı haftalık sıkı bir çalışma sonrasında Röntgen bunların sebebinin ikincil bir ışınımdan oluştuğunu anlayarak adına X ışını koydu, çünkü matematikte, denklemlerde bilinmeyen niceliklere genelde *x* deniyor.

28 Aralık 1895'e gelene dek yalnızca bu olgunun keşfini değil, ışınların temel özelliklerinin betimlerini de açıkladı; bunlar doğru çizgiler boyunca gidiyorlar ve gölge yapıyorlar, her yapıdan bir miktar geçiyor, floresansa yol açıyor ve fotoğraf plaklarını karartıyor, manyetik alandan etkilenmiyordu.

X ışınları bir atomun düşük düzeydeki bir elektronu vurulup dışarı atıldığında atomun çok yüksek düzeylerinden bir elektron oluşan deşiğe düşerken X ışını fotonu salacaktır. Ancak asıl süreç gelen yüksek enerjili elektronların, çarptığı yüzeydeki atomların artı yüklü çekirdeklerinden saçılarak frenleme ışınımı salarlar (Maxwell denklemlerine göre ivmelenen yükler elektromanyetik ışıma yaparlar). Etkili X ışınları böyle oluşur.

yalın kütle//bare mass// Elektron gibi bir kuantum varlığının çok kısa bir erimde ölçülen –özellikle ***Feynman diyagramlarının***n kavşaklarındaki etkileşmelere karşılık gelen– kütlesi. Bu o varlığın bir sanal parçacık bulutuyla giydirilmiş olan ve uzun erimli etkileşmelere karşılık gelen "giyinik" kütlesinden farklıdır. Genelde yalın kütlenin hesaplanan değerinde çıkan sonsuzluklar, "***yeniden boyutlandırma***" denilen bir işlemle giderilir.

yalın yük//bare charge// Elektron gibi bir kuantum varlığının çok kısa bir erimde ölçülen –özellikle ***Feynman diyagramlarının***n kavşaklarındaki etkileşmelere karşılık gelen– yükü. Bu o varlığın bir sanal parçacık bulutuyla giydirilmiş olan ve uzun erimli etkileşmelere karşılık gelen "giyinik" yükünden farklıdır. Yalın yükün genelde hesaplanan değerinde çıkan sonsuzluklar, "yeniden boyutlandırma" denilen bir işlemle giderilir.

Yakalama//capture// Bir atom ya da çekirdeğin fazladan bir parçacık edindiği herhangi bir süreç. Örneğin bir çekirdek bir nötron yakalarsa aynı elementin değişik bir izotopuna değişir ya da bir atom bir elektron yakalayarak eksi yüklü bir iyon olur.

Yang, Chen-Ning (1922- ) Çin doğumlu ABD'li fizikçi, dostları Frank derler (Benjamin Franklin'in yaşam öyküsünü okuduktan sonra "Franklin" adını benimsemişti); 1957 Nobel Fizik Ödülünü, ***T.D. Lee*** ile birlikte beta bozunmasında parite korunumunun bozulmasını önsöymeleri dolayısıyla paylaşmışlardı (bkz. ***CP*** bozulması). Önsöyüm, kısa süre sonra ***Chien Shiung Wu*** tarafından 1956'da yapılan deneylerle doğrulanmıştı. Bu da Nobel Ödülünün çalışmaların kısa süre ardından verilmesine götürdü.

22 Eylül 1922'de Çin'de Hofei'de doğan Yang bir matematik profesörünün oğluydu. Kunming Ulusal Güneybatı Birleşik Üniversiteyi (Lee ile burada tanıştı) bitirdi (lisans 1942) ve yüksek lisansını –aslında Çin-Japon savaşı sırasında Tsinghua'ya taşınmıştı– 1944'te Tsinghua Üniversitesinden aldı. İkinci *D*ünya Savaşından sonra doktora (1948'de aldı) için gene Lee ile aynı dönemlerde Chicago Üniversitesine gitti. Chicago'da doktora sonrası bir yıldan sonra Yang Princeton'daki İleri Çalışmalar Enstitüsüne geçti ve 1955'te orada profesör oldu. 1964'te ABD vatandaşlığı alarak 1966'da Stony Brook'daki New York Eyalet Üniversitesinde Einstein Fizik Profesörü ve Kuramsal Fizik Enstitüsü direktörü oldu.

1954'te Yang, Robert Mills (doğumu 1924, ölümü 1999) ile ***Abelyen olmayan ayar kuram***ın ***kuantum alan kuramı*** için önem taşıyan bir sürümü üzerinde çalıştı; Yang-Mills kuramı.

Lee ile olan işbirliği farklı farklı araştırma merkezlerinde bulundukları sırada da sürdü ve 1960'ta birden fazla nötrino bulunduğunu savlayan kuramcıların (bkz. ***Lederman, Leon Max***) yanında birlikteydiler. Ayrıca yüklü W bozonunun ve şimdi Z parçacığının taşıdığı bilinen nötr akımın varlığını da önsöydüler.

**Yang-Mills alanı// Yang-Mills field//** Bkz. ***izotopik spin.***

**Yang-Mills kuramı//Yang-Mills theory//** ***Abelyen olmayan ayar kuram***ın 1954'te Robert Mills ve ***Chen Ning Yang*** tarafından geliştirilen sürümü olup ***kuantum alan kuram***ın dayanağıdır.

**yansıma//reflection//** Işık ya da sesin yeterince düzgün bir yüzeyden geri sekmesi (düzgünlük ya da pürüzsüzlük ilgili dalgaların dalga boyuna göre). Terim, benzer süreçleri betimlemek için de kullanılabilir; örneğin bir kuantum dalgasının bir enerji engeliyle karşılaştığında yansıması ya da bir parçacık demetinin sert gelen bir yüzeyden sekmesi gibi.

Klasik fizikte ışığın doğru çizgiler boyunca gittiği (ışın) düşünülür; aynadan yansıması da gelen ışının ayna yüzeyine dik bir doğruyla yaptığı açının giden ışının aynaya dik doğruyla yaptığı açıya eşit olacağı gibi olur (gelme açısı yansıma açısına eşittir). Kuantum elektrodinamiğinde durum çok daha karışık olup klasik fiziğin görünürdeki basitliğinin, ışığın pek çok değişik yoldan gitmesi ve çoğunun birbirini götürmesi olarak ele alınır (bkz. ***yol integrali, evre***).

**yapay radyoaktiflik//artificial radyoactivity//** Bkz. ***indüklenmiş radyoaktiflik.***

yarıiletken//semiconductor// Elektrik iletkenliği (bakır ve diğer metaller gibi) iletkenler ile yalıtkanlar (kauçuk, plastik gibi) arasında olan bir kristal nesne. En bilinen yarıiletkenler silisyum (artık silikon olarak biliniyor) ve germanyumdur. Bunların değerli yarıiletkenlik özellikleri, elektronların kristallerdeki davranışıyla ilişkili bir kuantum olgusudur. Kristaldeki ***atomlar***a ilişkin ***yörüngeseller*** üst üste binerek elektronların kristal boyunca devinebilecekleri enerji bantları oluşturur.

Germanyum ve silisyum atomlarının ***değerlilik***leri dörttür. Kristale iz miktarda arsenik ya da fosfor (her birinin 5'er değerlilik elektronu bulunuyor) gibi safsızlıklar katarak iletkenlik bantları boyunca devinecek az bir elektron fazlalığı sağlamak mümkün; bunlara *n* tipi yarıiletken denilir (*n*, elektronların negatif/eksi yükünü belirtir). Bor ve indiyum gibi başka tür safsızlıklar katarak (bunların yalnızca 3'er değerlilik elektronu bulunur) elektron açığı yaratılır ve böylelikle iletim bandında pozitif yüklü elektronlara benzer 'deşikler' ortaya çıkar. Bunlara *p* tipi yarıiletken denilir: Pozitif yüklerle itilip negatif yüklerle çekilirler. Uygun *p* tipi ve *n* tipi yarıiletkenlerin kombinasyonlarından diyotlar ve transistörler yapılır.

yarıömür//half-life// Bir örnekteki radyoaktif çekirdeklerin yarısının bozunması için geçen süre. Kuantum dünyasındaki birçok süreç, kararsız bir çekirdeğin radyoaktif bozunması gibi şansın istatistiksel kurallarına göre olur. Bu demektir ki, örneğin bir radyoaktif madde parçasındaki binlerce ve milyonlarca radyoaktif çekirdekten hangisinin ne zaman bozunacağını bilmek olanaksızdır; çünkü süreç gelişigüzel olur. Ama süreçle ilgili belgin bir ömür bulunabilir (her radyoaktif izotop için farklı bir ömür), öyle ki parçada yeterince çok sayıda radyoaktif çekirdek varsa belli bir aralıkta –bir saniye, bir saat sonra, ertesi gün ya da neyse– kaçının bozunacağını büyük bir kesinlikle bilmek mümkündür.

Yarıömür, örnekteki çekirdeklerin tam yarısının bozunması için geçen süre olup bu başlangıçta kaç adet bulunduğundan bağımsızdır: Bir yarıömürden sonra kalanın yarısı da bir yarıömür sonra bozunacak (ve ilk sayının dörtte biri kalacak) ve bu böyle sürüp gidecek. İşte Albert Einstein'ın ünlü "Tanrının zar attığına inanamıyorum" deyişine götüren, kuantum dünyasının şansın kurallarına bu tür körlemesine uyumu olmuştu ama tüm deliller Einstein'ın yanıldığını ve bu süreçlerin bütünüyle rastgele olduğunu gösteriyor.

Yarıömürler bir radyoaktif izotoptan diğerine muazzam değişir. Karbon 14'ün yarıömrü 5700 yılın az üstündedir; nitekim bu nedenle ***karbonla yaş belirleme*** çok uygundur; uranyum 238'inki 4,5 milyar yılın biraz altında (neredeyse *D*ünya'nın yaşı); unnilpentium 258'in 4 saniyelik yarıömrüyle *D*ünya'daki varlığı yalnız parçacık hızlandırıcılarında yapay olarak oluşturulmasından ileri gelir. Bu terim kararsız parçacıkların davranışını betimlemekte de kullanılır; örneğin nötronun yarıömrü 11,6 dakikadır (bkz. ***beta bozunması***).

Parçacıkların ya da çekirdeklerin küçük bir oranı yarıömürlerinden çok daha uzun olduğundan ortalama ömür yarıömürden daha uzun ve de bozunma süreci yeni betimlenen istatistiksel kurallara tamı tamına uyduğundan ortalama ömür hep yarıömrün 1,44 katına eşittir. Bkz. ***ömür***.

**yavaş nötronlar//slow/thermal neutrons//** Kinetik enerjileri ancak 0,025 eV (aslında ısı olarak ısıl devinimlerine ilişkin enerji) olacak kadar yavaş hızdaki ***nötronlar***. Doğal olarak ***radyoaktif bozunma***lardan çıkan nötronlar bundan çok daha büyük hızlardadırlar, ama bir nötron huzmesini su ya da parafin gibi bir ortamdan geçirerek yavaşlatılabilirler. 1930'ların ortalarında Enrico Fermi yavaş nötronların çekirdekler tarafından daha kolay soğurulduğunu fark etti, tıpkı hızlı bir golf topunun deliği aşıp gidebilmesi ama daha hafif vurulan bir topun deliğe düşebilmesi gibi. Bu tekniği kullanarak Fermi ve çalışdaşları Roma'da birkaç ay içinde 40 yeni radyoaktif izotop oluşturdular.

**yeğin çekirdek kuvveti//strong nuclear force//** Bkz. ***yeğin etkileşme***.

**yeğin etkileşme//strong interaction//** Bir ***atom***un ***çekirdeği***nin içinde etkiyen ve çekirdeği, içindeki ***proton***larda bulunan bütün artı yükün paramparça etme eğilimine karşı bir arada tutan kuvvet. Artık bu, çekirdeği oluşturan proton ve ***nötronlar***ın içindeki ***kuarklar*** arasında etkiyen daha derindeki renk kuvvetinin dışavurumu olarak bilinmektedir. Yeğin kuvvet elektromanyetizmadan (çekirdek boyutlarında) 100 kat kadar yeğin olup bu, en büyük kararlı çekirdekte kabaca 100 proton bulunmasının sebebidir.

1930'larda fizikçiler çekirdeği böylesine bir arada tutan bir şey olması gerektiğinin ve bunun ancak çekirdeğin çapı mertebesinde kısa erimli ($10^{-13}$ cm kadar) olması gerektiğinin farkındaydılar; yoksa her şeyin içindeki çekirdeklerin hepsini birbirine çekerek atomları ezip yok edecekti. Elektromanyetik kuvvet aracılığını fotonların alışverişi olduğu fikrine dayandıran Japon fizikçi *Hideki Yukawa* 1935'te yeğin

çekirdek kuvvetin aracılığını da diğer bir kuvvet taşıyan parçacığın yaptığını önermişti; bu artık ***pion*** olarak biliniyor.

Kuvvetin kısa erimi için Yukawa'nın temiz bir açıklaması olmuştu. Elektromanyetizmanın çok uzun (ilke bakımından sonsuz) bir erimi var çünkü fotonların kütlesi yok, dolayısıyla sanal fotonlar (bkz. ***sanal parçacıklar***) yokluktan bile bollukla yaratılabilir ve yok olmaları gerekmeden çok uzaklara gidebilir. ***Belirsizlik ilkesi*** kütlesi olan parçacıkların bile yokluktan ortaya çıkmasına izin veriyor ama kütlelerine bağlı kısa bir süre için; sanal kütle ne denli büyükse ömrü o denli kısa oluyor. Yukawa önsöydü ki pionların belli bir kütlesi varsa o zaman yeğin kuvveti bir çekirdekteki karşılıklı ***nükleonlar*** arasında taşımaya yetecek kadar uzun yaşayabilir, ama komşu kapıdaki bir atomun çekirdeğine erişip onu etkilemeye yetecek kadar değil.

Yukawa varsaydığı bu parçacığın kütlesinin 150 MeV kadar yanı elektronunkinin 300 katı kadar olduğunu önsöymüştü. 1937'de ise bir kafa karışıklığı oldu. ***Kozmik ışınlar*** arasında o güne dek bilinmeyen ve kütlesi 106 MeV olan bir parçacık türü bulundu. Önceleri bunun Yukawa'nın pionu olduğu düşünüldü ama kısa zamanda yerine uymadığı anlaşıldı; adına ***müon*** denildi ve artık elektronun ağır bir türü olarak biliniyor. Asıl pionlar, hem artı hem de eksi yükle ancak 1947'de (yine kozmik ışın sağanaklarında) belirlendiler. 140 MeV olan kütleleri Yukawa'nın önsöyümüne çok yakın olup kütlesi azıcık daha küçük olan nötr pion da vardı.

"Yeğin kuvvet" terimi kimi zaman kuarklar arasında doğrudan etkin olan renk kuvveti için de kullanılıyor. Ama bu yanıltıcı, hatta açıkçası yanlış. Pionlar kuark/karşı-kuark çiftlerinden oluşuyor, daha açık söylenirse yukarı/karşı-aşağı, aşağı/karşı-yukarı ve aşağı/karşı-aşağı ya da yukarı/karşı-yukarı. Proton iki yukarı (*u*) ve bir aşağı (*d*) kuarktan yapılmıştır (*uud*), öyleyse bir artı pion salarsa (yukarı/karşı-aşağı) bir yukarı kuark yitirir ve bir aşağı kazanır ("yeni karşı-aşağıyı dengelemek için) ve bir nötrona dönüşür (*udd*); komşu nötron pionu soğurur ve protona dönüşür çünkü bir yukarı kuark kazanırken aşağı kuarklarından birisiyle karşı-aşağı yok olur. Eksi pionlar değiş tokuş olduğunda benzer (tersine) değişiklikler olur ama nötr pionların değiş tokuşu nötronu nötron, protonu da proton olarak bıraksa da içlerindeki kuarklar yeniden düzenlenebilir. Böylece tek tek nötron ve protonlar, çekirdeği bir arada tutmak için değişip duran değişiklikler ağında kimliklerini yitirirler; protonların toplam sayısı ile nötronların toplam sayısı aynı kalır.

Tıpkı ***baryonlar***ın bileşik ***fermiyonlar*** olmaları gibi pionlar da bileşik ***bozonlar***dır; buna göre renk kuvveti çekirdek tepkimeleri düzeyinde yeğin kuvvet olarak kendini gösterir. Ancak yeğin kuvvet tam anlamıyla temel bir ayar kuvveti (gauge force) değildir, çünkü bileşik parçacıkların değiş tokuşuyla ilgilidir, tekil bozonların değil. Vincent Icke'ın *The Force of Symmetry* kitabında ortaya koyduğu gibi, yeğin kuvvet kuark öbeklerinin daha büyük kuark öbekleriyle değiş tokuşuyla ilgilidir. Bkz. ***doğa kuvvetleri.***

**yeğin kuvvet//strong force//** Bkz. ***yeğin etkileşme.***

**şiddet//intensity, strength//** Herhangi bir ışınım şeklinin birim yüzeyden taşınan *gücü* (*birim zamanda çıkan enerji*). Işık ya da diğer elektromanyetik ışınımların şiddeti kaynaktan olan uzaklık arttıkça ters kare yasasına göre azalır. Yani ışık iki kat uzakta dörtte biri kadar parlak, üç kat uzakta dokuzda biri kadar parlak olur vb. Bir sinüsoidal dalga için ("arı" dalgaya ana örnek) şiddet dalganın genliğinin (bkz. ***genlik***) karesiyle orantılıdır. Kuantum fiziğinin ***dalga mekaniği*** sürümünde bu, dalgaya ilişik parçacığın belli bir yerde bulunma olasılığı olarak kabul edilir.

**yeniden boyutlandırma/sonlulaştırma//renormalisation//** Fizikçilerin, ***kuantum elektrodinamiği***ni ve ***kuantum fiziği***nin başka yanlarını sıkıntıya sokan istenmeyen sonsuzluklardan kurtarmak için kullandıkları (matematiksel) hile. Bu sonsuzlukların birçoğu, elektronun kendi elektromanyetik alanıyla etkileşmesi gibi ***kendisiyle etkileşme***yle ilişkilidir.

Örneğin elektrik kuvveti 1 bölü uzaklığın karesi şeklinde değiştiğinden ve de elektronun (alanın kaynağı) kendinden uzaklığı sonsuz olacağından, kendisiyle etkileşmesi sonsuz olmalı (1 bölü sıfır sonsuzdur). Başka şeylerin yanı sıra ***enerji*** ile ***kütle*** eşdeğer (hatta aynı) olduğundan elektronun kütlesi sonsuz olmalıdır ki açıkça böyle değil. Yeniden boyutlandırmanın işleyişi basitçe bir sonsuzluğun diğerinden çıkartılmasıyla sonlu bir yanıt elde etmektir. Bunun işe yaramasının sebebi ise elde etmeye çalışılan yanıtın, örneğin elektronun kütlesinin bilinmesidir. Ama bir kere KEDİ gibi bir kuram, böyle yeniden boyutlandırıldığında artık yeni hesapları ve önsöyümleri, (örneğin, elektronun manyetik momentinin hesaplanması) burnunu sokan sonsuzluklar olmadan yapmada kullanılabilir.

Bu sorun klasik kuramda da çıkıyor. Yeniden boyutlandırma ilk klasik kuram bağlamında Hollandalı fizikçi Hendrik Kramers (1894-

1952) tarafından kullanıldı. Kramers fikri geliştirmeye 1930'ların sonlarında başlayıp 1947'de İkinci *D*ünya Savaşından sonra tamamladı. Eski hocası ***Hendrik Lorentz***'in bir önerisini izleyerek elektron gibi bir yüklü parçacığın kütlesinin iki katkısı –***yalın kütle*** artı elektromanyetik kendisiyle etkileşmeden gelen (sonsuz) kütle– olduğu fikrini ileri sürdü. Ama ***Maxwell denklemleri***, elektrona ilişkin alanın ayrı bir sonsuz olan toplam kütle-enerjisini vermek üzere çözülebilir. Bu sonsuz diğerinden çıkartılarak iki sonsuzluk da kalkıp ortada yalın kütleyi bırakır. Bu yeniden boyutlandırmadır.

Sonsuz eksi sonsuzun, eğer hiçbir anlamı varsa sıfır olması gerektiği düşünülebilirdi ama sonsuz matrak bir şey. Sözgelimi tüm tamsayıları toplayarak (1 + 2 + 3 + 4 ...) sonsuz yapıldığı düşünülebilir. Her tamsayıyı ikiye katlayıp toplayarak da sonsuz yapılabilir; bunun ilk sonsuzun iki katı olduğu düşünülebilirdi. Ama böyle değil. Çünkü ikincide yalnız çift sayılar (2 + 4 + 6 + 8 ...) bulunurken birincide hem tek hem de çift sayılar bulunuyor! İkinci birinciden çıkartılırsa bir kere daha sonsuz bulunacaktır; tüm tek sayıların toplamı (1 + 3 + 5 + 7 ...).

KEDİ'de gerekli olan ise 'sonsuz'dan yapılmış bir bir sonsuz, 'sonsuz artı az bir şey'den yapılmış bir sonsuzdan çıkarıldığında yalnızca 'az bir şey'in kalmasıdır. Kramers bu fikirleri ayrıntısıyla 1947'de yapılan bir konferansta (Shelter Adası Konferansı) –***Willis Lamb***'ın *Lamb Kayması*'nın ayrıntılarını ilk sunduğu konferans– sunmuştu. ***Hans Bethe*** de hemen ardından (konferans dönüşü tren yolculuğu sırasında) yeniden boyutlandırmayı Lamb kaymasının yaklaşık bir hesabını sağlamanın yolunu buldu. Bu yalnızca bir yaklaşıklıktı çünkü özel görelilikle (bkz. ***göreli kuantum mekaniği***) ilgili gereksinimleri kullanmamıştı. Yine de Bethe karşılaşılan sonsuzlukların yeniden boyutlandırmayı gerçekleştirerek denklemlerden doğru şekilde yok olacağını buldu. Bu önemli bir keşifti, çünkü yeniden boyutlandırma o eski denklem takımlarıyla ve o eski sonsuzluklarla işe yaramaz; hilenin işe yaraması için bunların doğru tür sonsuzluk olmaları gerekir, yoksa birini diğerinden çıkarınca ya sıfır ya da sonsuz kalabilir. Yalnızca ***ayar kuramları*** yeniden boyutlandırılabilir yapıdadır.

Bethe'nin, Lamb kaymasının göreli olmayan sürümünü bile yeniden boyutlandırma kullanarak hesaplaması kimilerine göre mucizeyken kimilerine göre de aldatmaydı. Çoğu fizikçi için o dünyanın işleyişi hakkında temel bir keşif yapmıştı ama keşfin tam ne olduğundan hiç de emin değildiler (fizikçilerin çoğu bugün hâlâ bu son görüştedir).

Yeniden boyutlandırmanın KEDİ'nin bütünüyle göreli sürümü için geçerli olduğunu Bethe'nin örneğinden gösteren ***Richard Feynman*** olmuştu. Feynman kuantum elektrodinamiğinin kendi sürümünü yeniden boyutlandırmayla tamamlanmış olarak Nisan 1948'deki bir başka önemli konferansta sundu. KEDİ'nin ***Julian Schwinger***'in ve *Şin İtiro Tomonaga* tarafından geliştirilen sürümleri de o sıralarda ortaya konulmuş olup ikisi de aynı şekilde yeniden boyutlandırılabiliyordu. Yeniden boyutlandırma KEDİ'nin bir anahtar özelliği olup yeniden boyutlandırma olmadan kuram işe yaramaz. Yine de sonsuzlukların böyle kurcalanması iyice tatminsiz olan Paul Dirac'ın (başkaları arasında) hep canını sıkıp durdu. Feynman kendisi de kitabı *QED*'de "Bu kelime (yeniden boyutlandırma) ne kadar zekice olursa olsun içimden buna yine de çılgınca bir süreç demek geliyor. Böylesine bir hokus pokusa sığınmak bizi kuantum elektrodinamiği kuramının matematiksel iç tutarlılığını kanıtlamaktan alıkoymuş oluyor," der.[272]

Bkz. ***yalın yük.***

**yerel gerçeklik//local reality//** Dünyanın işleyişinin, sağduyu ile özel göreliliğin temel aksiyomunu birleştiren görünüşü. Buna göre ışık hızı farklı yerler arasında etkileşebilme (buna "yerellik" denilir) hızının ötesi olmayan sınırıdır. Aksiyomun sağduyu kısmı fiziksel/maddesel (elektronlar gibi gerçek parçacıklardan oluşmuş) ve kimse bakmadığında bile var olan (buna "gerçeklik" denilir) gerçek bir dünya olmasıdır. Ancak bu sağduyuya karşın, ***Aspect deneyi*** ve ***Bell eşitsizliği*** birleşerek dünyanın yerel gerçekliğe uymadığını gösterdiler. Ama deney ve Bell eşitsizliği, bu görüşün neresinin terk edileceğini söylememektedir.

Bir seçenek var; ya orada hiç kimse bakmadığında bile bir gerçek dünya var (bu durumda da Albert Einstein'ın "tekinsiz uzaktan etki" dediğinin ilişkilenmiş parçacık çiftleri arasında, Evrenin zıt yanlarında anında işleyeceğini kabullenmek gerekir) ya da hiçbir etkileşmenin ışıktan hızlı işleyemeyeceğine inanılmalıdır (bu durumda da nesnelerin, ***Schrödinger'in kedisi*** gibi gözlenerek ***dalga fonksiyonunun çökmesi***ni tetikleyinceye kadar bulanık bir ara durumda bulunacakları kabullenilecektir).

Şu vurgulanmalıdır ki fizikte hangi seçimin yapılacağını söyleyecek bir şey yoktur. "Standart seçim," bir yüzyıla yakın ***Kopenhag yorumu***'nun etkisi altında yerelliği seçip gerçekliği terk etmekti. Bizim kendi seçimimiz ise gerçekliği seçip yerelliği terk etmektir. Bkz. ***saklı değişkenler ve işlemsel yorum.***

yerellik//locality// Bkz. ***yerel gerçeklik.***

yerel olmama//nonlocality// Elektron gibi bir kuantum varlığının davranışının yalnızca bir noktada (varlığın "yeri") olanlardan değil, başka –ilke bakımından Evren boyunca çok uzaklarda bile olan– yerlerdeki (başka yerellikler) olaylardan da etkilenme şeklini betimlemek için kullanılan terim. Bu yerel olmayan etkileşmeler anında sanki bir iletişim biçimi gibi olur; ***Albert Einstein***'ın "tekinsiz" uzaktan etki dediği bunlar, yalnız ışıktan hızlı değil sonsuz bir hızla işlerler.

Kuantum dünyasının yerel olmama doğasının deneylerle ortaya konulduğunu anlayışla karşılamak gerekir. Örneğin çift yarık deneyinde yarıklardan birinden geçen elektronun davranışı diğer yarığın açık ya da kapalı olmasına bağlıdır. Ayrıca ***Aspect deneyi, Bell eşitsizliği***'ni kullanarak elektron gibi nesnelerin gözlenseler de gözlenmeseler de gerçekliği benimsenecekse yerel olmayıştan kaçınılamaz. Bkz. ***saklı değişkenler*** ve *işlemsel yorum.*

yerel simetri//local symmetry// Bkz. ***ayar simetrisi.***

yoğunluk//density// Bir nesnenin birim hacminin kütlesi. Standart birimi metreküp başına kilogram; çoğu zaman santimetreküp başına gramdır.

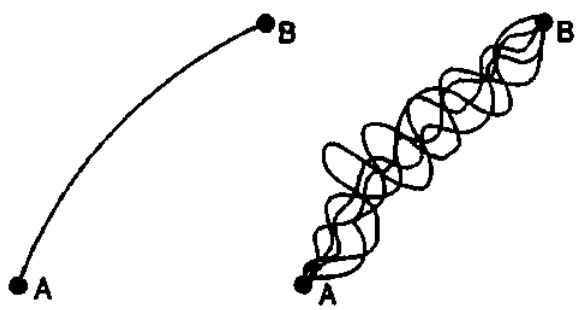
yok olma//annihilation// Bkz. ***karşı-madde, çift oluşum.***

yol integrali//path integral// Kuantum olasılıklarını toplamanın bir yolu. Bunu ilk kez ***Richard Feynman*** 1940'ların başlarında doktora öğrencisiyken, kuantum mekaniğinde başta kullanılan ***Hamilton fonksiyonu*** yaklaşımı yerine getirdiği, ***Lagrange*** denklemlerini kullanarak kurdu. Bu kuantum kuramını bütünüyle yeni bir biçimlenmeye götürmüş olup (Feynman'ın tezinde sunulmuştu) kuantum dünyasının bütüncül doğasını ortaya çıkarıyor ve kuantum mekaniğinin en güçlü ve zarif sürümü olduğu anlaşılıyordu. Bu yapı Newton'ın ***klasik mekaniğini*** aynı matematiksel çerçevede içermektedir. Feynman'ın doktora danışmanı ***John Wheeler***'e göre Feynman'ın bu fikirleri 1942'de tezinde sunuşu "kuantum mekaniğinin klasik kuramdan daha basit olduğu" anı mimliyordu (ama fikirler, Feynman'ın Manhattan Projesine katılmasından dolayı gecikerek 1948'e kadar resmi olarak yayımlanmadı).

Yol integrali yönteminin özü şöyle; bir parçacığın A'dan B'ye gitme olasılığı hesaplanırken yalnızca en doğrudan görüneni, yani Newton mekaniğinin betimlediği yörüngeyi değil A'dan B'ye mümkün her yolu hesaba katmak gerekiyor. Her yolun (her "dünya çizgisi") belli

bir olasılığı olup bu o yola ilişkin ***eylem***le bağlantılıdır; gerçekten de Feynman'ı yol integrali yaklaşımına götüren şey eylem fikrinden başlıyordu. Olasılık bütünüyle tüm yollardan gelen katkıları toplayarak (integraliyle) hesaplanır. Bu sonsuz sayıda olasılığın toplanması demek olsa da çoğu çok küçük (sonsuz küçük) olup bu matematiğin (diferansiyel-integral hesap) sonlu yanıtlar vermek için baş edebileceği bir "sonsuz toplama"dır. Uygulanırken, klasik yörüngelere yakın olanlar dışındaki tüm olasılık genlikleri birbirini götürür, böylece klasik yörünge kuantum olasılıklarının sonucu olarak ortaya çıkar.

Neler olduğunu düşünebilmenin Feynman'ın verdiği temiz bir yolu var. Işık kullanarak iki delikli deneyi başlatalım. Dedektör ekranındaki belli bir noktada bir ışık beneği olmasının olasılığının bulunması ışığın deliklerin her birinden geçme olasılıklarının toplanmasıdır (doğru şekilde). Şimdi de engelleyici yüzeye iki delik daha açalım; tabii ki olabilecek dört yol için dört olasılık toplamalıyız. Şimdi de sekiz, on altı, otuz iki... delik açalım. Nitekim yüzeyi tüketene kadar delik açalım; sonsuz delik ve integral için sonsuz yol olacak. Demek ki başka şeylerin yanı sıra yol integrali yaklaşımı tek bir fotonun (ya da elektronun) iki delikli deneyde her iki delikten birden geçerek kendisiyle girişeceğini otomatik olarak betimliyor. Bkz. ***geçmişler üzerinden toplam***.




***Yol integrali.*** *Klasik mekanik parçacığın A'dan B'ye tek bir yörünge izlediğini söyler. Kuantum mekaniğinin yol integrali sürümü ise kuantum varlığının A'dan B'ye mümkün her yolu seçer (sırf burada gösterileni değil açıkça her yolu). Ama özel koşullar dışında (iki delikli deney dışında) değişik kuantum yolları öylesine etkileşirler ki birbirlerini klasik yörüngenin yakını dışında her yerde götürürler.*

**yorumlar//interpretations//** Bkz. ***modeller***

**Young, Thomas (1773-1829)** İngiliz fizikçi, 19. yüzyılın başında ışığın dalga kuramına, özellikle de ***çift yarık deneyi***ni kullanarak ana katkılardan birisini yaptı.

Young 13 Haziran 1773'te Milverton, Somerset'te doğdu. Dâhi çocuktu; iki yaşında okumaya başladı, daha çocukken Latince ve Yunancada ustalaştı, on dördünden önce birçok Ortadoğu dili öğrenmiş, on yedisine vardığında Isaac Newton'ın büyük kitapları *Principia* ve *Optics*'i okuyup sindirmişti. Tıp eğitimi aldığı Londra'daki St. Bartholomew's Hastanesinde birinci sınıftayken (1793) gözün nasıl odakladığı üzerine yazdığı makale öyle önemliydi ki ertesi yıl Kraliyet Derneğine üye seçildi. 1794'te Edinburgh'da öğrenim gördü ve 1795'te Göttingen'e giderek 1796'da tıp diplomasını aldı. 1797'de Cambridge'e giderek iki yıl süren fenbilimi öğrenimini tamamlarken "olay Young" lakabını kazanırken yaptığı ses ve ışıkla ilgili bir dizi deneyi 1800'de yayımladığı kitapta betimledi. Temel vargılarından birisi ***Christiaan Huygens***'in önerdiği dalga kuramının, ışığın davranışını Newton'ın önerdiği zerreler kuramından daha iyi bir betimi olduğuydu.

Young, kitabın çıkmasından bir yıl önce tıp öğrenimini tamamladı ve Londra'da uygulamaya başladı. Ancak, büyük amcası (o da hekimdi) ona 10.000 £ ve Londra'da bir ev bıraktığından geçimini tıptan sağlamak zorunda değildi ve 1801'de Krallık Enstitüsünde doğa felsefesi profesörü oldu. Aynı yıl renkli görüşün nasıl çalıştığını açıkladı. Ne yazık ki kötü bir konuşmacı olduğundan bu görevi 1803'te bıraktı.

Dört yıl daha fen deneyleri yaptıktan sonra 1807'de yeniden tıbba döndü ve (1811'de St. George Hastanesinde hekimliğe başladı) 1817'ye kadar bu onun asıl meşguliyeti oldu; ancak 1816'da François Arago'ya mektup yazarak (bkz. ***Fresnel, Augustin Jean***) eğer ışık enine dalga olarak yayılıyorsa kutuplanmanın açıklanabileceğini öneriyordu (bkz. ***Maxwell denklemleri***). 1817'den sonra Young Kraliyet Derneğinin dışişleri görevlisi ve Ağırlıklar ve Ölçüler Kurulunun yürütücü sekreteri görevlerine gittikçe daha çok zaman ayırmaya başladı. Bir de Eski Mısır çalışmalarına da sıkı ilgi duyuyordu ve Rosetta Taşının çözülmesinde[273] çok etkisi oldu.

Young'ın ışığın kuramına olan başlıca katkıları 19. yüzyılın başlarında yapılmıştı (girişim üzerine anahtar çalışma 1801'deydi. 10 Mayıs 1829'da öldü.

**Young çift yarık deneyi//Young double-slit experiment//** Bkz. *çift yarık deneyi.*

**yukarı//up//** ***Spin*** durumlarının birisi.

**yukarı kuark (u kuark)//up quark//** Değişik ***kuark*** tiplerini ayırt eden altı *çeşni*den birisi olup ***aşağı*** kuarkla birlikte, örneğin ***proton*** ve ***nötron***ların iç yapısını oluşturur.

**Yukawa, Hideki** (1907-1981) 1949 Nobel Fizik Ödülünü *pion*ları önsöymesi sayesinde alan Japon fizikçi.

23 Ocak 1907'de doğdu (Hideki Ogawa olarak doğmuş, 1932'de Sumiko Yukawa ile evlenince onun soyadını almıştı). Üç erkek iki kız kardeşi vardı, erkeler üniversite profesörü oldular; kızlar ise profesörlerle evlendiler. Babası (Takuji Ogawa) Kyoto Üniversitesinde jeoloji profesörüydü, kendisi de orada okudu ve 1929'da yüksek lisans derecesiyle bitirdi. Sonra Osaka Üniversitesinde öğretim görevliliği yaparken doktorasını 1938'de tamamladı. 1939'da Kyoto'ya kuramsal fizik profesörü olarak döndü ve çalışma yaşamının tamamını –arada birçok başka üniversitede konukluk, özellikle de ABD'de Princeton (1948-1949) ile Columbia Üniversitesi (1949-1953) dışında– orada geçirdi.

Yukawa, bir atomun *çekirdeği*ni, çekirdekteki protonların tümünün artı yükleri onu dağıtma eğiliminde olduğu halde bir arada tutan yeni bir kuvvet türü olması gerektiğini 1935'te yayımladığı ilk makalede önermişti. Bu kuvveti çok kısa erimli (yalnızca $10^{-13}$ cm kadar) yaklaşık daha önce saptanmamış bir parçacığın taşıması gerektiğini önsöyüyordu. Bir sanal parçacığın ömrü kütlesiyle ters orantılı olabileceği ve de gidebildiği uzaklık ömrüne bağlı olması Yukawa'nın, bu varsaydığı parçacığın kütlesinin, yaklaşık elektronunkinin 200 katı (nükleonların dokuzda biri kadar) olduğunu önsöymeye götürdü.

1936'da ***Carl Anderson*** kütlesi uygun değerde görünen ***müon***u keşfettiğinde önce Yukawa'nın önerdiği parçacık olduğu düşünüldü. Ancak kısa zamanda bunun, şimdi yeğin etkileşme (bkz. ***doğa kuvvetleri***) denilen şeyin taşıyıcısı olmadığı açıkça ortaya çıktı. Ama 1947'de ***Cecil Powell***'in keşfettiği pion tamı tamına yeğin etkileşme kuramının gerektirdiği çıktı.

Yukawa zayıf etkileşme kuramına da önemli bir katkı yaptı. Beta bozunmasının nükleonlar arasındaki zayıf kuvvetin sonucu olduğu önerisinden (bkz. ***Igor Tamm***) esinlenerek kuvvetin de nükleonlar arasında ***mezon*** değiş tokuşuyla olabileceğini önerdi. 1970'te emekli olan Yukawa 8 Eylül 1981'de Kyoto'da öldü.

**yumuşak saçılma//soft scattering//** Bkz. *esneksiz saçılma*.

**yük//charge//** Kimi temel parçacıkların birbirleriyle etkileşme yeğinliğinin bir ölçüsü. En bildik örnek elektrik yükü olup artı ve eksi olarak iki çeşittir. Aynı tür elektrik yükü olan iki parçacık birbirini iterken zıt elektrik yüklü parçacıklar birbirini çekerler. Kuvvetin yeğinliği her iki durumda da her bir parçacığın taşıdığı yükün büyüklü-

ğüne bağlıdır. Elektrik yükünün temel birimi bir elektronun taşıdığı (eksi) yük olup $1{,}602\times10^{-19}$ coulomb'dur.

***Kuantum kromodinamiği***'nde kuarklar arasındaki etkileşmeleri açıklayabilmek için ***kuark***lara farklı bir yük özgülemek gerekiyor, buna renk yükü deniliyor. Bu, birbirleriyle etkileştikleri yeğin kuvvetin yeğinliğinin bir ölçüsüdür. Kuarklar bir de elektrik yükü taşır ama bu renk yükünden bağımsız çalışır. Renk yükü iki değil üç çeşit olup gündelik anlamı bakımından renkle hiçbir ilişkisi yoktur (adları herhangi bir şey olabilirdi). Ama kuramın temel bir özelliği elektrik yükünde olduğu gibi renk yükünün korunmasıdır, yani dünyanın toplam renk yükü hep aynı kalır. Renk yükü parçacıklar arasındaki yeğin etkileşmenin kaynağıdır, tıpkı elektrik yükünün elektromanyetik etkileşmenin kaynağı olduğu gibi.

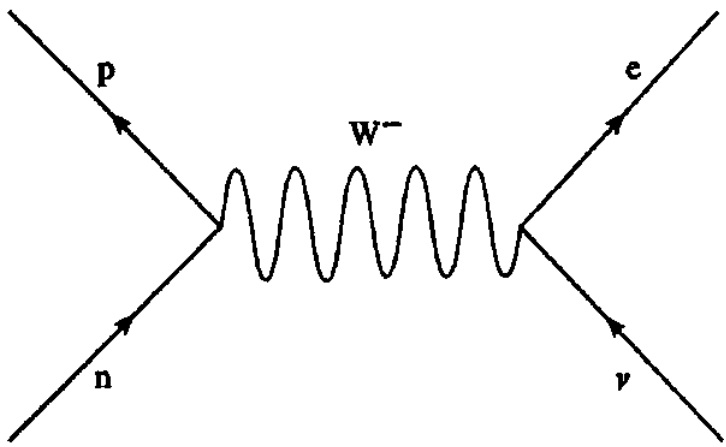
**yük eşleniği//charge conjugation//** Parçacıklar ile karşı-parçacıkların bir parçacık etkileşmesinde (sanal) takas süreci. Temel parçacıkların, bir parçacık ile onun karşı-parçacığının farkını belirleyen özelliği tersine çeviren süreç C simgesiyle gösterilir. Elektrik yüklü parçacıklar için eşdeğer karşı-parçacık zıt elektrik yükü taşır, "yük eşleniği" teriminin kaynağı budur. Ama nötron ve nötrino gibi elektriksel olarak nötr parçacıkların da karşı-parçacık karşılıkları bulunur. Bir parçacık sistemin C "işlemi" uygulandığında bu her parçacığı kendi karşı-parçacığına ve tersine döndürmek demektir. Demek ki bir elektronun bir nötronla çarpıştığı bir etkileşme, bir pozitronun bir karşı-nötronla çarpıştığı bir etkileşme olur.

C işleminin mümkün bir parçacık etkileşmesine uygulanmasıyla çıkan etkileşme fizik yasalarına da uyar, çoğunda da karşılığıyla tam aynı yasalara. Ama Evrenin işleyişindeki minicik simetrisizlikten dolayı zayıf etkileşmeleri içeren süreçler C altında iyice değişmez değildir. Dolayısıyla, örneğin beta bozunmasının (nötronun proton, elektron ve karşı-nötrinoya bozunması) karşılığı (bir karşı-nötronun bir pozitron ve nötrinoya bozunması) olsa da bu bozunma, C işleminin asıl beta bozunmasıyla tam aynı olmayıp farklı bir oluş hızı (yarıömrü) vardır. Demek ki karşı-madde dünyası madde dünyasıyla tam anlamıyla aynı değildir, yük eşleniği olsa bile. Madde ile karşı-madde arasındaki bu temel fark, neden görünen Evren'deki yıldızları, gökadaları ve bizleri yapmak için Büyük Patlamadan neden maddenin kalıp karşı-maddenin kalmadığını açıklayabilir. Bkz. ***CP korunumu, CPT korunumu.***

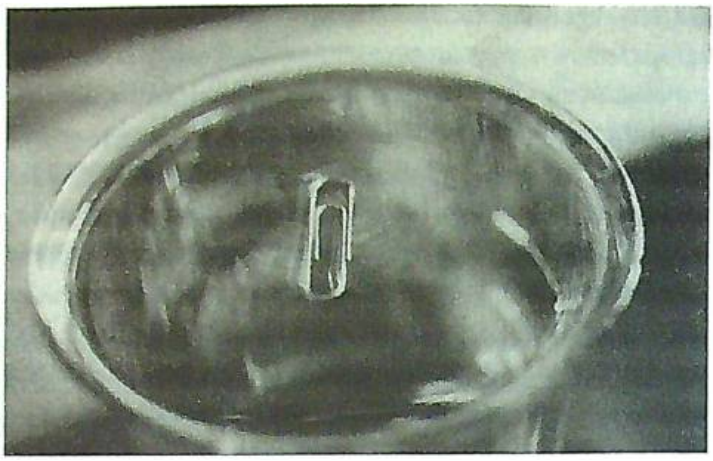
**yüklü akım//charged current//** Bir yüklü *bozon*un yük taşıyarak etkileşmeye aracılık yaptığı bir etkileşme. Örneğin nötronun beta bozunmasındaki aracının bir yüklü bozon olan bir birim eksi yük taşıyan $W^-$ olduğu düşünülebilir. Böylece nötron bir birim artı yüklü protona dönüşmüş olur. $W^-$ tarafından taşınan eksi yük etkileşmede yaratılan elektrona (aslında bir nötrinonun dönüştürülmesiyle) aktarılmış olduğundan toplam yük korunur. Bu zayıf etkileşmenin işleyişine bir örnek, ama tüm zayıf etkileşmeler yüklü akım içermez. Bkz. ***nötr akım***.

**yüzey gerilim//surface tension//** Bir sıvının, yüzeyinin ince bir esnek madde tabakasıyla kaplı gibi davranmasına yol açan bir özellik. Bunun oluşu sırasında sıvının yüzey molekülleri çevrelerindeki yüzey moleküllerince ve de yüzeyin hemen altındaki moleküllerle çekilirler ama üstte (tanımdan dolayı!) onları yukarıya çekecek sıvı molekülü yoktur. Bu da yüzeydeki moleküllerin devinimini kısıtlayarak sıvı yüzeyini, örneğin yüzeye özenle konulan bir ataşın ağırlığını taşıyacak kadar sertleştirir. Sıvı damlacıklarının küresel biçimlere girmesini yüzey gerilimin bir balonun cildi gibi davranması sağlar. Sıvının içerisinde moleküller birbirlerine ortalamada yüzeydekinden daha yakın olup birbirlerini iterek basınç yaratırlar.

Çekici kuvvet biraz uzaklaşırken kendini gösterir ki üstlerinde onları aşağıya itecek molekül olmadığından yüzeyde olur.




***Yüklü akım.*** *Elektromanyetik kuvveti taşıyan fotondan farklı olarak zayıf etkileşmenin taşıyıcıları (bu örnekte $W^-$) elektrik yükü taşıyabilirler. Bu yüklü akımlı etkileşmenin bir örneği.*



*Suyun yüzey gerilimi (özen gösterilirse) yüzeyinde bir ataş "yüzdürerek" gösterilebilir.*

Z parçacığı// Z particle// Zayıf etkileşmeyi taşıyan (***W parçacıkları***yla birlikte) üç bozondan biri (bkz. ***doğa kuvvetleri***). Z parçacığının yükü olmayıp $Z^0$ olarak da belirtilir. Kütlesi 93 GeV olup, elektrozayıf kuramın önsöyümlerine yakından uyar. Ömrü $10^{-25}$ s, ve ***spini*** 1'dir. İlk kez 1983'te ***CERN***'de gözlenmiştir.

Bkz. ***nötr akım.***

zaman//time// Herkes zamanın ne olduğunu bilir, ama kimse ne olduğunu *açıklayamaz*. Fizikte zamanla ilgili önemli şey onun, içinde olayların sıralanabildiği bir referans sistemi (bir koordinatlar takımı) olmasıdır. Bu sistemde bir olay bir diğerinden önce ya da sonra gelir. Ama şu önemlidir ki her ne kadar bu bir ***zaman oku*** tanımlasa da fizik yasaları arasında zamanın geçmişten bugüne ve geleceğe aktığını öneren hiçbir şey yoktur. Tüm zamanlar eşit konumdadır.

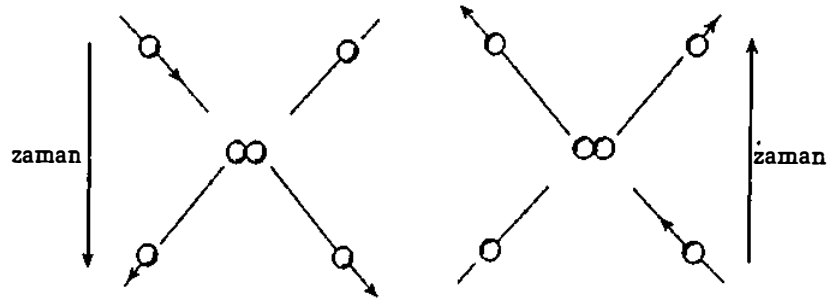
Bu en zorlu şekilde ***görelilik kuramı***nda görünür. Bunda zaman dördüncü boyut olarak ***uzay***ın bildik üç boyutuyla aynı düzeyde tutulur. Bütün uzay ve zamanın, Evrenin bütün tarihinin, üzerinde bütün tarihin, şimdinin ve geleceğin bulunduğu dört boyutlu bir uzayzaman haritası olarak temsil edildiği düşünülebilir. Bu da kader ve özgür iradeye ilişkin ilginç sorular sorduruyor; gelecek, bir bakıma "zaten orada" mı, yalnızca bilincimizin ona yol vermesini mi bekliyor? Ama kuantum fiziğinin özünde olan belirsizlik, görelilik ve kuantum kuramını kaynaştıran uzay ve zamanın daha iyi bir kuramının uzayzamanın betimine geleceğin muğlaklığını yerleştirebilir.

Fenbilimciler zamanı, iki olay aralığını ya da bazı süreçlerin oluşumunun süresinin (saniyelerle ya da başka uygun birimlerle) ölçüsü olarak kullanırken daha güvenli bir zemindeler. Terimin kitabın çoğunda kullanılışının böyle olmasından mutluyum; daha derin felsefi konular ise açıkça değinilmeleri dışında yoksanabilir.

**zaman oku//arrow of time//** Fenbiliminin en büyük gizemlerinden birisi geçmiş ile gelecek arasındaki ayrımdır. Atomaltı düzeyinde ne klasik mekaniğin eski fikirleri ne de kuantum mekaniğinin modern kuramı geçmiş ile geleceği ayırt edebilir. Atomaltı parçacıklar arasındaki tipik bir etkileşmede iki parçacık bir araya gelip etkileşerek bir şekilde iki yeni parçacık oluşturur; bunlar da ayrılıp gider. Fizik yasalarına göre bu gibi hemen her etkileşme aynen tersine de işleyebilir. Yani "sonuç"taki iki parçacık bir araya gelerek bir şekilde etkileşir ve "baştaki" iki parçacığı oluşturabilir. Bu düzeyde sırf bu parçacık çiftlerinin davranışlarına bakarak geçmiş ile geleceği ayırt etmenin bir yolu yoktur.

Oysa bizim insan duyularımızın makro düzeyinde geçmiş ile gelecek ayrıklığı apaçıktır. Nesneler eskir, insanlar yaşlanır. Parçacıkların etkileşmesine eşdeğer olarak bir kadehi özenerek bir masanın tam kenarında riskli bir konumda dengedeyken düşüp kırıldığını düşünelim. Kırılmış bir bardağın kendi kendine toparlanarak birleştiğini (hatta masanın üzerine çıktığını) hiç görmüyoruz. Oysa bardağı oluşturan atomların giriştiği her etkileşme bildiğimiz fizik yasalarına göre tersinir ama yine de iki fotoğraf gösterseler, birisi bardak masanın üzerinde diğeri parçalanmış olarak yerde, hangisinin önce hangisinin sonra çekildiğini ayırt etmekte hiç zorlanmayız. Pek çok parçacık içeren karmaşık sistemlerle ilgilenirken geçmişten geleceğe kendiliğinden yönelmiş bir zaman oku bulunuyor.

Ancak, geleceği *gösteren* bir ok ile geleceğe *giden* bir oku ayırt etmek çok önemli. Eğer yalnızca "öncesi ve sonrası" resimleri yerine bardağın düşüşünü gösteren bir film olup tek tek resimlerini kesip karıştırsak bunları yeniden doğru sırayla dizmemiz mümkündür. Geçmiş ile geleceğin açıkça ayırt edilebilmesi için filmin projektörden gösterilmesi gerekmez. Geçmiş ile gelecek hâlâ ayırt edilebilir ve bunu geçmişten geleceğe yönelen zaman oku temsil eder.




***Zaman oku.*** *Çarpışan parçacıklar düzeyinde fizik yasaları gelecekle geçmiş arasında hiçbir ayrım gütmez. Zaman oku her iki yönü de aynı şekilde gösterebilir ve fizik yasaları hep aynı kalır.*

Bu ayrım matematiksel olarak da belirtilebilir. Termodinamik bilimi, geçmişten geleceğe "gidilirken" her şeyin nasıl değiştiğini çözümlemeye dayanır. Anahtar kavrayış Evrendeki düzensizliğin hep artması, kırılan bardağın yeniden toparlanamaması gibi. Fizikçiler düzensizliği entropi denilen bir nicelikle ölçer. Fiziğin en temel yasası kapalı bir sistemin entropisinin hep artmasıdır (termodinamiğin ikinci yasası).

Bu yasayı, bir dış enerji kaynağı bulunan açık bir sistem için atlatabilecek gibi görünüyoruz. İkinci yasa *D*ünyada ihlal ediliyor görünmekte, çünkü canlılar büyür ve de insanlar örneğin bir tuğla yığını alıp çok daha düzenli, ev biçiminde yapılara dönüştürür. Ama bütün bunlar bir enerji girdisi gerektirir: Güneş. *D*ünya'daki entropi azalması, Güneşteki entropinin artmasının –ki bu içindeki çekirdek kaynaşması tepkimeleriyle ve uzaya ışıdığı ısı enerjisiyle olur– çok altında kalıyor. Bütün Evrenin entropisi zamanla artıp durur.

Kuantum dünyasında ise geçmiş ile gelecek arasındaki ayrım açık seçik olmaktan çok uzak. ***Feynman diyagramlarıyla*** betimlenen etkileşmelerin zamanda işlemeleri "geriye" doğru da ileriye olduğu kadar geçerlidir. Zaman okunun bir anlamı olduğu tek oluş, kimi durumların diğerlerinden daha karmaşık olması ve –birçok farklı kuantum etkileşmesinin sonucu olan– bu karmaşıklığın gelecekte, basitlerin ise geçmişte olarak algılanabilmesidir.

Zaman hem elektromanyetik ışınımın davranışını betimleyen ***Maxwell denklemleri***nin hem de kuantum sistemlerini betimleyen Schrödinger denklemlerinin içinde var. Ama bu tamamen simetrik olup geçmişten geleceğe giden dalgalar ile gelecekten geçmişe giden dalgalar arasında bir ayrım gütmez. Bunun, ışığın doğası (bkz. ***Wheeler-Feynman soğurma kuramı***) ile kuantum olgularına (bkz. ***ilişkisel yorum***) ilişkin bir anlamı olabilir.

**zaman tersinme simetrisi//time reversal symmetry//** *T* harfiyle gösterilen ve bir fiziksel sürecin tüm devinimlerinin yönleri değiştirildiğinde fizik yasalarının aynı kalacağını söyleyen simetridir. En basit örnek olarak iki bilardo topunun çarpışmasını gösteren filmi ele alırsak, film ileri de çalıştırılsa geri de inandırıcılığı aynı olur. Bu, parçacık etkileşmelerinin çok büyük çoğunluğunda böyledir. Dolayısıyla olabilecek bir etkileşme ***Feynman diyagramıyla*** betimlendiğinde, hemen her vakada diyagramdaki zamanın yönü değiştirildiğinde yine olabilecek bir etkileşme görürüz (istisnalar, zayıf etkileşme içeren pek az süreçtir; bkz. ***CP korunumu, CPT korunumu***).

Ama her ne kadar her bir çarpışma zamanda simetrik görünse de bilardoda, başlarken tam düzenlenmiş bir durumdan yeniden başlamanın bir filmi yapılırsa filmin nasıl çalıştırılacağı besbellidir. Basit sistemlerden karmaşık sistemlere geçerken ***zaman oku***nun bu çıkışı hâlâ anlaşılmadı; çünkü zaman tersinme simetrisi klasik fiziğe de kuantum fiziğine de temel düzeyde yerleştirilmiş görünüyor. Bkz. ***işlemsel yorum.***

**zamanda yolculuk//time travel//** 1980'lerin sonlarında yürütülen araştırmalar, zamanda yolculuğun fizik yasalarınca yasaklamadığını göstermekte. Bu haber çoğu fizikçiyi hayrete düşürse de bilimkurgu yazarlarını sevindirecektir. Yine de bu çalışan bir zaman makinesi yapmanın kolay olduğu anlamına gelmese de, olanaksız olmadığı demektir. Daha da önemlisi bunun anlamının Evrende zaman makinesi olarak davranan doğal nesneler olmasıdır.

Kuramsal olarak solucan delikleri uzayzamandaki tüneller olup, genel göreliliğin bağıntılarına göre uzayzamanın bir kısmındaki bir kara deliği bir başka kısmındakine bağlar. Bu öylesine besbelli bir fikir ki onlarca yıl bilimkurgu yazarlarınca kullanıldı ama 1980'lerin ortalarına kadar böylesine nesnelerin "gerçekten" var olamayacakları ve Einstein'ın denklemlerinin daha iyi anlaşılmasının bunu kanıtlayacağı fizikçiler tarafından kabullenildi. Fizikçiler, Kip Thorne ve Caltech'teki çalışdaşlarının özenle yaptıkları çalışmadan –bir bilimkurgu öyküsünün tetiklediği bir çalışma– sonra tavır değiştirdiler.

Bu şöyle olmuştu. Tanınmış bir gökbilimci olan Carl Sagan yazdığı bir romanda, kara delik boyunca seyahat sağlayacak bir gereç düşünmüştü; bu, kişilerin Dünya'nın yakınındaki bir noktadan Vega diye bilinen yıldıza yakın bir noktaya gidebilmelerine yol olacaktı. Her ne kadar fiziğin kabul edilen kurallarını büktüğünün farkındaysa

da alt tarafı bu bir kurgu işiydi. Yine de Sagan kendisi bir fenbilimcisi olarak öyküsündeki fenbiliminin olabildiğince sağlıklı olmasını istiyordu. Dolayısıyla kütleçekim kuramının bilinen bir uzmanı olan Thorne'a, yazdıklarına bir göz atıp ne kadar saçmalamış olabileceğini söylemesini istedi. 1985'in sonunda bir solucan deliğinin nasıl açık tutulabileceği problemine dalmışken Thorne birden fark etti ki bu iş solucan deliğini egzotik denilen maddeyle oyarak yapılabilecekti. Kritik öğe ise bu egzotik maddenin solucan deliğini kütleçekimin içeriye zorlamasına karşın açık tutacak kadar muazzam bir gerilimi olmasıydı. Daha kimse bu işi görecek hiçbir şey bulamadıysa da fizik yasalarınca yasaklanmaktan çok uzakta. Böylesine egzotik madde nerdeyse tamı tamına ***kozmik sicimin*** tanımıyla uyuşuyor. Eğer kozmik sicime benzer bir şey varsa ve de ele geçirilirse bu, solucan deliklerini açık tutmayı becerecektir.

Sagan, Thorne'un, kurgusal "yıldız kapısı"na yaptığı katkıyı minnetle karşıladı ve solucan deliği böylece 1985'te yayımlanan romanda (*Contact*) boy gösterdi. Ama bu hâlâ yalnız uzayda bir kestirme yol olarak sunuluyordu. Sagan ve Thorne betimlediklerinin zamanda da kestirme olduğunu başta fark etmediler. Thorne, solucan deliklerinin açtığı zamanda yolculuk olanaklarına, öğrencisi Mike Morris'le Chicago'da bir sempozyuma gittiği Aralık 1986'ya kadar hiç aklını yormamıştı. Katılımcılardan birisi, bir solucan deliğinin zamanda geriye gitmek için kullanılabileceğini Morris'e öylesine söylemişti.

Olan şu ki uzay ve zaman, işin özünde Einstein denklemlerinde eşit muamele görmekte. Dolayısıyla bir solucan deliği uzayzamanda bir kestirme yol alıyorsa iki ayrı yer gibi iki ayrı zamanı da birleştirebilmeli. Gerçekten de doğal olarak oluşan her solucan deliği büyük olasılıkla iki farklı zamanı da birleştirecektir.

Bir kere Thorne zamanda yolculuğu onayıp, Caltech çalışması 1980'lerin sonlarından 1990'a doğru zaman yolculuğu araştırmaları için küçük bir ölçekli sanayinin yayılmasına götürünce Einstein denklemlerini aşırı uçlara zorlamanın egzotik çıkarımlarına ilgi duyan diğer fizikçiler (o günlerdeki Sovyetler Birliği'nden Igor Navikov dahil) kendi fikirlerini de açık etmeye cesaret buldular. Bütün bunların altında olan şey herhangi bir uygarlığın sıfırdan bir solucan deliği zaman makinesini nasıl yapabileceğini düşünmek zor olsa da, doğal bir solucan deliğinin yeterince ilerlemiş bir uygarlığın seyahat gereksinimlerini yerine getirmeye uyarlanması çok daha kolaydır. Bu ortaya her türlü ilginç çelişki ve olanak çıkarıyor; bunlar aşağıda verilecek

kitaplarda görüşülüyor. Ama eldeki bağlamda bu çalışmadan gelecek en ilişkili keşif zamanda yolculuk ile Evrenin kuantum mekaniksel betimi arasında derin bir bağlantı olmasıdır.

Bunun Evrenin işleyişine yeni içgörüleri nasıl sağladığını anne-anne çelişkisi (bir zaman yolcusu kazara annesi doğmadan anneannesinin ölümüne sebep olur) denilen durumun bilardo topu eşdeğerine bakarak göreceğiz. Bunu bir zaman tünelinin iki ağzını bir araya getirilerek yapıldığını düşünelim bir bilardo topu uygun bir ağıza doğru bir şekilde fırlatılırsa diğer ağıza geçmişte ve aradaki yolu geçme süresi tam kendisini tünele girmeden önce bulacak anda aşarak ona çarpacak. Böylece de kendi önceki sürümünü yoldan çıkarınca zamanda hiç gitmemiş ve çarpışma olmamış olunca bilardo topunun önceki sürümü zaman *girecek* ve olay tekrarlanıp duracak ... İşte bu, problemin kendisiyle tutarsız çözümü olup alışılagelmiş akıl bunun reddedilmesini gerektirir; yani Evren'in böylesine işleyebilmesi mümkün değildir.

Thorne ve Novikov gibi fizikçilerin, kendisiyle tutarsız çözümün reddedilmesinin kabullenebilirliğinden emin olmalarının sebebi bu tür her durumda denklemlerin her zaman aynı başlangıç koşullarından giderek kendisiyle tutarlı bir çözümü olacağını bulmalarıydı.

Bu tür bilardo topu probleminin kendisiyle tutarlı bir çözüm örneğinde top zaman tüneline yaklaşırken tünelin bir ağzından yeni çıkan özdeş bir top onu çapraz bir vuruşla tünelin diğer ağzına gönderir. İlk top öbür ağızdan çıkıp kendi daha genç sürümüyle çarpışıp kendisini tünele atar. Thorne, Novikov ve çalışdaşları yalnız, en azından biri kendisiyle tutarlı çözümü olmayan böyle bilardo topu problemi olmadığını göstermediler, düşünebilecekleri bu türden her problemin sonsuz sayıda kendisiyle tutarlı çözümü olduğunu gösterdiler.

Bir bilardo topunun zaman tünelinin iki ağzının arasından bir doğru çizgi üzerinde düzgünce geçtiğini (öyle mi?) düşünelim. Diyelim ki top iki ağız arasının tam ortasına vardığında ağızların birinden hızla çıkan bir top ona çarpsın. "Özgün" top yana fırlayıp tünelden geçerek "ikinci top" olur; ama çarpışmada tamı tamına çarpışmadan önce izlediği aynı yol ya da yörüngede gitmeye başlar. Uzaktaki bir gözlemciye göre ise bu hâlâ tek bir topun iki ağız arasındaki doğru çizgi üzerinde rahatça geçmektedir; ve de topun zaman tünelinde iki, üç ya da daha çok devir içeren benzer durumlar düşünülebilir. Görünüşe göre topun davranışını betimleyecek birden fazla akla yakın yol olduğu görünüyor.

Bunların hepsi Evren'in kuantum düzeyinde işleyişini andırıyor. Bir gerçeklikler seçeneği var, tıpkı ***Schrödinger'in kedisi***'ndekiler gibi. Bilardo topu, zaman tünelinin yanına gelene kadar tamı tamına normal görünüyordu, ardından tünel sistemiyle birçok farklı şekilde etkileşerek diğer taraftan gene tamı tamına normal şekilde çıkmadan önce bir ***durumların üst üste binmesini*** oluşturuyor. Thorne, kendisiyle tutarlı çözümler "bolluğu" dediği bu bilardo topu/solucan deliği problemi, eğer kuantum kuramcıları böyle çoklu gerçekliklerle nasıl uğraşılacağının yolunu bulmuşlardı.

Kullandıkları teknik ilk kez 1940'larda Richard Feynman'ın geliştirdiği geçmişler üzerinden toplam yaklaşımıydı. Bu, parçacığın sanki seçebileceği yolların hepsini bilerek nereye gideceğini bu temele göre seçmesidir.

Bunların hepsi tabii ki genelde kuantum düzeyinde atomlar ve altı ölçeğine uygulanır. Kuantum ***belirsizliğ***inin bizim günlük dünyamıza çok küçük ve yoksanabilir etkisi olduğundan örneğin gerçek bilardo topları tıpkı sanki klasik yörünge izler gibi davranıyorlar. Ama aslına bakılırsa geçilebilir zaman tünelinin tünelin varlığı, ağızları arasındaki bölgede çok daha büyük bir ölçekte yeni bir tür belirsizlik –yaratıyor. Thorne, Novikov ve çalışdaşları geçmişler üzerinden toplam yaklaşımının, bilardo topu tüneli içeren problemlerin çözümlerini betimleyerek bu yeni durum için mükemmel iş gördüğünü gösterdiler.

Eğer topun bir başlangıç durumu zaman tüneline çok uzaktan yaklaşırken alınırsa, o zaman geçmişler üzerinden toplam yaklaşımı tek bir olasılıklar takımı verir ki bunlar, topun öbür tarafta zamanda kapalı ilmeklerin olmadığı bölgeden ne zaman ve nereden yüksek olasılıkla çıkacağını verecektir. Bu, bilardo topunun bir yerden diğerine nasıl gittiğini, kuantum mekaniğinin bir elektronun atomun içinde nasıl devindiğini vermesinden daha iyi vermeyecektir. Ama bilardo topunun zaman tüneliyle karşılaştıktan sonra belli bir yerde bulunma, belli bir yönde devinme olasılıklarını tamı tamına verecektir. Dahası topun bir klasik yörüngede devinmeye başladıktan sonra bir diğerinde gitmeyi sürdürme olasılığı da sıfır çıkar.

Bütün bunların çok tuhaf bir özelliği var. Bilardo topu ona açık olan tüm mümkün yörüngelerin –mümkün gelecekteki geçmişlerin hepsi– bir şekilde "farkında" olduğundan dünya çizgisi boyunca davranışı bir ölçüde ona gelecekte açılacak yollara bağlıdır. Böyle bir topun zaman tünelinde izleyebileceği birçok farklı yol olduğu, ama içinden geçeceği zaman tüneli yoksa bundan çok daha az yol olacağı

için, davranışı ilke bakımından, geçeceği tünel varsa tünel olmadığındakinden farklı olacaktır. Böylesine bir etkilemeyi ölçmek gerçekten çok zor olacağından Thorne'a göre ilke bakımından bu, böyle bir zaman makinesi yapmaya kalkışmadan önce bilardo toplarının davranışı üzerine bir dizi ölçme yapmak ve sonuçlara bakarak gelecekte bir zaman makinesi yapabilmenin başarılı olup olmayacağını çıkartmak demektir. Dediğine göre "zaman makinelerinin kuantum mekaniğiyle oldukça genel bir özelliğidir"

Ek okuma: John Gribbin, *In search of the Edge of Time*, Kip Thorne, *Black Holes and Time Warps*. Ek izleme: *Contact* (film).

**zarlar//membrane//** Parçacık fiziğinde sicimlerin (bkz. ***sicim kuramı***) iki boyutlu eşdeğeri. Temel varlıkların noktasal görüntülerini doğrusal nesneler olarak değiştirmek 1970'lerde yüzeye çıktı ama birçok araştırmacı tarafından uzun süre ciddiye alınmadı. 1980'lerin sonlarında Texas A&M Üniversitesinden Michael Duff dahil birkaç kuramcı sicimlerin hiç ciddiye alınmamasını ama bir boyut daha katarak bunların bir boyutlu çizgilerden çok iki boyutlu tabakaları (zarlar) andırmaları gerektiği olanağını ileri sürdüler. Bu fazladan boyut toplam sayıyı on bire çıkarır ama bu boyutlardan birisi hemencecik rulo olur ve zar sicim kuramının on boyutlu sicimi olarak davranır. Fikir iyice işlenmiş bir kuramdan çok spekülasyon olup 1980'lerin sonunda alaya alınmaktaydı. Ama 1990'ların ortalarında çok daha tamamlanmış bir kuram olarak elden geçirildi ve artık zarlar ortalıktaki en popüler fikir haline geldi. John Schwatrz bu terime fikri betimlemek için "M-kuramı" adını koydu; "M"nin "zevke göre magic (sihir), mystery (gizem) ya da membrane (zar)" yerine olduğunu söylüyordu.

M-kuramının 1990'ların sonunda heyecan yaratmasının sebebi bunun en sonunda doğadaki tüm kuvvet ve parçacıkları betimleyecek bir biricik matematiksel yapı sunmasıydı. Sicim kuramının kendisi her birinin iyi ve kötü yanları olan değişik çeşitlerde geliyor. Aslında kuramın tam beş çeşitlemesi var. Bunlar, John Schwrtz ve Michael Green'in Tip I kuramı, onların Tip II kuramının iki sürümü ile heterotik sicimlerin iki sürümüdür. Ek olarak bir de joker var, on bir boyutlu süperkütleçekim. Tema üzerinde bunlardan başka matematiksel olarak gösterilebilecek çeşitleme olmadığı gösterilebilir; diğer olabilecekleri hepsi, süpersimetri dahil, sonsuzluklardan mustariptir.

İlk bakışta "her şeyin kuramı" unvanı için altı rakip fazla görünüyor. Ama aslında bu hatırı sayılı derecede kısa bir kısa liste. Büyük

birleşik kuramlara eski moda parçacık fiziği yaklaşımı, her biri diğerleri kadar iyi olan olanaklar bolluğu veriyor. Aralarından seçmek için yalnızca yarım düzüne kuram olması 1980'lerde mucize gibi görünmüştü. 1990'ların ortalarında yapılan bu yeni dramatik keşif ise bu altı kuramın birbirleriyle ilişkili olmasıdır. Özellikle bunların hepsi tek bir M-kuramının değişik gösterilişleridir. Bu bir bakıma ***elektrozayıf kuram***ın alçak enerjilerde iki ayrı kuram (***elektromanyetizma*** ve ***zayıf etkileşme***) olarak görünmesini andırarak M-kuramı yüksek enerjilerde bile tek bir kuram olup alçak enerjilerde görünen altı farklı modeli betimliyor. Özellikle altı model arasındaki farklar zayıf etkileşme düzeyinde görünürken birlik ***yeğin etkileşme*** düzeyinde apaçık.

M-kuramının gerçekten ne kadar iyi bir kuram olduğunu ve gerçekten de uzun zamandır aranan her şeyin kuramını bulmak için çok beklemek zorunda kalınmayabilir. M-kuramının aslında M-kuramının önsöyümlerini yoklayabilmek için gerekli mertebede enerji ***CERN***'de 2010'ların ortasında işletilmeye başlanan Büyük Hadron Çarpıştırıcısında (***BHC***) elde edilebilmesi beklenmektedir.

**Zayıf Etkileşen Kütleli Parçacık//Weakly Interacting Massive Particle//** Bkz. ***ZEKP.***

**zayıf etkileşme//weak interaction//** Bkz. ***doğa kuvvetleri.***

**zayıf izospin//weak isospin//** Bkz. ***izotopik spin.***

**Zeeman kayması//Zeeman shift//** bkz. ***Zeeman olayı.***

**Zeeman olayı// Zeeman effect//** Bir atomun yeğin bir manyetik alandayken saldığı ışığın tayf çizgilerinin. yarılması. Bu olayın sebebi elektron yörüngelerinin manyetik alan etkisiyle biçim değiştirmeleriyle ilgili açısal momentum bileşenlerinin kendilerini göstermeleridir. Bu, atomun enerji düzeylerinin aralıklarını değiştirir (Zeeman kayması). Bkz. ***Stark olayı.***

Yarılma kısmen klasik olarak da anlaşılabildiğinden ***Hendrik Lorentz***'in önsöydüğü Zeeman olayını Pieter Zeeman keşfetti. Ama Zeeman'ın keşfinin dümen suyunda yapılan yakın inceleme başta şaşırtıcı ayrıntılar ortaya koydu (anormal Zeeman olayı); bu da zamanla kuantum etkilerinin, özellikle de elektron ***spin***i ile açıklanacaktı.

Güneş'ten ve yıldızlardan gelen ışıktaki Zeeman olayı gözlemleri bunlardaki manyetik alanların ölçülebilmesini sağlar.

**Zeeman, Pieter (1865-1943)** Hollandalı fizikçi; manyetik alanların ışık üzerindeki etkisini inceledi ve de ***Zeeman olayı***nı keşfetti.

25 Mayıs 1865'te Zeeland, Zonnemaire'de doğan Zeeman Leiden Üniversitesinde okurken ***Hendrik Lorentz***'in öğrencisi oldu. Doktorasını 1893'te tamamladıktan sonra ücretli öğretim görevlisi olarak Leiden'de kaldı. 1897'de Amsterdam Özgür Üniversitesinde öğretim görevlisi olduktan sonra 1900'de fizik profesörlüğüne yükseltildi.

Zeeman, manyetik alanın ışık üzerindeki etkilerini incelemeye Leiden'den ayrılmadan kısa süre önce, ***Michael Faraday***'ın eski ve başarısız çalışmasını izleyerek başlamıştı. Bu 1896'da Zeeman olayının (sodyumun tayf çizgilerinin genişlemesi şeklinde) ve 1897'de de bunun ayrıntılı incelenmesiyle (kadmiyum tayfının üç bileşene ayrılması) ilk ipucunun keşfine götürdü. Zeeman Amsterdam'a geçtikten sonra ancak ikinci sınıf deney olanaklarına erişebiliyordu. Dolayısıyla keşfi büyük ölçüde başka araştırmacılar tarafından geliştirildi. (Başka şeylerin yanı sıra laboratuar hareketli bir yolun kenarındaydı ve trafik öylesine sarsıntılara sebep oluyordu ki sağlıklı bir tayf ölçümü çalışmaları için gereken duyarlı gereçler kullanılamaz hale geliyordu.) Ama 1902'de verilen Nobel Fizik Ödüllerinin ikincisini paylaştı (Zeeman olayını önsöyen Lorentz ile). Aynı zamanda birinci sınıf bir öğretmen olan Zeeman'ın diğer araştırmaları arasında ışık hızının yoğun ve de devinen ortamlarda ölçülmesi vardı.

1923'te Amsterdam Özgür Üniversitesinde (sonradan adı konulacak) yeni bir laboratuar kuruldu ve direktörü yapıldı; ama bu gelişkin olanaklardan yaralanması için çok geç olmuştu. 1935'te emekli oldu ve 9 Ekim 1943'te Amsterdam'da öldü.

**ZEKP//WIMP//** Zayıf etkileşen kütleli (ağır) parçacık. ZEKP'ler henüz saptanmadılar, ama kozmolojiye katkısı vardır; öyle ki (birçok kozmoloğun düşündüğü gibi) Evren yeterince ***karanlık madde*** içerip kütleçekimin günün birinde şimdiki genişlemeyi tersine çevirmesini sağlayıp her şeyi Büyük Çökmeyle birbirini çektirebilir. Evreni doğuran olarak bildiğimiz ***Büyük Patlama*** bugün anlaşıldığı şekilde maddenin çoğunun ***baryon***lar şeklinde olamayacağını söylüyor. ZEKP'ler baryonik maddeyle kütleçekimi, ya da doğrudan çarpışma (ZEKP ve bir atomun çekirdeği gibi) dışında etkileşmezler. Bu ad zayıf etkileşme olur demek değildir ya bunu parçacık fiziğinden çok kelime oyununa ilgi duyan bir kozmolog koymuştu.

ZEKP fikri bir kozmolojik spekülasyondan daha fazla bir şeydir, çünkü kozmoloji hesaplarına tam uyacak özellikleri olan parçacıklar büyük birleşik kuramlarla ve süpersimetriyle bağımsız olarak önsöyülmüştü; ZEKP'ler için en iyi adaylar ***aksiyon***lar ve ***EHSE***'dir.

**zincirleme tepkime//chain reaction//** Kendi kendisini sürdüren bir *çekirdek bölünmesi* tepkimesi; kimi kararsız atom çekirdeklerinin (uranyum 235 gibi), bölünmelerinden (fisyon) çıkan nötronların yakınlardaki diğer çekirdeklere çarpıp onların da bölünüp yeni nötron fırlatmalarına sebep olması. Kaçkın zincirleme tepkimelerde bölünen her atom en az diğer iki atomum bölünmesini tetikleyerek nükleer patlamaya götürür. Denetimli zincirleme tepkimede bölünebilen maddeye katılan denetleyen malzeme (moderatör) nötronların bir kısmını sorunsuz olarak soğurup ortalamada bölünen her atom yalnız bir tek bölünmeyi tetikler. Gene enerji salınır ama denetimli bir şekilde. Bu, şimdiye kadarki tüm nükleer güç santrallerinde kullanılan ilkedir.

Eğer her bölünme tamı tamına bir tane daha bölünmeyi tetikliyorsa zincirleme tepkimeye kritik denilir. Eğer her bölünme birden çok bölünme tetikliyorsa zincirleme tepkimeye kritik üstü denilir. Eğer her bölünme ortalamada bir taneden az bölünme tetikliyorsa tepkime kritik altıdır.

**zıtparalel (antiparalel) vektörler** Zıt yönleri gösteren oklar. Örneğin bir elektronun spini, ardalandaki bir manyetik alana kıyasla ancak iki yönde olabilir, yukarı ya da aşağı İki elektronun yönleri ters ise bunlara zıtparalel denilir. Bu da onların Pauli ilkesi uyarınca bir atomun özdeş kuantum "durum/yörünge"lerinde bulunmalarına izin verir.

**Zweig, George (1937– )** Rusya'da doğmuş ABD'li fizikçi; artık ***kuark*** olarak bilinen kavramın bağımsız iki yaratıcısından birisi.

Zweig 20 Mayıs 1937'de Moskova'da doğdu. Ebeveyni Polonya'da (o zamanki Avusturya-Macaristan İmparatorluğunun parçası) doğmuş olup Avusturya vatandaşıydılar. Zweig'in babası Viyana'da büyümüştü; o ve karısı Hitler 1933'te iktidara geldiğinde Almanya'da yaşıyorlardı, ama Yahudi olarak zora sokulmaktan korktukları için Rusya'ya göçmüşlerdi. George doğduğunda ona Rusya ya da Avusturya vatandaşlığı verme seçenekleri vardı. Avusturyalıların Yahudilere karşı tutumları yüzünden ikinciyi seçtiler, ancak Zweig şimdi sıkıntıyla "Ruslar da pek mükemmel değildiler ya" diyor. 1937'de Zweig'ın doğumundan kısa süre sonra ebeveynleri bebekle birlikte Viyana'ya döndüler; babasının ebeveynlerini, o sırada çıkacağı açıkça belli olan savaştan kaçmak için ikna etmeyi amaçlamışlardı. Yaşlı Zweig'ler reddettiler; ama 1938'de Nazilerin Avusturya'yı ilhakından (Anschluss) sonra George Zweig'in ebeveynleri, gelmekte olan savaştan gittikçe artan bir çaresizlikle kaçmak istemeye başladılar. Bunu, ancak bir süre önce

Polonya'dan ABD'ye giden dayısının, Senatör Vandenberg'i Senato'nun bir yasa önerisine ABD'ye sığınmacı olarak alınacak 50 kişilik bir listeyi eklettirecek denli hatırlı olabilmesiyle başarabildiler. Zweig ailesi listedeydiler ve İkinci Dünya Savaşı Avrupa'da başlamadan önce Hitler'in imparatorluğundan ABD'ye erişebilen son sığınmacılar oldular. Büyükbaba ve babaannesi ise Avusturya'da kalarak 1943'te Auschwitz'de (toplama kampı) öldüler.

Zweig 1942'de ailesiyle birlikte ABD vatandaşı oldu, ama bu Sovyetler Birliği'nce tanınmadı ve onu hep Sovyet vatandaşı olarak gördüğünden Zweig'ın o sıralardaki Demir Perdenin arkasına geçmesi sakıncalı olacaktı. Michigan Üniversitesinde okuduktan sonra (lisans 1959) Caltech'e gitti ve doktorasını 1963'te tamamladı. Önce deneysel fizik araştırmalarına başladı. Bevatron'da yüksek enerji deneylerinde çalışıyordu, ama anlamlı sonuçlar elde etmenin zorluğundan dolayı bıkkınlık gelerek kurama geçti. Yol göstereni Richard Feynman'dı. Zweig, Feynman "etkinliğini uyguladı" diyor, "hem işi üzerinden hem de görüşlerinin. Problemlerin çözümleri hiç değişmeden basit fikirler üzerineydi. Fiziksel içgörü hesaplama becerisiyle dengeleniyordu. Ve de yapılanın yayımlanması ise doğruluğu, önemi ve tamamen anlaşılmasından sonra oluyordu. Bu sıkı bir bilinçti, öğütlerini uygulardı."

Zweig, bıkkın bir deneyci olarak geçirdiği sürede zaman zaman yaptıklarını ***Murray Gell-Mann*** ile görüşüyordu; ona Feynman'dan kılavuzluk istemesini Gell-Mann önermişti. Ama 1962 güzünde, Zweig deneyden kurama geçerken Gell-Mann MIT'ye (konuk öğretim elemanı olarak) uzunca bir ziyaret için ayrılmıştı; ikisi, Zweig neredeyse iki yıl sonra CERN'den dönünceye dek hiç görüşüp yazışmadılar.



*George Zweig (1937-)*

Zweig doktora çalışmasını 1963'te bitirdikten sonra Cenevre'deki CERN'e gitti. Proton ve nötronun içlerindeki, "as"lar dediği üç baryon altı parçacık cinsinden betimlediği yapı modelini, orada geliştirdi. Aynı kavram aynı

sıralarda Gell-Mann tarafından da geliştirilmekteydi; ikisinin de diğerinin çalışmasından haberi yoktu. Bunlara "kuark" adını veren ve bu adın yerleşmesini sağlamayı başaran o oldu; oysa önerisi başta Zweig'ınkinden çok daha geçiciydi.

Bu çalışmaya, 50 yıldan uzun süre geçtikten sonra bakıldığında bu fikrin ne denli cüretli olduğunu takdir etmek zor. 1960'ların başlarında nükleonlar doğanın temel ve bölünemeyen yapıtaşları olarak sayılıyorlardı (en az atomların 1890'larda sayıldıkları gibi); as/kuark modelinin gerçekten şok edici yanı varsayılan baryonaltı parçacıkların her birinin elektrik yükünün kesirli, yani elektron yükünün büyüklüğünün 1/3'ü ya da 2/3'ü kadar olmak durumudur.

Bu fikrin o sıralarda ne kadar şok edici göründüğü Gell-Mann'ın fikri nasıl da aşırı tedbirli bir ifadeyle sunuşundan çıkarılabilir. 1964'te yayımlanmış makalede şöyle yazıyor:

Kuarkların, eğer kütleleri sonlu fiziksel parçacık olsalardı (sonsuz kütle limitinde olabilecekleri gibi sırf matematiksel nesneler yerine) nasıl davranacaklarını tahmin etmek eğlenceli olurdu ... yükleri -1/3 ve +2/3 ya da -2/3 ve +1/3 olan kararlı kuarkları ya da yükleri +1/3 ve + 4/3 olan kararlı di-kuarkları en yüksek enerjili hızlandırıcılarda aramak bizim gerçek kuarkların var olmadıklarından emin olmamıza yardım edecektir!

Bu sözlerden giderek hükmedilirse Gell-Mann'ın bile kuarkların gerçek olduklarına inanmıyordu. Bunları hesaplamaya yardımcı olacak matematiksel bir gereç olarak görüp deneycileri, kuarkların gerçek, fiziksel parçacıklar olmadığını kanıtlayarak kuramcıları rahatlatmaları için sıkıştırıyordu.

Zweig'ın, gençliğinden gelen özgüvenle böyle çekingenlikleri yoktu ve fikirleri CERN "önbasımı" olarak iki makaleyle yayıldı. Zweig'ın makaleleri, açıkça Feynman'dan kuvvetle etkilenmiş bir stille fikirlerini ortaya koymak için matematik kadar diyagramlarla geometrik görsel imgeler kullanıyordu. Aslarını temsil etmek için geometrik şekiller (üçgenler, çemberler ve kareler) kullanarak bunları çizgilerle (bunların artık ***gluon*** değiş tokuşuyla bir arada tutulduklarının sayılması gibi) bağlaştırıp bilinen parçacıklara karşılık gelmek üzere çiftler ve üçlüler yapmıştı. Bu güçlü imgelemle aslar/kuarkların nasıl birleştiği tıpkı küçük bir çocuğun üçgen bir bloğun üçgen bir deliğe nasıl uyduğunu görmesi kadar kolay görülebilir; ve de çok yazık ki bu fikir kuark modelinin öğretilmesinde hiç ele alınıp da kullanılmadı.

Ama Zweig çok geçmeden bir hata –bilimsel değil politik– yaptığını anladı. Makaleleri diğer fenbilimciler karşı oldukları için hiç formel olarak yayımlanmadı. Zweig, 1981'de şunu hatırlıyordu:

> Kuramsal fizik topluluğunun as modeline tepkisi pek iyimser değildi. CERN raporunun istediğim biçimde yayımlanması çok zorluk çıkardığından sonunda uğraşmayı bıraktım.. önde gelen bir üniversitenin fizik bölümü benim için bir görüşme düşünürken kıdemli kuramcıları, bütün kuramsal fiziğin en saygın sözcüsü bir birim toplantısında as modelinin bir "şarlatanın" işi olduğunu tutkuyla savlayarak görüşmeyi engellemişti.

Zweig, as/kuark modelini –ki artık parçacık fiziğinin baş tacıdır– önererek meslekteki geleceğini hırpalamış oldu.

Zweig Caltech'e 1964'te döndü ve 1967'de orada öğretim üyesi oldu. Daha sonra (1983'te) New Mexico'da Los Alamos Ulusal Laboratuarına geçti ama Caltech'le konuk ilişkisini sürdürdü. 1960'ların sonu ve 1970'lerin başında Zweig savunma projelerinde çalıştı ve yaptıklarının çoğu hâlâ gizli belgedir. Sonra nörobiyolojiye başladı ve kulağın sesi sinir sisteminin algılayabileceği bir şekle nasıl dönüştürdüğünü incelerken her türlü imden bilgi çıkartabilecek bir yol buldu. Bu da SigniScope denilen ve iç kulağın mekanik yanıtını ses taklidi yapan ve bunun müziği temsil edişinin ilk *Star Trek* (*Uzay Yolu*) filminin ses şeridinin bir kısmını yaratacak bir müzik sentezleyicisinin tasarımına götüren müziği nasıl temsil ettiğinin anlaşılmasına götürdü.

1985'te kurduğu Signition Inc., SigniScope'un konuşmanın yapısını ve bunun işitmeyle ilişkisini çözümleyerek, gelişkin bir sürümünü yaptı. Bu gerecin, çok çeşitli im ve görüntü türlerini çözümleyecek bir yazılım paketi olan üçüncü bir sürümü geliştirilmiştir.

Nobel komitesinin örtülü görüşmelerine sırdaş olmayan birisi için Zweig'ın, artık deneylerle iyice onanmış ve parçacık fiziğinin ***standart model***inin temel taşı olan verimli temel parçacıklar kuramının bir Nobel Ödülü ile damgalanmamış olması olabildiğince şaşırtıcı gelir. Belki de onun parçacık fiziğindeki son kelime olması onu teselli edebilir.

Ek okuma: Andrew Pickering, *Constructing Quarks*.

## Çevirmenin Notları

[1] Sosyal bilimlerdeyse "tutarlılığın."

[2] Bunlar Max Jammer'in *Conceptual Developement of Quantum Mechanics* (McGraw-Hill, 1966) adlı kitabıyla, A. Hellermans & B. Bunch, *The Timetables of Science*, Simon & Schuster, 1988 ve standart kuantum mekaniği/fiziği kitaplarıyla da uyumludur.

[3] Son yirmi yılda olanlardan gözümden kaçanlar dışında.

[4] Ben "*alem*" demek isterdim ama yayıncı "world" karşılığı ısrarla "dünya" kullanılmasını istiyor. Gezegenimiz kastedildiğinde ise ya "Dünya" (İngilizcede bunun karşılığı "Earth"tür") ya da "gezegenimiz" diyorum.

[5] *Süperiletken, süperakışkan* gibi *makro* nesneler için de!

[6] Bu ad, atomaltı nesnelerin kendilerini ve davranışlarını inceleyen ve evreni/kozmosu anlamanın temelini oluşturduğuna inanılan disiplinin genel adıdır; temel parçacık fiziği olarak da kullanılır

[7] *Gluon* terimi yerine Türkçe anlamını karşılayan "tutçu" önerilebilir.

[8] Bir söylenceye göre içinde Hz. İsa'nın son yemeğini yediğine ve/ya içinde kanının bulunduğuna inanılan ve Britanya'da, bir zamanlar efsanevi "Yuvarlak Masa Şövalyeleri"nin peşine düştükleri bir kap (Holy Grail).

[9] Özgün eserdeki "entity" kelimesini karşılamak üzere Türkçede karşılığı pek bulunmayan "şey"den daha belirgin, "nesne"den daha soyut olan "esne" sözcüğü önerilebilir.

[10] Ölçme hata ve kusurları olmasa bile (ki aslında bunlar bile klasik belirlenimciği yeterince zedeleyebilir!).

[11] Bu *belirsizlik*, "geçici korunmama"ya yol açarak iş görmektedir. *Bkz.* "R. Ö. Akyüz, *Kuantum Kuramı ve Belirlenimcilik*, TÜBİTAK Bilim-Teknik, Ekim 2000, s. 36" ve *American Journal of Physics* 56, 1988, s. 997.

[12] "Compact Disc"için Derli Disk denilebilir.

[13] Bence aslında "ablası;" çünkü, *mazer*ler daha önce ve "görünmeyen" *uzun* dalga boylu ışık için geliştirilmiş, *lazer*ler ise "görünen" ışık için sonradan yapılmıştır.

[14] Dahası, salınan foton onu uyartanla tam aynı titreşim evresinde (yani aynı fazda) olacaktır. Lazerin en önemli özelliği *bu* olgudur

[15] Daha doğrusu çekirdek.

[16] Uyartanın yanı sıra salınan her foton da uyartıcı gibi davranarak salımı gittikçe hızlandırır.

[17] "ti vi" değil "tE vE."

[18] Ve ancak hemen hemen bütünüyle rassal –önemli ölçüde kozmik ışınlar etkisiyle– olan bu sürecin, bizlerin laboratuarda "kurcalayarak" yaptıklarıyla pek benzerliğinin olmadığını iyice kavramak gerekir.

[19] Aslında ilk ciddi gelişmeyi sağlayan kişi Japonya'da 1943'te *Şin İtiro Tomonaga* olmuştu, ama savaş yüzünden Batıya iletilememişti.

[20] Daha doğrusu, asıl yaptığı, daha önce bilinen dört denklemin birisine çok önemli bir ek getirerek bunları *tamamlamaktı.*

[21] Enerji olarak.

[22] 19 Ekimdeki bu açıklama yalnızca buluşun dayandığı kara cisim ışıma bağıntısının deneye tam uyan "formülü"nün, kendi deyişiyle bir tür "şanslı interpolasyon"la elde edilmesiydi. *Kuantum*ların önerilmesi ise, bu başarının *temelini* elde etme çabaları sonucunda –aslında hiç de benimsemediği, *Boltzmann*'ın istatistiksel mekanik ilkelerini kullanmayı deneyince– vardıklarını aynı ortamda sunduğu 14 Aralık günü

gerçekleşti.

23 Kıta Avrupasında, Anglosakson ve ABD kültüründe *okul* (school, schule, vb) denildiğinde çoğu zaman yalnızca *üniversite öncesi* kastedilir.

24 Daha önce ***Jean Perrin*** ve Hantaro Nagaoka da benzeri modelleri önermiş, ancak net elektrik yükü taşıyan cisimlerin ivmeli devinimlerinde ışıma yapma zorunluluğundan dolayı kabul görmemişlerdi.

25 Bunu özel göreliliği dalgalara uyarlarken fark etmişti.

26 Işığın yüz yıldan fazla dalga fikrini parçacık fikriyle bastıran Isaac Newton, aslında ikisinin bir arada oluşu fikrini de ilk kullanandır. Adıyla anılan bir gözlemi (Newton halkaları) parçacık düşüncesiyle açıklayamayınca bir "kılavuz dalga" olduğunu ve bunun parçacıklara yol gösterdiğini ileri sürerek olguya matematiksel açıklama getirmişti. Bu ***Feynman***'ın 20. yüzyıldaki açıklamasına çok benzer.

27 De Broglie'ün, tezinde savunduğunu tam anlayamayan hocası P. Langevin, fikrini almak için tezi Einstein'a, o da klasik dalga uzmanı Schrödinger'e göndermişti.

28 Aslında Heisenberg matris cebirini yeniden keşfetmişti. Ancak bu arada birlikte ***Max Born***'un asistanlığını yaptıkları Pascual Jordan'la beraber ünlü matematikçi David Hilbert'e bu matrislerle ilgili sıkıntılarını sormaya gittiklerinde Hilbert onlara bu matris probleminin ardında bir diferansiyel denklem olabileceğini, onu aramalarının iyi olabileceğini söylemişti. İki genç hiçbir şey anlamayarak çıkarken, "bu adam bunamış galiba" demişler (bu olayı Heisenberg yıllar sonra değerli hocam Fikret Kortel'e kendisi anlatmış). Oysa denileni yapabilselerdi Schrödinger'in yaptığını daha önce bulabilirlerdi.

29 Schrödinger'in kendisi, bağımsız olarak da ABD'de Carl Eckart.

30 Sayıların bu, artık standart sayılan, sıfır kullanılarak ondalık basamaklarla gösterilişi Hindistan'da icat edilmiş, Araplarca öğrenilerek Batı dünyasına aktarılmıştı. Bunda ünlü ***El Harezmi***'nin payı çok büyüktür.

31 Ve de Heisenberg'in matris yönteminin pek yaygın olmamasından dolayıl Öyle ki kendisi bile hidrojen atomunu çözememiş, bunu ***Wolfgang Pauli*** becerebilmişti. Ancak modern kuramsal fizik yöntemleri artık Heisenberg'inkine benzer cebirsel kökenlere dayanıyor.

32 Tıpkı Arap tarzı denilen rakamlarla hesap yapmanın Romen rakamlarıyla yapmaktan daha kolay olması gibi.

33 Artık üç çeyrek.

34 Bu kavramı ilk öneren ***Max Born*** olmuştu.

35 Bu yöntemi temel alan basitleştirilmiş bir anlatım için: Richard Feynman, *Kuantum Elektrodinamiği, Işık ve Maddenin Tuhaf Kuramı*, *KEDİ*, çev. R. Ö. Akyüz, PAN, 3. basım, 2013

36 Feynman 1960'lı yılların başlarında üniversite ilk sınıf öğrencilerine vermiş olduğu derslerde ana hatlarıyla geleneksel yöntemi izlemiş ama yine de kuantum mekaniğini ciddi olarak işlemişti (*Feynman Fizik Dersleri*, Alfa-Bilim Yayınları).

37 Boris Podolsky ve Nathan Rosen.

38 Değerli uluslararası fizikçimiz Asım Barut (1926-1994) UNESCO ve IAEA'nın katkılarıyla kurulan bu merkezin İstanbul'da Hıdivin Köşkünde kurulması için çok uğraşmış ama devletten destek görememişti.

39 Aslında "karanlık maddenin bileşenlerinden oldukları" düşünülmektedir.

40 Eğer kütleçekimi alanı da (gravitonlar) ışık hızıyla gidiyorsa bu yaklaşık 8 dakika demektir.

41 Kuvvet olması için o noktaya etkilenecek bir öğenin gelmesi gerekir.

[42] Aslında altı yeter, çünkü şiddetler yön bileşenlerinin kareleri toplamlarının karekökü dür.

[43] Bunu yaparken *D*ünyanın birçok yerinde, aynı jeolojik döneme karşılık gelen aynı yapıda "toz" katmanını da gözlemişlerdi. Yorumları, bir göktaşının Yukatan-Meksika'da oluşturduğu kraterden yükselen tozların gökyüzünü kaplayarak çok uzun bir süre güneş ışınlarını engelleyip sonra da yeryüzüne çökerek yaşamı büyük çapta yok etmesine dayanıyordu.

[44] 18. Yüzyılda biri devlet memuru (École Normal Superiore) diğeri mühendis yetiştirmek için kurulan iki öğretim kurumundan birisi. 18. ve 19. Yüzyılın önemli fen adamlarının çoğu burada öğretim yapmışlardı.

[45] Klasik adı "aether" olan ama daha çok "ether" olarak yazılan bu kelime "th"nın Yunan alfabesindeki "θ" harfine karşılık, "Osmanlı Türkçesinde" "peltek s" olarak bilinen harfle Arapçaya girmiş olup dilimizde öteden beri "esîr" olarak bilinen bu kelime uzunca bir süredir yanıltıcı olarak "eter" olarak da adlandırılmakta.

[46] Aslında Einstein'ın özgün bağıntısı $m = E/c^2$ şeklinde olup bundan asıl kastettiği $Dm = DE/c^2$, yani enerji *değişiminin* kütle *değişimi* doğuracağını ifade etmekti.

[47] "Gözlem" gözlemek fiilinden türemiş bir kelime, bunu yeniden fiile dönüştürüp "gözlemlemek" demek, ne yazık ki "Osmanlıca" ağdalılığından kurtulamamanın bir belirtisi. "Yorumlamak" gibi benzerleri de var.

[48] "Güncel Çağlardan Önce-Before Common Era." Son yıllarda İngilizce literatürde böyle kullanılmakta.

[49] Bir de Latin şair Lucretius Carus'un *De Rerum Natura* adlı yapıtında. Bunun nefis bir çevirisi var: *Evrenin Yapısı* çevirenler, Tomris-Turgut Uyar, İyi Şeyler Yayıncılık.

[50] Bu Leh dilindeki adıdır, aynı dilde bir diğer söylenişiyse Miklas Koppernigk.

[51] ***Max Planck***'a kadar tama yakın bir değeri elde edilemedi. Planck kuantum varsayımını öne sürdüğü çalışmasının sonuçlarından tama yakın ilk değeri elde etti. Aslında Planck kuantum fikrini ortaya koyarken Avogadro sayısını da o gün için doğruya en yakın sayılabilecek ölçüde elde edebilmişti. Bu ayrıca elektron yükünün de doğruya çok yakın değerini ***Millikan***'dan yıllar önce elde etmesini de sağlamıştı.

[52] Yaklaşık 10 kat küçük.

[53] Bu arada, Planck bu fikirlere o denli karşıydı ki asistanı Zermelo'ya Boltzmann'ı küçümseyecek bir makale yazdırmıştı.

[54] Bir bakıma çekirdek parçalanmasının halk arasındaki adı. Bu süreç özel düzenekler gereksinir. Oysa "gerçek" atom parçalanması çok kolay olup, durgun elektriğin basit göstergesi olan plastik bir tarağın elektriklenmesi bunun kanıtıdır. Tarak yüzeyindeki atomların kimi elektronları sürtünme sonucu kopup saçınıza geçiyor (ya da tersi)!

[55] Bu Röntgen'in ilk bulgusuydu. Ardından katodun karşı tarafına yerleştirilen metal levhaların (antikatot) daha etkili oldukları anlaşıldı.

[56] Buna korpüskül de (cisimcik) denilir, tıpkı Newton'ın ışık parçacıklarına (?) verdiği ad gibi.

[57] Aslında Fransız Jean Perrin 1900 yılında atomlar için gezegenler gibi bir model önermişti, ancak eğri yörüngedeki, yani ivmeli elektronların ışıma yaparak enerji kaybetme zorunluluğu yüzünden kararlı olmayacakları görüldüğünden pek tutmadı. Satürn ve halkalarına benzer bir modeli de Japon Nagaoka önermişti.

[58] Belki de sütlaçtaki pirinçler?

[59] 1900'de Paul Villars.

[60] Özgün kitapta "Londra'daki St. Paul katedrali" denmekte. Umarım yanlış bir kıyaslama değildir.

[61] Aslında Rutherford'dan önce Perrin ve Nagaoka'nın önerdikleri böylesine bir yapı tam bu sebeple kabul görmemişti. Ancak ciddi bir deneysel bulguya sahip olan ve Rutherford'un klasik fiziğe dayanan matematiksel hesapla da uyumlu olduğunu göstermesi işin doğasını değiştirmişti.

[62] Yazar burada, çekirdeğin bağlanırken enerji yitirmesine karşın, bağlı nükleonların kütle kaybına uğramadıklarını söylemekte ancak yitik kütlenin kaynağına değinmemekte. Oysa yalın bir nötron beta bozunmasıyla enerji ve kütle yitirip kendisinden daha hafif olan ve bozunmayan protona dönüşürken, *kararlı* çekirdeklerdeki bağlı nötronlar beta bozunmasına uğramazlar. Bunun apaçık sebebi nötronun bağlanırken kütle yitirmesidir! Yani çekirdeğin toplam bağ enerjisi nükleonlarının yitirdikleri kütlelerden ileri gelir. Aslında doğadaki her türlü bağlı sistemde bağlanan öğeler kütle yitirir.

[63] Demir ve nikelden sonrakilere genelde "ağır çekirdek" denilir.

[64] Ancak hidrojen için oldukça belirgin olan bu düzeni 1854'te İsveçli ***Johannes Rydberg*** ve 1871'de İngilterede ***George Johnston Stoney*** de bulmuşlar ama ilgi görmemişlerdi.

[65] 1794'te kurulan ünlü Fransız fen ve mühendislik yüksek okulu.

[66] Bu olgu bir bilim insanının merak dürtüsünden başka bir şey değildir. Fosforluğun olmadığını bildiği halde içinden gelen sezgisel bir "acaba başka bir şey de var mı?" sorusuna işaret etmekte.

[67] Bu belirsizliklerin yarattığı"geçici korunmama" durumu temel etkileşmeler için çok önemlidir. (Bkz. R.Ö. Akyüz, *Amer. Jour. Phys.* 56 (1988) 997. "Tünelleme" denilen olayın temelinde olan da budur.

[68] Örneğin yuvarlanan bir bilye için yer belirsizliği $10^{-33}$ metre mertebesindedir.

[69] İngiltere'in ilk nükleer araştırma merkezlerinden olup şimdi daha geniş bir araştırma merkezi olarak yaygın bir işlev görmektedir.

[70] Savaştan sonra New York'taki Long Island'ın kuzey ucundaki Block Island'da yapılan ilk fizik toplantısında Willis Lamb bu bulgusunu açıklamış, Bethe trenle dönüş yolculuğunda "bir zarf"ın arkasına çabuk bir hesaplama yaparak ilk olumlu sonucu bulmuştu.

[71] Bunun ilk örneğini 1942 yılında Japonya'da *Şin İtiro Tomonaga* yapmış, ancak savaş dolayısıyla kimseye iletememişti.

[72] Gamow, Alpher'in adını "alfa-beta-gama" gibi olsun diye eklemişti.

[73] Böyle bir kuram, en azından evrenin varoluşunu, yapısını tam ve tutarlı olarak betimlediği gibi işin içine giren doğa sabitlerinin ve başlangıç koşullarının da değerlerini deneylere gerek olmadan verebilmelidir.

[74] Yüzyılın başlarında Hantaro Nagaoka ve de Jean Perrin'in böylesi modellerinin kabul görmeme sebebi budur.

[75] "Oğe" okunur.

[76] Aynı yerleşimde bulunan bu iki enstitü birbirlerinden pek ayırt edilmezler.

[77] Aslında, Britanya Milletler Topluluğunda kullanılan "reader" denilen Kıta Avrupasında ve ülkemizde profesör unvanına denk bir unvan.

[78] Niels ve kardeşi ayrıca önde gelen futbolcularda. Niels 1908 Olimpiyatlarına katılmıştı.

[79] Heisenberg'e "Bu sonuçlar Breslau'da aldığım bir matematik dersinde öğrendiğim matrislerin davranışına benziyor" demişti.

[80] İskoç fizikçi ve matematikçi, fizikte enerji, matematikte de düğüm ve grafik kuramlarıyla tanınır.

[81] Bizde daha çok "Boyle-Mariotte" yasası olarak bilinen bu yasayı Fransız Edme Mariotte'un da 14 yıl sonra Boyle'dan bağımsız olarak keşfettiği söyleniyor.

[82] Kuşkulu Kimyacı.

[83] Bunu ilk öne süren, Aristoteles'ten 80 yıl kadar önce Akregaslı Empedokles olmuştu.

[84] Bu süreler, ***belirsizlik ilkesi*** çerçevesinde nesnelerin fazla enerjisiyle ters orantılıdır.

[85] *Trinity*, Hıristiyanlıkta "Baba (Tanrı)-Oğul (İsa)-Kutsal Ruh"üçlüsününü birliğini belirten ve İslam dünyasında "Teslis-üçlü" diye bilinen bir olgunun adıdır.

[86] Daha çok toz kristallerde.

[87] Ama ne yazık ki asıl uygulamayı yapan Rosalind Franklin ödüllendirilmedi.

[88] Para ve diamanyetizma üzerine çalışmalarıyla tanınmış, barış ve insan hakları savunucusu Fransız fizikçi.

[89] Kimi yazarlar Einstein'ın tezi, dalgalar üzerinde uzman olan Schrödinger'e özellikle gönderdiğini söylüyor.

[90] Aslında de Broglie'ün "sürme" yorumu Richard Feynman'ın "parçacıklar gerçektir, dalga fonksiyonu bunlerın uzayzamanda gidebileceği yolların olasılıklarını belirler" yorumuna benziyor (bkz. *KEDİ*, Pan Yayınları, 3. Basım 2013).

[91] Bu ad, olayın tartışıldığı bir toplantıda, evrenin zamanda başı sonu olmadığın savunan Fred Hoyle tarafından "dalgasına" söylenen "yani *big bang* mi (büyük gümbürtü) oldu?" sözleri üzerine yerleşti.

[92] O sıralarda İtalyan birliği henüz gerçekleşmemişti.

[93] Tam çember 400 grad.

[94] Ernest Lawrence'in siklotronu ve van de Graaf'ın kendi adıyla anılan aygıtı 1929 yılında tasarlanıp 1930'da çalıştırılmıştır.

[95] Böyle bir durumla dalgalar için kırınım olayıyla karşılaşıldığında değişme gelen dalga boyuna bağlı olur (Albert Messiah, *Quantum Mechanics*).

[96] Aslında fotonda frekansını değiştirecek bir düzenek bulunmadığı için olduğu gibi soğurulup düşük enerjili *yeni* bir foton yaratılması gerekir. Elektronun ise bunu sağlayacak bir iç yapısı yok; bunların her ikisi de enerji-momentum korunumuna aykırıdır. Ancak kuantum mekaniğinini belirsizlik ilkesi araya girerek karşıt olan iki korunmamanın birbirlerini götürerek korunumun gerçekleşmesini sağlar (bkz. R.Ö.Akyüz, *A.J.P.* 56, 1988, 997).

[97] "Çok küçük" oluş aradaki "ortalama" uzaklıkla ilgili olup, ideal yasa bunları "noktasal" olarak almayı gerektirir. Ancak, yük dağılımında yalnız küre merkezinden uzaklığa göre düzgün olan cisimler için kesin olarak merkezler arasındaki uzaklık alınır. (Newton, kendi kütleçekim yasasını benzer durumu matematiksel olarak kanıtlayıncaya dek yayımlamamıştı.)

[98] Bu olguyu Richard Feynman "Feynman Lectures of Physics" ve "Character of Physical Law" adlı kitaplarında espirili bir şekilde anlatmakta.

[99] İkisi aynı şeydir demek daha doğru.

[100] İngilizcesi "flavour" olan bu terimin Türkçesini değerli kuram fizikçimiz Feza Gürsey önermişti.

[101] Yani alemin!

[102] Bu bir biyoloji terimi olup, "pairing-çiftlenme" karşılığı yanlıştır!

[103] http://www.feynmanlectures.caltech.edu/ Türkçeleri çeviren Zekeriya Aydın, *Feynman Fizik Dersleri*, Alfa Bilim Dizisi.

[104] Bu model ***Bohr modeli***yle aynı sonuçları veriyor.

[105] Yazarın bu ifadesi pek açık değil. Schrödinger ilk denemesini göreli mekanikten giderek elde ettiği dalga denklemiyle yapmış, ancak hidrojen atomu için sonuçların

daha önce ***Sommerfeld***'in Bohr modelini göreliliğe uygun genişleterek elde ettiği ve o sıralardaki en duyarlı tayf gözlemi deneylerindeki ince yapıyla tam uyuşan hesabına tam uymadığını görünce bu kez başa dönüp Newtoncı mekaniğe dayanan dalga denklemini kurarak basit ***Bohr modeli***ne ve bunun dayandığı ***Balmer serisi***ne tam uyan bir sonuç bulmuştu. Yıllar sonra Schrödinger'in ilk denkleminin sıfır spinli parçacıklar için geçerli olduğu anlaşılacaktı (bkz. ***Yukawa***).

[106] Aslında atomun (hidrojen) bu yöntemle çözümünü ilk becerebilen aylar sonra Pauli olmuştu; Heisenberg kendi modeliyle ancak çok daha basit olan harmonik salınıcı problemini çözmüştü; bunun ise mikroskobik ölçekte gerçek bir karşılığı pek bulunmaz.

[107] Terim olarak evrenselleşmiş olan bu kelime İngilizcede kendi ekseni çevresinde dönmek, bir topaç gibi *dönmek* anlamına gelir.

[108] Ancak Feynman'ın bu hususta betimi çok rahatlatıcı: her şey parçacık olup ilgili dalgalar bunların yer ve yollarına ilişkin olasılık fonksiyonlarıdır.

[109] Tüm inançlılarının rahipliğine inanılan bir Hıristiyanlık mezhebi.

[110] British Association for Advancement of Science, sonraları British Science Association.

[111] Vakumda tutulan nikelle yaptıkları deney sırasında cam muhafaza kırılarak nikelin yüzeyi oksitleniyor, bunu gidermek için ısıttıklarında metalin yüzeyinde NiO mikrokristalleri oluşarak elektronlar tıpkı X ışınları gibi bunlarda kırınıma uğruyordu. Sonraları niye nikel kullanıldığı sorulduğunda Davisson, "burası telefon şirketi, genel telefonlar da nikel dediğimiz 5 sentle çalışıyor " diye takılmıştı.

[112] Bu lamba yıllar önce ilk ve ortaokul fen derslerimizde öğretilirdi.

[113] Kont Rumford'un (William Thomson) kurduğu bu enstitünün ilk başkanı oldu.

[114] O dönemlerde böylesi merkezlerde fenbilimciler halka açık konferanslar verir, gösteri deneyleri sunarlardı. Bugün için anlaması zor ama bunlara ücret ödenerek gidilirdi.

[115] Debye, Einstein'ın katıların özgül ısılarının mutlak sıfırda sıfıra gittiğini yaklaşık olarak gösteren kuantum kuramının tam çözümünü elde etmişti. (Yıllar önce çok yerinde olarak konulan bu ad 1960'larda bir şekilde *yanlış olarak* "özısı"ya dönüştü, tıpkı "yoğunluk/özgül kütle"nin "özkütle"ye dönüşmesi gibi!)

[116] Bunu öne süren ***Murray Gell-Mann*** olmuştu.

[117] Bu terim Latince hareket-devingi anlamındaki "movimentum" kelimesinden türetilmiştir. Newton'ın ünlü *Principia* adlı kitabının İngilizcesinde "hareket miktarı" denilmekteydi.

[118] ***Isaac Newton***'ın ve kendisinden sonra ***Stephen Hawking***'in de başkanlığını yaptığı kürsü.

[119] Ancak bu yapı modern sicim kuramının temeli olmayıp bir ucunda elektrik yükü diğerinde de elektrik yükünün 137 (***ince yapı sabiti***nin tersi) katı büyüklüğünde "manyetik yük" bulunan ve böylece parçacıkların spinlerini ve manyetik momentlerini açıklamayı amaçlayan bir modeldi.

[120] Aslında Kepler'in 3. yasası ve Huygens'in "merkezcil kuvvet" bağıntısını birleştiren Hooke bu yapıyı bulmuştu; Newton'ın çarpıcı katkısı her iki cismin de kütlelerini aynı biçimde içererek simetrili olduğunu ortaya koyması ve ters kare kuvvetinin eliptik yörüngeleri doğurduğunu matematiksel (geometriyle) olarak göstermesidir.

[121] Yazarın bu görüşü biraz tartışmalıdır. Ayar kuramlarında gluonlar kütlesiz parçacıklardır.

[122] Aslında parabol gibi olanlar çok basık ve uzun elipsler olup, Halley gibi çok uzun süreli periyodlarla geri gelirler.

[123] Joint Institute for Nuclear Research.

[124] İlk uyarıcı makale *American Journal of Physics*'de 1968 yılında yayımlanmış olduğu halde 1989 yılında tanınmış Rus fizikçi Lev Okun *Physics Today*'deki (Haziran 1989; Türkçesi, R.Ö. Akyüz, TÜBİTAK *Bilim ve Teknik*, Ocak 1998) "Concept of Mass-Kütle kavramı" makalesiyle hatırlatıncaya kadar hemen her ders kitabında ve kimi araştırma yazısında "hızla değişen kütle" çok yaygın ve doğruluğuna inanılan bir kavramdı. Bu kavramın yanlışlığını en iyi açıklayanlar ise C.G. Adler (AJP, 55(8)1987; "Does mass really depend on velocity, dad?" "No! Well yes... Actually no but don't tell your teacher!"-"Kütle gerçekten hıza bağlı mı baba?" "Hayır? Eh evet... Aslında hayır ama öğretmenine söyleme!") ile J. W. Rohlf'un "Modern Physics, John Wiley 1994" kitabıdır. Okun'un makalesinden sonra ciddi ders kitapları zaman içinde bu kavramı terk ettiler. Bu yanlış kavram görünüşe göre momentumun özel göreliliğe uygun ifadesini alışılmış basit biçime indirgemek amacıyla doğmuş, sonra da "galat-ı meşhur" olmuştu.

[125] Hıristiyanlıkta din adamlarını ve kilise hiyerarşisini redden bir mezhep.

[126] Aslında kuantum kuramından klasik fiziğe geçişi, Schrödinger denkleminin bir tür ortalamasını alıp Newton'ın 2. yasasını elde ederek göstermesi (Ehrenfest teoremi) çok ilginç ve önemli bir katkıdır.

[127] Aslında makalelerin yayımlanma sırası tam tersiydi; üstelik "ünlü" $m = E/c^2$ bağıntısını bulduğu bir dördüncüsü de olmuştu.

[128] Aslında bunu yirmi yıl kadar öncesinde Hans Christian Örsted bulmuştu. Değişen manyetizmanın elektrik doğurmasını da Faraday'dan bir yıl önce Joseph Henry ABD'de bulduğu halde Faraday bulduğunda bu Avrupa'da henüz duyulmamış olduğundan bu olgu Faraday yasası olarak bilinmekte.

[129] Aslında bu 45o açıyla salınan tek bir dalga olacağından pek geçerli bir analoji sağlamasa da hayal gücünüzü kullanabilirsiniz.

[130] 1 J, 1 newton'luk (N) kuvvetin 1 metrelik yolda yaptığı işte tükettiği enerjidir. (1 kg kütleli bir cismin ağırlığı, yani üzerindeki kütleçekim kuvveti 9,8 N kadardır.)

[131] Bu, Einstein'ın vurguladığı $\Delta E = \Delta m\, c^2$ bağıntısıyla özetleniyor.

[132] Bu arada şunu da eklemek isterim ki uzun süredir genel kamuda yaygınlaşmış olan "pozitif enerji" ve "negatif enerji" deyişleri TERS kullanılmakta: çünkü fizikte pozitif enerji, etkilerin İTİCİ, negatif enerji ise ÇEKİCİ olduklarını gösterir.

[133] $\Delta m = \Delta E / c^2$

[134] Aslında tam esnek çarpışmaya en iyi örnek iki atomun, içlerinde herhangi bir uyarılmaya yetmeyecek kadar kinetik enerjiyle çarpışmasıdır.

[135] Daha doğrusu, su da en küçük eylem yolunu izler.

[136] Genel görelilik kuramı çerçevesinde ikisinin aynı şey olduğu söylenebilir.

[137] Bu terimin kökeni, ilk fizik yasası diyebileceğimiz kaldıraç yasasındaki "kuvvet çarpı kuvvet kolu" deyişi olup kaldıracın yüke verdiği "devinme"nin Latincesi olam "movimentum" kelimesinden türemiştir (yani "zaman"la bir ilişikisi olmayıp "momentum/devinge" de bundan türetilmiştir. 20. yüzyılın ikinci çeyreğinde 19. yüzyıl Fransız fizik ders kitaplarını çeviren tanınmış hocalarımız "moment de force"u "kuvvetin anı" diye çevirmişler).

[138] 360 derecelik bir tam devir $2\pi$ radyan olup, açısal hız birimi radyan/saniyedir.

[139] Böyle bir ortamın varlığını ilk öne süren ve adını koyan "doğanın boşluktan nefret ettiği"ni savlayan Aristoteles'ti.

[140] Çünkü Newton'ın ileri sürdüğü parçacık varsayımı onun büyük saygınlığından dolayı ışığın *daha yoğun ortamda daha hızlı* olmasını gerektiriyordu.

[141] İtalya'da özellikle o yıllarda dört yıllık üniversite öğrenimi sonunda "dottore" yani doktor (PhD) unvanı verilirdi; bu kelimenin kökeni "docero-öğretim"dir. Aslında bizim "lisans" derecemizin adı, Fransa'da dört yıllık "bakalorya" derecesinin ardından ek pedagoji eğitimiyle verilen öğretmenlik "lisansı"ndan gelmektedir.

[142] Birçok tanınmış fenbilimcinin de yetiştiği, NY'taki Bronx FEN Lisesi.

[143] Mekiğin yapımında kullanılan contaların bir örneğini bir kâğıt bardaktaki buzlu suya daldırarak büzülüp kırılgan oluşunu göstermesi sonucu olay aydınlatmıştı.

[144] Paris'in en ünlü anıt yapılarından birisi. Anılan düzenek *Foucault Sarkacı* olarak bilinir ve Umberto Eco'nun aynı adlı ünlü romanının konusu yukarıda anılan kubbenin altında işlenen bir cinayettir. Yıllar önce lise son sınıfta (1958-59) okuduğumuz astronomi dersinde bu olayın matematiğini öğrenmiştik!

[145] Bir yakınsak merceğin odağındaki ışık kaynağı merceğin diğer tarafında paralel ışınlar, yani düzlem dalgalar oluşturur.

[146] Daha önce William Hyde Wollaston gözlemiş, ancak bir anlam ve işlev verememişti.

[147] Bu gibi üretim sırları babadan oğula aktarılırdı ama oğlu olmayan usta işini beğendiği Josef'i oğlu gibi bilmişti.

[148] Henüz ağırlık ve kütle arasındaki fark tam belirmemişti.

[149] Böyle bir deneyi yaptığı bilinen ilk kimse Simon Stevinus (158x) olmuştu, bunu gösteren bir gravür bile var.

[150] Modern ölçüler 2,73 K dolayında. Tünelleme, Büyük Patlama ve genetik kod gibi önemli edimleri olan Gamow'a niçin Nobel Ödülü verilmediğini anlayabilmiş değilim.

[151] Deney devinimin bağıllığından çok, taşın yukarıda edinmiş olduğu ileri doğru momentumu aşağıya kadar koruduğunun bir göstergesidir.

[152] Bu sonuç seren yeterince uzun olmadığı için "doğru." "Çok" uzun olan bir serenin ucunun *D*ünya'nın yuvarlaklığından dolayı, dibine göre ileri doğru daha büyük çigisel hızı olacağından taş dibe vardığında hatta biraz ileride bile olacaktır.

[153] Öğretmen bir süre dinlenmek (?) için ilkokul öğrencilerine 1'den 100'e sayıların toplamını bulmalarını söylemişti, ancak Gauss kısa sürede sayıların dizisini ikiye katlayarak 1-50 ile 100-51 sıralarının çift çift toplamlarının hep 101 ettiğini görmüş ve bunu 50 ile çarparak 5050 olan sonucu kestirmeden bulmuştu. Deneyin!

[154] Daha doğrusu bu kullanımda "doğal beklentiyle" uyumsuz; çünkü ima edilen *SI* birim sistemi başka "doğal beklentilere" göre ayarlanmış.

[155] Bu deyişin Budizm'den kaynaklandığı söylenmektedir.

[156] Aslında bu temel, ilgili deney ve açıklamanın ardından ilk kez Wolfgang Pauli tarafından dışarlama ilkesi (ya da Pauli ilkesi) olarak ileri sürülmüştü.

[157] Hatta bir söylentiye göre, tabaka modelinin başarısı için çok önemli bir ipucunu, bir baloda dans ettiği Fermi vermişti.

[158] Herhalde kütleçekimi ÇOK zayıf olduğu için.

[159] İngilizce fizik kitaplarında, dillerinde aynı anlamdaki iki kelimeden Latince kökenli "velocity" daha "havalı" görülerek "vektörel hız," Saksonca kökenli "speed" ise basit görülüp yalnızca "hızın büyüklüğü" karşılığı kullanılmakta. Gerek başka vektörel büyüklüklerde, gerekse başka dillerde karşılaşılmayan bu durum bir süredir özentiyle ülkemizde de kullanılmakta ancak İngilizcedekinin tersine "havalı," Arapça kökenli "sürat" büyüklük, özgün ve yaygın "hız" kelimesi ise vektör niteliğini taşımakta. Ben elli yıl önceki gibi hız ve hız vektörü demeyi yeğliyorum.

[160] "Ateş olsa –cürmü değil– cirmi kadar ..." Cirm/cirim, "extension"un tam karşılığı olup kaplam/kapsam gibi bir anlam taşır.

[161] İşin en ilginç yanı şu ki Einstein 1912'de ışığın sapması için Newtoncı değeri hesaplamış, bunu sınamak için 1914'teki güneş tutulmasında Rusya içlerine giden bir Alman ekip, I. Dünya Savaşının çıkması üzerine esir alındığından ölçme yapılamamıştı. Daha sonra Einstein 1915'teki hesaplarında bir hata bulup düzeltince "doğru" değeri elde etmişti. 1919'da savaşın bitiminden sonra Eddington'un öneri ve örgütlemesiyle yapılan ölçümlerden bu sonucun çıkması Einstein'ı çok kısa zamanda bütün *D*ünya'da ünlendirdi.

[162] Bir düello sonucu öldüğünde 20 yaşını yeni doldurmuştu. Birkaç yıl önce polinomların köklerinin özellikleriyle ilgili yazdıkları, kuramın temelleri arasında gösterilir.

[163] Yazar burada yanlışlıkla, Hahn'ın baryumla bombardıman ettiğini söylüyor; oysa baryum bölünme ürünlerinden olup Hahn'ın bunu kimyasal olarak saptanması olayın ilk kanıtı olmuştu.

[164] En genel uygulamalarda bu fonksiyon enerjiden daha soyut bir anlam taşır.

[165] Yıllardır çekmekte olduğu ciddi bir kas hastalığı (ALS) yüzünden zamanla yalnızca gözlerinin hareketiyle iletişim kurabilecek hale gelmişti.

[166] Born, Heisenberg'in matris cebirini bir şekilde bilmeden fiziğe soktuğunu anlamıştı.

[167] İlginçtir, bu "pilot dalga" fikrini ilk öneren kendi adıyla anılan ışık girişimi olgusunu açıklamak için ışığın parçacıklar olduğuna inanan Isaac Newton olmuştu.

[168] Kitap yayımlandığında henüz bulunmamış olan ve de Yazarın "Henüz varsayılan" dediği üstelik "Tanrı parçacığı" olarak adlandırılan bu parçacık 4 Temmuz 2012'de CERN'de kendisini gösterdi.

[169] Önemli başarılarından birisi de merkezcil/merkezkaç kuvvetin fiziksel yapısını bulmasıdır; bunun Kepler'in üçüncü yasasıyla birleştirilmesi Güneş ile gezegenler arasındaki kuvvetin uzaklığın karesiyle ters orantılı olduğunu göstermesidir.

[170] İlginçtir, Newton parçacık kuramıyla baş edemediği bir girişim olayını (Newton halkaları) tam da böyle bir düşünceyle çözmüştü.

[171] "charge coupled device:" yükle bağlaşık gereç, görüntüyü elektronik imlere dönüştüren yarıiletken kırmıklardan (çiplerden) oluşan gereç.

[172] Bu amaçla kullanılması gerekli olan saniyenin tanımı için ise sezyum atomunun saldığı belli bir ışığın dalga boyu kullanılır.

[173] Bunu ilk ortaya çıkaran, Bohr modeline göreliliği uygulayarak ince yapı olması gereğini gösteren Sommerfeld olmuştu.

[174] Aslında çok daha önce *Isaac Newton* ve *Daniel Bernoulli* benzer bir düşünceyle bir gazın basıncını açıklayabilmişlerdi.

[175] Bu oğulları olmayan Pierre ve Marie Curie'ye çok anlamlı bir saygı örneğiydi.

[176] O dönemde Fransa'da yükseköğrenimin ilk aşaması sonunda "bakalorya" dercesi verilir; "lisans" adı ise bir yandan öğretmenlik öğrenimi yapanlara verilen "licence pedagogige"in kısaltmasıydı. Biz lisans adını kopyalarken yalnış olarak genelleme yapıp öğretmenliği dışında bırakmışız!

[177] Bkz. Nigel Calder, *The Key to the Universe* BBC.

[178] 1847'de bunun ilk farkına varan John William Draper, tüm metallerin (ve de bu sıcaklıkta tutuşmayan cisimlerin) 525o C sıcaklıkta bu renge bürünerek artık ayırt edilemediklerini ortaya koymuştu.

[179] Dalga boyunun 4. kuvvetiyle ters orantılı olarak artan!

[180] Aslında bu yönteme çok karşıydı! Ancak çabaları sırasında *Wien*'in yüksek fre-

kansa, *Rayleigh-Jeans*'ın alçak frekansa uyan matematiksel yapılarına kendi termodinamik yöntemlerini uygularken ikisinin "ortalaması" denilebilecek bir işlem yapınca deneylere çok uyan bir sonuç buldu. Bunun temelini araştırırken, arada elde ettiği bir bağıntının *Boltzmann*'ın olasılık temelli bağıntılarına (büyük olasılıkla faktoriyellerin Stirling yaklaşıklığına) benzediğini görünce bu bağıntılarda söz konusu "tamsayı"ları, ancak toplam enerjinin böyle kuantumların tam katları olduğuna sığınarak elde edilebileceğini gördü.

[181] Buna Planck, fiziksel boyutundan dolayı "eylem kuantumu" demişti ama artık "Planck sabiti" olarak bilinmektedir.

[182] Bu sırada *Avogadro sayısı*nın da ilk kez doğruya yakın bir değerini bulmuş, Faraday'ın elektroliz sabitini de kullanıp bundan yararlanarak elektron yükünün değerini de hesaplayabilmişti. *h*'nın değeri daha sonra değişik deneylerle de elde edildi.

[183] Atarca-pulsar, dönen nötron yıldızları, iç yapılarından dolayı bir dil gibi uzaya ışıdıkları X ışınlarının, dönme periyoduna uyarak uzayı bir deniz feneri gibi tararlarken, dünyadan sanki atmalar gibi görünmesi sebebiyle nötron yıldızı oldukları daha anlaşılmadan verilen ad.

[184] Özgün kitapta paragrafın başında solucan deliği adı minik kara delikler için kullanılmış.

[185] BBC'nin tanınmış bilim programı yapımcısı Nigel Calder biraz da şaka yollu "gypsy-cipsi (çingene)" diyor.

[186] Bu elektronik devrimi ABD'den başlayana dek ilgili elemente Fransızca adından gelme "silisyum" denilirdi, silikon ise SiO2'nin adıydı!

[187] Bu kavramı korunum cinsinden ilk düşünen 1596'da Simon Stevinus olmuştu. Daha sonra 1509'da Johannes Kepler buna değinmiş, 1714'te Gabriel Daniel Fahrenheit korunumu yeniden belirtmiş, Jean d'Alembert kavramın önemini vurgulamış, 1748'de Mikhail Vasilyeviç Lomonosov korunum yasasını ortaya koymuş, 1807'de Thomas Young Christopher Wren'in *vis viva* (Dilimize zinde kuvvet diye geçmişti) dediği niceliğin yarısına *enerji* adını vermiş, 1829'da Gustav Gaspard Coriolis ise buna *kinetik enerji* demiş, 1853'te William John Rankine *potansiyel enerji* kavramını getirmiştir.

[188] Yani Tanrı aslında zar tutuyor, çünkü mikro dünyanın yapısındaki birçok kesin olgu da bunlara dayanıyor!

[189] Belki buna simetri bozulması demek gerekebilir, ama birçok durumda sistemin genel simetrisi daha özel ve farklı simetrilere iner yani kırılır; bozulma ise hiç simetrinin kalmamasıdır.

[190] Genel kullanımın tersine "kirŞof" değil "kirKHof" okunur!

[191] *q*uantum'dan.

[192] Çünkü neredeyse 200 yıldır kullanılmakta *olan diferansiyel denklemleri* kullanıyordu, oysa matrisler üniversitelerde sıradan bir fizik öğrencisinin öğrenmesi beklenmeyen matematik konularındandı.

[193] İngilizce özgün adı olan "*Q*uantum *E*lectro*d*ynamics"in kısaltması olan QED Avrupa kültüründe "bir problemin çözümünde, artık bundan ötesi çok basittir" gibisine, Latince "quod erat demonstrandum" deyişini yansıtarak kullanılan bir ibare olup, buradaki kullanımı kuramın ciddi matematiksel karmaşıklığına karşılık bir bakıma istihza amacıyla olmuştur; bunun Türkçede böylesine bir karşılığını veremiyorum.

[194] En prestijli fizik dergilerinden birisi.

[195] Yani özel görelilikteki Lorentz dönüşümü altında yapı değiştirmemesi.

[196] Bunlara ilişkin son değerler iki hane gelişmeleriyle 1,00115965218041 (son hanede

± 2,6) ve 1,00115965218178 (son iki hanede ±77).

197 Bu tekniklerden en önde gelenlerden birisini Oktay Sinanoğlu geliştirmiştir.

198 ***John Wheeler***, kütle ve enerji "özdeşliği"nden dolayı bunların ikisine birden "massergy" (kütlenerji) demekte (bkz. J. A. Wheeler, ...)

199 Genelde kulalnılan "sanal"ın asıl karşılığı "imaginary" olup, "virtual," bir tür "nitelik" anlamına gelen "virtue" kelimesinden türetilmiş ve dolayısıyla "sanal" çok yerinde değildir.

200 Aslında özdeşliği denmesi gerekir.

201 Ancak, spindeki kullanım manyetik alana göre yönelme belirtirken kuarklardaki kullanımlar sırf ad niyetinedir.

202 "Globe" küre, top anlamında bir kelime; global, bunu yerküre anlamından giderek biraz derinleştirip kullanılan bir terim. Bunu dilimizde sırf küresel olarak kullanmak yetersiz geliyor, "toptan" deyişini ticaretteki anlamından giderek derinleştirmek istedim.

203 Bu renklerin seçimi bu bakımdan çok anlamlı çünkü renk kuramına göre bu üç renk ışığın karışımı beyaz vermekte, dolayısıyla herhangi ikisinin toplamı üçüncünün tamamlayıcısı ya da "zıddı" oluyor.

204 Zamanın kuantumlanması henüz gerekli görülmedi; uzunluk ise kristal gibi sistemlerde söz konusu olabiliyor.

205 Ancak fotonlarda birimler frekans değerine de bağlıdır, bu değişik para birimlerinin "cent, centime" gibi en küçük parçasına benzetilebilir.

206 2010'larda gözlendi.

207 Aslında Bohr'un buradaki argümanı Einstein'ın genel görelilik kuramının sonuçlarını içermekte olup, Einstein bundan sonra bu hususta hiç fikir yürütmemiştir. (R. W. Clark, *Einstein, Life and Times*, Harry N. Adams Inc., NY 1984, s.217-218.).

208 Özgün kitapta "durgun kütle" denmekte.

209 2013'te LIGO deneyi sonucu Dünya'da da gözlenmiştir.

210 Aslında "laBda" denmeliydi. Yunan alfabesinde "b" sesi yok, b harfinin sesi "vita" olup "b" sesi için "mb" yazılır. Yıllar öncesindeki "rebetiko/rembetiko" konusunu hatırlayın.

211 Devlet adına bir ücret karşılığı vergi toplama.

212 *Varlığın Yapısı*, çev: İsmet Zeki Eyüpoğlu, Cumhuriyet Kitap.

213 Bu kurum 18. yüzyılda Fransa'da kurulan çok önemli iki yüksekokuldan birisi olup sivil ve askeri mühendis ve fenbilimci yetiştirmeyi amaçlıyordu. Hocaları arasında dönemin *Lagrange* gibi ünlü matematikçileri, öğrencileri arasında da Napoléon Bonaparte vardı (diğeri olan Ecole Normale Superiore devlet işleri için yönetici yetiştirmeyi amaçlıyordu).

214 Tıpkı ***Newton***'ın özel bir mercekten-düz cam sistemine geçen ışığın oluşturduğu deseni parçacıkların "kılavuz" dalgaları kavramıyla açıklamasının modern kuantum kuramının ***Feynman***'ın yol integrali biçimine benzemesi gibi söz konusu yönemlimler de fotonların ***spin***leri gibidir.

215 Bu deyiş çok abartılı olup "saçmalık" *bu* tanımın yapısında var. ***SI*** sistemi fizikte (çok özel konular dışında) kullanılan standart birimler olup ilgili maddeye eklenmiştir. Yukarıda verilen büyüklük ise H (Henry) ve m (metre) gibi asıl SI'nin bir elemanıdır.

216 Bu şekli yıllar önce Lord Rayleigh (William Strutt) belirlemişti.

217 Ama oval eğrileriyle ilgili önemli bir geometri teoremi kanıtlayabilmişti.

[218] Bu kaba sesli kelimenin özellikle bir sanat ürünü için kullanılması suç niteliğinde olur!

[219] Sıcaklık bir maddenin ortalama iç enerjisi, ısı ise bu enerjinin bir cisimden diğerine aktarılan miktarıdır.

[220] Aslında bu ve benzeri bulgular esirin olmadığını değil, olsa da ışıkla ilgisi olmadığıyla ilgilidir.

[221] Özgün kitapta tek h ile yazılmış olan bu ad, "kirkhof" olarak söylenmek gerekirken Fransızlar bozarak "kirşof" dediklerinden biz de ne yazık ki onlardan alıp böyle söylüyoruz. (Buna dikkatimi çeken lise fizik öğretmenim Ecvet Gürses'i anmak isterim.)

[222] Diğer kaynaklarda, genel olarak asıl amacın, doğrudan, ışığın varlığında ve yayılmasında "esir"in etkisini saptamak olduğu ve bunda *D*ünyanın yörünge hızının ise, işe yarayabilecek kadar büyük tek hız olduğu için kullanıldığı belirtilmektedir. Bu deneyin orta öğrenimde öğrencilerin çok zorlandıkları "havuz problemleriyle" çok benzerliği bulunuyor.

[223] Daha doğrusu, esirin yokluğunu değil, varsa bile ışıkla ilgisi olmadığını.

[224] Birinci sınıfta Yunanca dersinden çok yüksek not aldığı için yaz döneminde fizik dersinde asistanlık yaptırılmıştı.

[225] Sadece "geçerlilik" dereceleri değişir.

[226] Bunun İngilizcede kullanılan adı olan "calculus" eski çağlarda çoğu matematiksel çalışmanın üzerinde çubukla yapıldığı *kum*un Latince adından türemiştir.

[227] Örneğin altın ve gümüş paraların –cezası idam olan– çeperlerinin sıyrılarak hafifletilmesini engellemek için tırtıklar yapılmasını o önerip sağladı (50 kuruşluklara bakın).

[228] Doğa felsefesinin matematiksel ilkeleri.

[229] Diferansiyel ve integral hesap.

[230] *Principia*'nın döneme uygun olarak Latince yazılmış olmasına karşılık *Optics* İngilizce yazılmıştı.

[231] Ancak adıyla anılan bir deneyin (*Newton halkaları*) sonucunu açıklayabilmek için bunlara kılavuzluk eden dalgalar bulunması gerektiğini kullanmak zorunda kalmıştı.

[232] Yalnız İngilizcede, daha çok ders kitaplarında ve yalnız bu kavram için yapılan bir uygulama. İngilizcede bir Sakson kökeninden (speed) diğeri de Latin kökeninden gelen (velocity) ve aslında anlamları özdeş olan iki kelimeyi, fizikteki kullanımda *büyüklük* ve *vektörlük* olarak iki değişik anlam için kullanmak adet olmuş. Böyle bir durum hiçbir diğer fiziksel vektör için yapıl(a)mıyor ve örneğin kuvvet için "force" ve "force vector" olarak ayırt ediliyor. Rastlantıyla dilimizde de özdeş anlam taşıyan *hız* ve *sürat* kelimeleri olduğundan bir süre önce, özentiyle ama ters sırayla Türkçe kökenli hız, vektör, Arapça kökenli sürat ise büyüklük olarak kullanılmaya başlandı. Ben diğer tüm vektörel niceliklerde olduğu gibi bunda da hız ve hız vektörü kullanmayı tercih ediyorum.

[233] Aslında toplar yuvarlandıkları için *kayma* sürtünmesi olmayacak, dolayısıyla bu işe karışmayacaktır.

[234] Newton bu dalgaların cisimciklere bir tür kılavuzluk ettiklerini, yapıcı girişim yaptıklarında cisimciklere yol verdiklerini, yok edici girişimde de onları engellediklerini de düşünmüştü. Bunun kuantum mekaniğinin dalga-parçacık ikiliğinin yorumlarını andırması çok ilginç!

[235] Aslında yüksüz değil nötr, yani toplam yükü 0 demek gerekirdi, çünkü *kuark*ların

varlığı anlaşılıca nötronların içinde üç tane yüklü (toplamı sıfır) parçacık olmak gerektiği ortaya çıktı.

236 "Neutrino" İtalyanca "nötrcük" demektir.

237 Aslında bu özellik 1960'ların başından beri reaktörlerden sağlanan nötron demetlerinden belli enerjilerde nötron seçerek bunların başta çekirdek yapısı olmak üzere çeşitli deneylerde kullanılmak üzere uygulanmaktadır. 1963-1965 arasında ÇNAEM'de bu amaçla bir nötron spektrometresi yapılmıştır. Bkz. Akyüz, Cansoy, Domaniç; http://kurumsalarsiv.taek.gov.tr/handle/1/276.

238 Ne yazık ki fizikte enerjinin aktarılma, harcanma, üretilme vb. hızı anlamında kullandığımız bu terim, bizim "günlük dilimizde" artık öncelikle "kuvvet" sonra da buradaki bağlamda ve yakın her anlamda kullanılmakta.

239 W harfinin İngilizce'deki adı "çifte U" ve söylenişi de V'den çok U'ya yakındır! Özgün yazılışı Genel Latin harfleriyle olmayan adlar vb. Okunduğu gibi yazılır!

240 Bu örnek polaroid, yani kutuplanma yapan güneş gözlüklerine aşina olmayan okurlar için karışık gelebilir.

241 Genelde bu genlikler karmaşık (kompleks) sayılar olduklarından "mutlak değerinin" karesi.

242 Almanya'da kullanılan "privat dozent" unvanı kadrolu olmayan öğreticilik karşılığıdır. Günümüzde ülkemizdeki en yakın karşılığı *saat ücretli öğretim görevlisi*dir. Kullandığımız doçent ve doktor adları öğretmen anlamındaki aynı kökten gelmektedirler. Alman üniversitelerinde "professor ordinarius/asıl profesor" kürsü profesörü/başkanı anlamında kullanılır, kürsüdeki diğer profesörler ise "professor extraordinarius" (extra "üstü" değil "dışı" karşılığı olmak üzere) denilir. Yani bizde bir zamanlar kullanılan *profesör üstü ordinaryus* "rütbesi" yanlış bir taklitmiş; iyi ki bir de "ekstra ordinaryüs" icat etmemişler.

243 Ciddi bir kaynak Örsted'in 1807'de elektrik ve manyetizma arasındaki ilişkiyi araştırmaya başladığını söylediğini belirtmekte: A. Hellermans & B. Bunch, *The Timetables of Science*, Simon & Schuster, 1988.

244 Aslında, "iki piona bozunana teta, üç piona bozunana da tau deniliyordu" denilmek gerekirdi.

245 Bir başka kayanağa göre Feynman'dan New York'ta bir kafede duymuşlardı.

246 Pireneler'de bir tepe.

247 Başlığın altındaki nota bakın.

248 Gezerlerken oğluna "şanslı bağdaştırma formülü" demişti.

249 Bu betim pek yeterli görünmüyor. Çünkü protonda iki yukarı kuark (2 × 2/3 yüklü) ve bir aşağı kuark (-1/3 yüklü) bulunur, oysa tek bir yukarı kuarkın yükü pozitrona yetmediği gibi kalan bir yukarı bir aşağı kuark nötr olamaz).

250 Genelde olumsuzluğunu benimsediğim "sömürgeciliğin," özellikle "Büyük Britanya" sömürgelerinde *eğitim* açısından önemli bir olumlu katkısı olduğu kanısındayım. ***Abdüsselam***'ı da ***Bose***'yi de düşünün.

251 İlginçtir hiçbir "Batı" üniversitesinde bu ad genel diploma derecesine verilmemektedir; yalnız Fransa'da öğretmenlik eğitimi için kullanılan bu adı biz her nasılsa genel ilk üniversite derecesi için benimsemişiz, tıpkı Almanya'da "sıradan kürsü başkanlığı" için kullanılan "ordinarius-sıradan/adi" sözünü profesörlük üstü bir unvan olarak benimsemişiz.

252 Hindistan "Britanya Milletler Topluluğu" üyesi olduğu için!

253 Çünkü dalga boyunun 4. kuvvetiyle ters orantılı olarak değişir.

254 Britanya okul-kolej-üniversite sistemleri bizim kullanmakta olduğumuz düzenden epeyce farklı.

255 İlginç bir olay: burs bir yarışmayla veriliyor, altın üretimi üzerine bir projeyle birinci gelen evlenerek o işi yapmak için çekilince burs Rutherford'a veriliyor.

256 Bu ***Mendeleyev***'in ilk tablosunun içinde "boş" bıraktığı yerlerden birisine uyuyordu.

257 İngilizce'de buna "String Quartet-yaylı sazlar dörtlüsü" denilir; "string" sicim demektir ama ilgili müzik aletlerindeki tellere de bu ad verilir, ama Türkçesinde sesi verenler yerine verdirenler ön alınmış.

258 Bunlar aslında matematiksel terimlerdir. Bir fonksiyon, değişkeni işaret değiştirdiğinde kendisi işaret değiştirmiyorsa simetrik, değiştiriyorsa karşıt simetriktir.

259 Bu terim "synchronous-zaman uyumlu" kelimesinden türetilmiştir.

260 Soddy-Fajans yasası.

261 Görelilik fikrini katarak fiziğe ince yapı sabitini getirdi, bununla elde ettiği hidrojen atomu "yörüngeleri"nin enerji değerleri Schrödinger için ilk adımlarından birisi olmuştu.

262 Aslında bu klasik mekanikte bir vektör olan açısal momentumun kuantum karşılığıdır. Aşağıda verilecek birimi ise bu niceliğin bir öçüsüdür.

263 Kitapta birim olarak bunun yarısı verilmekte ama bu tanımın çevirisi sonraki kullanım için karışıklık yaratmaktadır. Bu izleyen kullanımda İngilizce'de "buçuk," "buçuklu" deyişlerinin olmaması yüzünden kullanılan ifadelere zemin hazırlamak için yapılmış olmalı.

264 12 Aralık 2020'de Cenevre'de öldü.

265 Asıl kullanımı kömür madenlerinde içine grizu gazının sızmasını önleyen bir kafes teliyle çevrilmiş olmasıdır.

266 1872'de George Johnston Stoney atomlarla ilgili, ve adına *elektron* dediği eksi yüklü bir parçacık bulunmak gerektiğini ve yükünün 10–20 C mertebesinde olacağını önermişti.

267 "The force is always with them." Bu deyiş "Star Wars"adlı film serisinin ünlü "Kuvvet"ini hatırlatmıyor mu? (Ne yazık ki hep yapıldığı gibi filmin alt yazı ve dublajında "kuvvet" yerine "güç" denmekteydi.)

268 Demek ki 11 boyutta uzayzaman değil yalnız uzay var ki 8 graviton + 3 uzay = 11 boyut olsun ve zaman eklendiğinde 12 olup çift hale gelsin ve 11 boyut gerçeklensin!

269 Konunun uzmanı Dr. Can Kozcaz'ın önemli notu: "Aslında 11 boyutta $N = 1$ süperkütleçekim ama 4 boyuta indirgenince $N = 8$. Sebebi spinörlerin kaç bileşeni olduğu, 11 boyutta 32, 4 boyutta 4, dolayısıyla 11 boyuttaki bir spinör 4 boyutta 8 farklı spinöre karşılık geliyor; bu sebeple de 11 boyutta $N = 1$ derken 4 boyutta $N = 8$ oluyor."

270 İngilizcede kökenleri farklı (Saksonca ve Latince) ve günlük dilde aynı anlamda olan iki kelime olan "speed" ve "velocity" yıllardır fizik öğretiminde (ve bu kitapta da başka hiçbir vektörel kavramın böyle bir olanağı bulunmadığı halde her nedense) "hız" ve "hız vektörü" karşılığında kullanıldığından ne yazık ki *özentiyle* bizde de (hem de köken sıraları ters alınarak) "sürat" ve "hız" olarak kullanılmaya başlandı. Ben burada yukarıdaki gibi kullanmayı yeğliyorum.

271 Bunun bir sebebinin de "kadın olması" olduğu söylenmekte; bkz. Pauline Gagnon *Who cares abot particle physics*, Türkçesi (R.Ö. Akyüz) *Herkes İçin Parçacık Fiziği*, PAN 2019.

272 Bkz. Ek okuma, "geçmişler üzerinden toplam."

273 Hiyeroglifllerin okunması.

# KAYNAKÇA

Metinde adı geçen kitapların ve konuyla ilişkili bazı diğer kitapların listesi. Yıldız işaretliler daha teknik kitaplardır.


John Barrow, *The World within the World* (Oxford Üniversitesi Yayınları, Oxford, 1988)

John Barrow, *Theories of Everything* (Oxford Üniversitesi Yayınları, Oxford, 1991)

John Barrow ve Frank Tipler, *TheAnthropic Cosmological Principle* (Oxford Üniversitesi Yayınları, Oxford, 1986)

John Bell, *Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics* (Cambridge Üniversitesi Yayınları, Cambridge, 1987)

David Cassidy, *Uncertainty: The life and science of Werner Heisenberg* (Freeman, New York, 1992)

Barbara Cline, *The Questioners* (Crowell, New York, 1965)

Barbara Cline, *Men Who Made a New Physics* (Chicago Üniversitesi Yayınları, Chicago, IL 1987)

Frank Close, *The Cosmic Onion* (Heinemann, London, 1983)

Frank Close, *Michael Marten and Christine Sutton, The Particle Explosion* (Oxford Üniversitesi Yayınları, Oxford, 1987)

G. D. Coughlan ve J. E. Dodd, *The ideas of Particle Physics* (Cambridge Üniversitesi Yayınları, Cambridge, 1991)

Paul Davies, *Other Worlds* (Dent, London, 1980)

Paul Davies ve Julian Brown (ed.), *Superstrings* (Cambridge Üniversitesi Yayınları, Cambridge, 1988)

Paul Davies (ed.), *The New Physics* (Cambridge Üniversitesi Yayınları, Cambridge, 1989)

Paul Davies ve John Gribbin, *The Matter Myth* (Viking, London, 1991)

David Deutsch, *The Fabric of Reality* (Viking, London, 1997)

John Emsley, *The Elements* (Oxford Üniversitesi Yayınları, Oxford, 2nd edn, 1991)

C. W. F. Everitt, *James Clerk Maxwell* (Scribner's, New York, 1975)

Richard Feynman, Robert Leighton ve Matthew Sands, *The Feynman Lectures on Physics*, Vol. Ill (Addison-Wesley, Boston, MA, 1965)

Richard Feynman, *The Character of Physical Law* (Penguin, London, 1992; originally published in 1965)

Richard Feynman, *QED: The strange theory of light and matter* (Princeton Üniversitesi Yayınları, Princeton, 1985)

Richard Feynman, *Six Easy Pieces* (Addison-Wesley, Boston, MA, 1995)

A. P. French (ed.), *Einstein: A centenary volume* (Harvard Üniversitesi Yayınları, Cambridge, MA, 1979)

A. P. French ve P. J. Kennedy (ed.), *Niels Bohr: A centenary volume* (Harvard Üniversitesi Yayınları, Cambridge, MA, 1985)

Harald Fritzsch, *Quarks* (Penguin, London, 1992)

George Gamow, *The Great Physicists from Galileo to Einstein* (Dover, New York, 1961)

George Gamow, *Thirty Years that Shook Physics* (Dover, New York, 1966)

Ted ve Ben Goertzel, Linus Pauling (Basic Books, New York, 1995)

John Gribbin, *In Search ofSchrodinger's Cat* (Bantam, London, 1984)

John Gribbin, *In Search of the Big Bang* (Black Swan, London, and Bantam, New York, 1986, Penguin, London, 1998)

John Gribbin, *In the Beginning* (Penguin, London, and Little, Brown, New York, 1993)

John Gribbin, *In Search of the Double Helix* (Penguin, London, 1995)

John Gribbin, *In Search of the Edge of Time* (Penguin, London, 1995)

John Gribbin, *Schrödinger's Kittens* (Weidenfeld and Nicolson, London, 1995)

John Gribbin, *Companion to the Cosmos* (Weidenfeld and Nicolson, London, 1996)

John ve Mary Gribbin, *Richard Feynman: A life in science* (Viking, London, 1997)

John Gribbin ve Martin Rees, *The Stuff of the Universe* (Penguin, 1995)

Brian Hatfield (ed.), Feynman Lectures on Gravitation (Addison-Wesley, Boston, MA, 1995)

Nick Herbert, *Quantum Reality* (Anchor Üniversitesi Yayınları/Doubleday, New York, 1985)

Tony Hey and Patrick Walters, The Quantum Universe (Cambridge Üniversitesi Yayınları, Cambridge, 1987)

Gerard't Hooft, *In Search of the Ultimate Building Blocks* (Cambridge Üniversitesi Yayınları, Cambridge, 1996)

Fred Hoyle, *Home is Where the Wind Blows* (University Science Books, Mill Valley, CA, 1994)

Vincent Icke, *The Force of Symmetry* (Cambridge Üniversitesi Yayınları, Cambridge, 1995)

Max Jammer, *The Conceptual Development of Quantum Mechanics* (McGraw-Hill, New York, 1966)

Martin Krieger, *Doing Physics* (Indiana Üniversitesi Yayınları, Bloomington, 1992)

Leon Lederman ve David Schramm, *From Quarks to the Cosmos* (Scientific American/Freeman, New York, updated edn, 1995)

Jagdish Mehra, *The Beat of a Different Drum* (Oxford Üniversitesi Yayınları, Oxford 1994)
Walter Moore, *Schrödinger: Life and thought* (Cambridge Üniversitesi Yayınları, Cambridge, 1989)
Yuval Ne'eman ve Yoram Kirsch, *The Particle Hunters* (Cambridge Üniversitesi Yayınları, Cambridge, 1986)
Heinz Pagels, *The Cosmic Code* (Simon and Schuster, New York, 1982)
Abraham Pais, *Subtle is the Lord* (Oxford Üniversitesi Yayınları, Oxford, 1982)
Abraham Pais, *Inward Bound* (Oxford Üniversitesi Yayınları, Oxford, 1986)
F. David Peat, *Superstrings* (Scribner's, New York, 1988)
Andrew Pickering, *Constructing Quarks* (Edinburgh Üniversitesi Yayınları, Edinburgh, 1984)
Susan Quinn, Marie Curie (Heinemann, London, 1995)
Alastair Rae, *Quantum Physics: Illusion or reality?* (Cambridge Üniversitesi Yayınları, Cambridge, 1986)
Ed Regis, *NANO*! (Bantam Üniversitesi Yayınları, New York, 1995)
Silvan Schweber, *QED and the Men Who Made It* (Princeton Üniversitesi Yayınları, Princeton, NJ, 1994)
Emilio Segre, *A Mind Always in Motion* (California Üniversitesi Yayınları, Berkeley, CA, 1993)
Ruth Sime, *Lise Meitner: A life in physics* (California Üniversitesi Yayınları, Berkeley, CA, 1996)
Christine Sutton (ed), *Building the Universe* (Blackwell/New Scientist, London, 1985)
Kip Thorne, *Black Holes and Time Warps* (Norton, New York, 1994)
Robert Weber, *Pioneers of Science* (Adam Hilger, Bristol, 2nd edn, 1988)
Steven Weinberg, *The Discovery of Subatomic Particles* (Freeman, New York, revised edn, 1990)
Bruce Wheaton, *The Tiger and the Shark* (Cambridge Üniversitesi Yayınları, Cambridge, 1983)
John Wheeler ve Wojciech Zurek, *Quantum Theory and Measurement* (Princeton
Üniversitesi Yayınları, Princeton, NJ, 1983)
Andrew Whitaker, *Einstein, Bohr and the Quantum Dilemma* (Cambridge Üniversitesi Yayınları, Cambridge, 1996)
Michael White ve John Gribbin, *Stephen Hawking: A Life in Science* (Penguin, London, and Plume, New York, 1992)
Michael White ve John Gribbin, *Einstein: A life in science* (Simon and Schuster, London, and Plume, New York, 1993)
David Wilson, *Rutherford* (Hodder and Stoughton, London, 1983)
Harry Woolf (ed.) *Some Strangeness in the Proportion* (Addison-Wesley), Boston, MA, 1980).

## Çevrimenin terim önerileri

Gluon: tutçu
Gluino = tutçino
Gluonyum = tutkaltopu
Orbit = dolanca
Orbital = dolancamsı
Property = özellik
Entity = esne
Süperiletken = üstüniletken
Süperakışkan = üstünakışkan
Momentum = devingi
Normalizsation = normlama
Renormalisation = yenormlama
Superposition = üstleşim
Polarisation = polarılma
Decoherence = uyuşum kırma
Süpernova = kocayeni
Grand Unified Theory = Ulu Birleşik Kuram / Koca Birleşik Kuram
dynamic = dirikim
entropy = dağı

# ZAMAN DİZİMİ

## ZAMAN DİZİMİ 1

***Kuantum Dünyasını anlayışımıza önemli katkılar yapan fenbilimcilerin doğum tarihleri***

## ZAMAN DİZİMİ 2

***Fiziksel bilimin ve (özellikle) kuantum dünyasını anlayışımızın gelişmesindeki kilit tarihler***

## ZAMAN DİZİMİ 3

***Genel tarihteki –fenbilimi bakımından önemi olabilecekler vurgulanarak– kilit olaylar.***

**MÖ 15000-10000:** *D*ünya son buzul çağından çıkıyor. Mağara resimleri

**Y. MÖ 12000:** Köpek ehlileştirildi.

**MÖ 10000:** *D*ünya'nın insan nüfusu 3 milyon.

**Y. MÖ 8000:** Alışveriş pulunun[1] (ilk "para") icadı, tarım, çömlekçilik.

**Y. MÖ 6000:** Sulamanın gelişmesi. Örgü/Dokuma.

**Y. 4500 MÖ:** Bakır dökümü.

**Y. 4000 MÖ:** Sümer kenti Ur kuruldu.

**Y. 3500 MÖ:** Yazının ve tekerleğin icadı.

**Y. 3000 MÖ:** Mısırlılar yelkenli gemi kullanıyor. Bronzun yaygın kullanımı. Gizze piramidinin yapılması. Nüfus 100 milyon.

**Y. MÖ 2500:** Çömlekçilik Avrupa boyunca yayıldı.

**Y. MÖ 2000:** Babil'in yükselişi. Stonenhenge'e taş çemberleri eklendi. Ön Asya'da dişli çarklar geliştirildi. Girit'te Minos uygarlığı gelişti.

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | | **Y. MÖ 1800:** İlk alfabe. Babilliler çarpım tabloları kullanıyor. |
| | | **MÖ 1700:** Yahudilik İbrahim tarafından başlatıldı. |
| | | **Y. MÖ 1650:** Volkanik ada Santorini (Tera) patladı; Atlantis efsanesinin temeli olabilir. Vietnam'da bronz saban kullanımı. |
| | | **Y. MÖ 1500:** Çin yazısı. |
| | | **Y. MÖ 1350:** Yahudilerin Mısır'dan çıkışı. |
| | | **Y. MÖ 1200:** Demirciliğin başlangıcı. Truva Savaşları. |
| | | **MÖ 878:** Kartaca kuruldu. |
| | | **Y. MÖ 800:** Meksika'da Olmec piramitleri yapıldı. Homeros *İlyada*'yı yazdı. |
| | | **MÖ 776:** İlk Olimpiyat. |
| | | **MÖ 710:** Etiyopyalılar Mısır'ı ele geçirdi. |
| | | **Y. MÖ 600:** Yunan bilimi başladı. Aesopus masallarını yazdı. Çinliler zararlılara karşı evleri tütsülemeyi icat ettiler. |
| **MÖ 625:** Miletuslu Thales. İlk denilebilecek fenbilimci. Dünyanın sudan yapıldığını ve Yeryüzünün suda yüzen bir disk olduğunu öneren Yunan filozof. Ayrıca depremler gibi olguların tanrıların işi olmadığını düşünüp bilimsel açıklamalarını yapmaya girişmiştir. | | **MÖ 605-562:** Nebukadnezar Babil'in Asılı Bahçeleri'ni yarattı.[2] |
| **MÖ 611:** Miletli Anaksimender. Yeryüzünün yüzeyinin eğri olduğunu öneren filozof. | | **MÖ 565:** Taoizm kuruldu. |
| **MÖ 580:** Pisagor. Dünyanın küre olduğunu ve gezegenlerin çemberler üzerinde devindiklerini öğretti; ama gerçek bir bilimsel | **MÖ 585:** Miletli Thales. Bir güneş tutulmasını yer ay ve gününe kadar önsöydü. | **MÖ 538:** Persler Babil'i ele geçirdi. |
| | | **MÖ 528:** Budizm'in Hindistan'da başlaması. |
| | | **MÖ 525:** Persler Mısır'ı ele geçirdi. |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| sebeple değil, dairelerin "mükemmel" biçimler olduğuna ilişkin mistik inanışla. Ayrıca dik üçgenlerin özelliklerini veren ve adını taşıyan ünlü bağıntıyı ortaya koyduğuna inanılmaktadır. Bu, uzayzamandaki bağıntıların incelenmesinde çok yararlı bir araçtır. | | **Y. MÖ 520:** Anaksimender *D*ünya'nın silindirik modelini kurdu. |
| **Y. MÖ 500:** Leukippos. Zenon'un çağdaşı ve Demokritos'un hocası. Atom kuramını icat ettiğine inanılır ama yaşamı ile işleri hakkında pek az şey bilinir. | **MÖ 500:** Pisagorcular *D*ünya'nın bir küre olduğunu öğretiyorlar. | **Y. MÖ 500:** Pisagorcular *D*ünya'nın küresel olduğunu ileri sürdüler. Çelik Hindistan'da üretildi. |
| **Y. MÖ 495:** Elealı Zenon, çelişki (paradoks) örnekleriyle ünlü filozof. | **MÖ 5. Yüzyıl :** Yunan düşüncesinde maddenin temel ve bölünemez parçacıklardan oluştuğu fikri doğmaya başlayarak Yunanca atomos'tan türeyen "atom" kelimesini verdi. | |
| **Y. MÖ 494:** Empedokles. Her şeyin dört "element"ten –ateş, hava, su, toprak– oluştuğu fikrini en eski önerenden birisi. | | **MÖ 490:** Yunanlar Persleri Maraton'da yendiler. |
| | | **MÖ 478:** Atina Devleti kuruldu. |
| | | **MÖ 470:** Sokrates doğdu. |
| **Y. MÖ 460:** Abderalı Demokritos. Dünyanın yalnızca vakum ve atomlardan –sonsuz sayıda minicik, sert, bozulamaz parçacıklar– oluştuğunu ve bunların birbirleriyle değişik şekillerde birleşerek dünyadaki canlı ve cansız her çeşit şeyi oluşturduğunu önerdi. | **MÖ 450:** Empedokles "dört element" fikrini önerdi. | |
| | **MÖ 430:** Abderalı Demokritos, Miletli Leukippos'un her şeyin atomlardan yapıldığı fikrini ayrıntılar ekleyerek geliştirdi. | **MÖ 430:** Platon (Eflatun) doğdu. |
| **Y. MÖ 427:** Platon. Yunan filozof; düşüncelerinin çoğunu mükemmellik fikrine dayandırıyor; Dünyanın mükemmel bir küre olduğunu ve Evrendeki diğer tüm nesnelerin Dünya çevresinde mükemmel çemberler üzerinde devindiklerini ileri sürüyordu. | | |
| **MÖ 4. Yüzyıl:** Hui Şih. "Küçük birim" fikrini, yani doğada olabilecek mümkün en küçük ve içi boş olan varlık fikrini ileri sürdü. | **MÖ 4. yüzyıl:** Çinli filozof Hui Şih doğada bulunabilecek ve içinde hiçbir şey olmayan en küçük varlık olarak "küçük birim" fikrini ileri sürdü. | |
| **MÖ 388:** Pontuslu Heraklides. Yunan filozof ve gökbilimci. Dünya'nın kendi ekseni çevresinde 24 saatte bir döndüğünü öğretti: Bu fikir 1800 yıl yaygın bir kabul görmedi. | | **MÖ 400:** Londra'nın mekânında ilk yerleşme. |
| | | **MÖ 390:** Aristoteles doğdu. |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| **MÖ 384:** Aristoteles. Aristoteles birçok ilgisi arasında kozmolojiye ilişkin, öncüllerinin fikirlerine dayanarak Evrenin bir dizi, merkezi Dünya olan eşmerkezli ve onun çevresinde dönen küreden oluştuğu bir modelini ortaya koydu. | | |
| **MÖ 342:** Epiküros. Evrenin sayısız ve bozulamaz atomdan oluştuğunu, bunlann birbirlerinden boy, biçim ve konumlanyla aynldıklannı ve sonsuz bir boşlukta devindiklerini öğretiyordu. | | **MÖ 348:** Platon *Devlet*'i (*Politeia*) yazdı. |
| | | **MÖ 340:** Makedonya'daki il. Filip Yunanistan'ın yöneticisi. |
| | | **MÖ 336:** Büyük İskender Filip'in ardılı oldu. |
| | | **MÖ 323:** İskender, bilinen dünyanın çoğunu ele geçirdikten sonra öldü. |
| | | **MÖ 312:** İlk su kemeri Roma'ya su getirmek için yapıldı. |
| **MÖ 306:** Öklit doğdu. | | |
| | | **MÖ 300:** İskenderiye Müzesi yapıldı. |
| **MÖ Erken 3. Yüzyıl:** Samoslu Aristarkus: Dünya'nın yuvarlaklığı anlaşıldıktan sonra Güneş'e ve Ay'a bağıl uzaklıklan bulmaya ilk kalkışan kişi. Aristarkus, yıldızlann Dünya çevresinde görünen deviniminin Dünya'nın dönüşünden kaynaklandığını fark etmişti. | **MÖ Üçüncü yüzyıl:** Öklit, döneminin bilgilerini derleyerek yazıya geçirdi; bu bilgiler, birçok yerde matematiksel öğretinin temeli olarak günümüze kadar gelen Öklit geometrisini de içeriyordu. | **MÖ 280:** Rodos Heykeli tamamlandı. |
| **MÖ Y. 273:** Sireneli Erastotenes. Küresel Dünya'nın çapını yaptığı ölçülerden hesaplayarak yeterince sağlıklı olarak bulan ilk kişi. | | **MÖ 265:** Arşimet özgül ağırlık yasasını keşfetti (yüzen bir cisim ağırlığı kadar sıvıyla yer değiştirir). |
| | | **MÖ 264:** Birinci Pön Savaşı (Roma ile Kartaca arasında) başladı. |
| | | **Y. MÖ 260:** Çin Seddi'nin yapımı başladı. |
| | **MÖ 250:** Arşimet mekanik ve hidrostatiğin temellerini ortaya koydu. | **MÖ 240:** Çinli gökbilimciler Halley kuyrukluyıldızını gözlediler: bu, kuyrukluyıldızın, kayıtlı en erken geçişiydi. |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| **MÖ 2. Yüzyıl:** Nikealı Hipparkus. Yılın uzunluğunu 6,5 dakikalık bir fark ile hesapladı, ve Güneş ile Ay'ın uzaklıklarının ilk gerçekçi tahminleri yaptı. | | **Y. MÖ 235:** Erastotenes Dünya'nın büyüklüğünü doğru olarak ölçüp hesapladı. |
| | | **MÖ 218:** Hannibal Alpleri aştı. |
| | | **Y. MÖ 200:** Roma İmparatorluğunun büyüyüşü. |
| | **MÖ 165:** Çinli gökgözlemcileri güneş lekelerini kaydettiler; bunlar ilk doğru tarihlenmiş gözlemlerdir. | **MÖ 146:** Roma Yunanistan'ı ele geçirdikten sonra Kartaca'yı yıktı. |
| | | **Y. MÖ 140:** Çin'de kâğıdın icadı. Milolu Venüs yontuldu, yapanı bilinmiyor. |
| **MÖ Y. 95:** Lucretius (Titus Lucretius Carus). De rerum Natura (Evrenin Yapısı) adlı, ve Epiküros'un fikirlerini, özellikle de yoklukta devinen atomlar kavramını vurgulayan bir şiirsel eser yazmıştı. Bunun ileriki çağlarda atom kavramının yayılmasında ciddi katkısı olmuştur. | | **Y. MÖ 100:** Çin Seddi tamamlandı. Çin gemileri, manyetik pusula (mıknatıs taşı) yardımıyla Hindistan'ın doğu kıyısına vardı. |
| | | **MÖ 54:** Julius Caesar Britanya'ya girdi. |
| | | **MÖ 46:** Roma'da Jüliyen Takvimi kullanılmaya başladı. |
| | **MÖ 46:** Julius Caesar, Roma İmparatorluğunda kullanıma giren Jülyen takvimi kullanıma geçirdi. Bu, takvimi mevsimlerle uyumlu yapmak için MÖ 46 yılı 445 gün olmuştu. | |
| | **MÖ 44:** Etna Dağının büyük patlamaları. Volkanik hava kirlenmesinin Güneş ışığını kesmesi Çin'de ürün sorunlarına yol açtı. | **MÖ 44:** Julius Caesar öldürüldü. Roma'nın Britanya'yı zaptı başladı. |
| | | **MÖ 40-5:** Büyük Herod'un saltanatı. |
| | | **MÖ 5:** İsa'nın doğumu. *D*ünya'nın nüfusu 250 milyon. |
| **MS Y. 100:** Ptolemaios. Yunan gökbilimci. Almagest (aslı uzun olan adın, Arapçaya uyarlanmasının başlangıcı olan "El Mecisti"nin Latinleştirilmişidir. Yazar adının uyarlanması ise "Batlamyus") adıyla anılan, Evrenin o dönemde anlaşıldığı şekliyle on üç ciltlik betimini yazmıştı. Bu Ptolemaiosçu sistem etkinliğini 1000 yıldan uzun sürdürdü. | | **MS 28:** İsa çarmıha gerildi. |
| | **MS 79:** Genç Pliny, büyük volkanik patlama olarak Pompei'yi mahveden Vezüv patlamasının betimini ayrıntılanyla yazdı. | **66:** "Markos'a göre İncil" yazıldı. |
| | **MS 132:** Çinde Jeng Heng ilk sismografı icat etti. Bronz ejderhaların ağızlarındaki topların düşmesiyle deprem dalgasının geliş yönünü gösteriyordu. | **79:** Pompei ve Herculaneum, Vezüv'ün patlamasıyla yıkıldı. |
| | | **Y. 100:** Kağıt ilk kez yazı için kullanıldı. |
| | | **122:** Romalılar Hadrian Duvarını yaptılar. |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | | **286:** Roma İmparatorluğu, başta yönetsel amaçla Doğu ve Batı olarak ikiye ayrıldı. |
| | | **330:** Konstantinopolis kuruldu. |
| | | **389:** İskenderiye Kütüphanesi yıkıldı. |
| | **400:** "Kimya" terimi ilk kez İskenderiyeli bilginler tarafından kullanıldı. | **395:** Roma İmparatorluğu, iki ayrı imparatorla tam olarak bölündü. |
| | | **410:** Vizigotlar Roma'yı yağmaladılar. |
| | | **432:** Aziz Patrick İrlandalıları Hıristiyanlaştırmaya girişti. |
| | | **433:** Attila Hunların önderi oldu. |
| | | **455:** Vandallar Roma'yı yağmaladı. |
| | | **476:** Roma İmparatorluğunun son kalıntısı Germen istilacılar tarafından yıkıldı. |
| | | **5. Yüzyıl:** Sıfırın Hindistan'da bulunma olasılığı. |
| | | **Y. 500:** Abakus. |
| | | **517:** Budizm'in Çin'de başlaması. |
| | | **525:** Hıristiyan takviminin başlaması. |
| | | **570:** Muhammed doğdu. |
| | | **7. Yüzyıl:** Sıfırın Hindistan'da kesinlikle kullanımı. |
| | | **Y. 600:** Baskının icadı (Çin basma kalıpları). |
| | | **613:** Muhammed açık açık telkine başladı. |
| | | **616:** Vizigotlar İspanya'yı ele geçirdi. |
| | | **620:** Muhammed'in Mekke'den Medine'ye Hicreti. |
| | | **622:** İslam takviminin başlangıcı. |
| | | **632:** Muhammed'in ölümünün ardından Arap İmparatorluğu yayılmaya başladı. |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | **635:** Bilinmeyen bir Çinli bilgin kuyrukluyıldızın kuyruğunun Güneş'ten öteye uzandığı kuralını yazmıştı. | **670:** Saygıdeğer Bede doğdu.<br>**697:** Kartaca Araplar tarafından yıkıldı.<br>**699:** *Beowulf* (İskandinavya'da Anglosakson destanı) tamamlandı.<br>**711:** Arapların İspanya'yı ele geçirmesi.<br>**731:** Maya İmparatorluğu en büyük yayılışının başlangıcında.<br>**732-735:** Orhun yazıtları.<br>**732:** Arapların Poiter'deki yenilişiyle batıya yayılmalarının sonu.<br>**748:** İlk basılı gazete Pekin'de çıktı.<br>**768:** Charlemagne Frankların Kralı oldu.<br>**Y. 790:** İrlandalı keşişler İzlanda'ya yerleşti.<br>**Y. 800:** Vikinglerin yayılması başladı. |
| | **827:** İskenderiyeli Kladius Ptolemaios'un (Batlamyus), *He Matematika Sintaksis/ He Megale Sintaksis* (Arapça çevirisi olan *El macisti* 'nin Latinceye çevrilmesiyle *Almagest* olarak tanınmıştır). Geometri ve gökbilim kitabı.<br>**840:** Güneş lekelerinin ilk Arap kaydı.<br>**880:** Arap kimyagerler şaraptan alkol damıttılar. | **849:** Büyük Alfred doğdu.<br>**863:** Kiril alfabesinin icadı.<br>**900:** Grönland Norveçlilerce keşfedildi.<br>**924:** İngiltere'de Büyük Alfred'in ölümü.<br>**929:** İyi Kral Wenceslas öldürüldü.<br>**975:** Modern aritmetik yazılımını Hintlerden öğrenen Araplar Avrupa'ya tanıttılar.<br>**982:** Grönland'da ilk Viking yerleşimi.<br>**Y. 1000:** İslam biliminin gelişip serpilmesi. Çin'de kömürün |
| **MS Y. 965:** El Heysem (İbnü'l-Heysem; (Latinleştirilmişi Alhazen). Basra'da doğmuş olan ortaçağların en büyük fenbilimcisi. En büyük katkısı optik üzerine olan yapıtıdır. Bu çalışma 12. yüzyılın sonunda Latinceye çevrilmiş ve diğer kimselerin yanı sıra Roger Bacon'ın düşünüşünü etkilemiştir. Anahtar içgörüleri, görmenin dış dünyayı taramak için ışınlar gönderilmesiyle değil gözün ışınları doğrudan | **1000 civarında:** İbnü'l-Heysem optik üzerine yedi kitabını yayımladı. | |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| algılamasıyla olduğunu içeriyor. Heysem ışığın hem yansımasını hem de kırılmasını ölçmüş, gök kuşağının oluşumunu ve tutulma sırasında karanlık oda kullanarak Güneşi incelemişti. | | yakıt olarak kullanılması. Hindistan'da matematikçi Sridhara sıfırın önemini fark etti.<br>**1005:** Kahire'de Bilim kütüphanesi kuruldu.<br>**1036:** Modern müzik notasyonu Guido Arezzo tarafından ortaya konuldu.<br>**1050:** Kitap basacak hareketli tipografi ilk kez Çin'de kullanıldı. |
| | **1054:** Çinli ve Arap gökbilimciler Yengeç bulutsusunu oluşturan süpernova patlamasına tanık oldular. Bu patlama geçici olarak Venüs'ten daha parlak olup 23 gün boyunca gün ışığında bile görünür oldu.<br>**1066:** Büyük kuyrukluyıldız göründü (artık Halley Kuyrukluyıldızının bir geçişi olarak anlaşılıyor). | **1066:** Normandiyalı William, Hastings Savaşı'nda Harold'u yendi.<br>**1086:** Kıyamet Kitabı.<br>**1099:** Haçlılar Kudüs'ü işgal etti.<br>**Y. 1100:** Çin'de manyetik pusula kullanımı. Sinki Roka İnkaların ilk Kralı oldu.<br>**1150:** İlk roketler Çin'de kullanıldı. Paris Üniversitesi kuruldu.<br>**1155:** Bilinen en eski basılı harita Çin'de üretildi.<br>**1157:** Aslan Yürekli Richard doğdu.<br>**1167 ya da 1168:** Oxford Üniversitesinin resmi kuruluşu.<br>**1174:** Pisa Kulesinin yapımı başladı.<br>**1204:** Haçlılar Konstantinopolis'i zapt etti.<br>**1206-27:** Cengiz Han Avrasya'da çok geniş bir bölgeyi ele geçirdi.<br>**1213:** Cambridge Üniversitesinin başlangıcı. |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | | **1215:** Magna Carta. |
| | | **Y. 1250:** Tüy kalemin icadı. |
| | | **1260:** Cengiz Han'ın torunu Kubilay Han Çin İmparatoru oldu. |
| | | **1271:** Marco Polo büyük doğu gezisine başladı. |
| | | **1294:** Kubilay Han öldü. |
| | | **1295:** Marco Polo İtalya'ya döndü. |
| **1285:** Ockhamlı William. "Ockham'ın usturası" fikrini geliştiren. Bu fikre göre bir şeyin mümkün iki açıklamasından birisi diğerinden basitse, basit olanı öncelenmelidir. | | **Y. 1300:** 1923'e kadar Akdeniz'in büyük bir kısmını, Ortadoğu'yu ve de uzun süre Balkanlar'la güney-doğu Avrupa'yı yöneten Osmanlı İmparatorluğunun başlangıcı. |
| | | **1305:** Giovanni Pisano *Madonna ve Çocuk* heykelini tamamladı. |
| | | **1307:** *Dante İlahi Komedya*'yı yazmaya başladı. |
| | | **1311:** Notr Dame Katedrali Paris'te tamamlandı. |
| | | **1314:** Bannockburn Savaşı. |
| | | **1331:** Kara Humma (Veba) Çin'de başlayarak zamanla Avrupa'ya yayıldı. |
| | | **1338:** İngiltere ve Fransa arasındaki "Yüzyıllık Savaş"ın başlaması. |
| | | **1350:** Kara Humma Avrupa'da. |
| | **1350'ler:** Jean Buridan "impetüs" fikrini geliştirdi. Bu, eylemsizlik (ve de momentum) kavramının öncelidir. Buridan, gezegenlerin ve diğer gök cisimlerinin melekler tarafından itilmesi fikrini reddederek bu işi yapmak için bütün gerekenin impetüs olduğunu söylüyordu. | **1356:** Savaşta ilk top kullanımı Çin'de oldu. |
| | | **1366:** Petrarca *Canzoniere*'yi yazdı. |
| | | **1386:** Heidelberg Üniversitesi kuruldu. |

***Fenbilimcilerin doğum tarihleri***

**1473:** Copernicus, Nicolaus (Mikolaj Kopernik). Polonyalı gökbilimci (ve hekim); Güneş Sisteminin (aslında o günün anlayışıyla Evrenin denmeli) merkezinde Dünya'nın değil Güneş'in bulunduğu fikrini öne sürdü.

**Y. 1480:** Magellan, Ferdinand. Magellan Bulutlarını ayrıntılarıyla betimleyen ilk Avrupalı.

***Bilimdeki kilit tarihler***

**1437:** Uluğ Bey, kurduğu gözlem alanında Tycho Brahe'den önce ilk yıldız tablosunu (Zij-i Sultani-i İlhani) tamamladı, ayrıca yıldız yılının uzunluğunu ve Dünya'nın ekseninin eğim açısını modern ölçülerden önceki en iyi değerler olarak belirledi.

**1490:** Leonardo da Vinci sıvıların ince borulardaki kılcal etkileri üzerinde çalıştı.

***Tarihteki kilit olaylar***

**1387:** Chaucer, *Canterbury Thales*'i yazmaya başladı.

**1388:** Chaucer *Trolius and Criseyde*'yi yazdı.

**1398:** Timurlenk Delhi'yi yıktı.

**1409:** Donatello *Davut* heykelini tamamladı.

**1419:** Boccacio'nun *Decameron*'unun yayımı.

**1426:** Masaccio'nun tablosu *Bakirenin Taç Giymesi*.

**1492:** Cristoforo Colombo Orta Amerika'nın doğu kıyısının ötesindeki adaları keşfetti. Coğrafyacı Martin Beckhaim tarafından ilk küresel harita yapıldı.

**1431:** Jean d'Arc çarmıhta yakıldı.

**1440:** Hareketli tipografili baskıyı Gutenberg Avrupa'da yaptı.

**1452:** Floransa'da Medici Sarayı tamamlandı. İngiltere'de III. Richard doğdu. Leonardo da Vinci doğdu.

**1453:** Konstantinopolis Türklerin eline geçti ve Osmanlı İmparatorluğunun parçası oldu.

**1454-5:** Gutenberg İncil'i basıldı.

**1455-85:** Güller Savaşı.

**1473:** Michelangelo Sistine Şapeli'nin tavanını resmetti.

**1474:** Caxton İlk İngilizce kitabı bastı.

**1478:** Boticelli *Primavera*'yı yaptı. İspanyol Engizisyonunun kurulması.

**1489:** Matematikte + ve - işaretlerinin ilk kullanılışı.

**1491**

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | | **1492:** Cristoforo Colombo Orta Amerika'nın doğu kıyısının ötesindeki adaları keşfetti. Coğrafyacı Martin Beckhaim tarafından ilk küresel harita yapıldı. |
| | | **1513:** Machiavelli *Prens*'i yayımladı. |
| | **16. Yüzyıl :** İlk yansıtıcı teleskop; ilk Leonard Digges'in geliştirdiği düşünülen ve gelen ışığı bir çukur aynayla toplayarak görüntüyü büyülten teleskop. | **1516:** Thomas More *Utopia*'yı yayımladı. |
| | **1519:** Ferdinand Magellan ayrıntılarıyla Macellan bulutlarını betimledi. | **1517:** Martin Luther, Protestan hareketini başlattı. |
| | | **1519:** Ferdinand Magellan, gemilerinden birisinin (ama yolda Filipinler'de öldürüldüğü için bitirmediği) yerküreyi ilk dolaşacağı yolculuğu başlattı. |
| **1546:** Brahe Tycho. Yıldızların konumlarının ve gezegenlerin yerlerinin sağlıklı ölçümlerini yaptı. Bunlar Kepler'in, gezegenlerin devinim yasalarını bulma yolunu açtı. | | **1532:** Pizarro Peru'yu zapt etti. |
| **1548:** Bruno, Giordano. İtalyan keşiş; Kopernik'in, Dünya'nın Güneş çevresinde döndüğü önerisinin ilk destekçilerinden (ve de Evrenin sonsuz, yıldızların da Güneşimiz gibi ve de sistemleri olduğunu savlayan) birisi. İnançlara aykırılıktan dolayı Roma'da kazığa oturtulup yakıldı. | **1540:** Alman gökbilimci Peter Apian kuyrukluyıldız kuyruklarının hep Güneş'ten öteye uzandıkları gerçeğinin Avrupa'daki ilk keşfini kaydetti. | **1533:** I. Elizabeth doğdu. |
| | **16. Yüzyılın ikinci yarısı:** Leonard Digges ilk kırılmalı ve/ya yansıtmalı (mercekli/aynalı) teleskobu yapmış olabilir. | **1543:** Kopernik'in kitabı, *De Revolutionibus orbium coelestium*'un (Gök cisimlerinin/gezegenlerin dolanması) yayımlanması. |
| | | **1550:** İspanya'da tütün ekimi başladı. |
| | | **1551:** Leonard Digges teodoliti icat etti. Titian, İspanya Prensi Felipe'nin resmini yaptı. |
| | | **1558:** I. Elizabeth İngiltere Kraliçesi oldu. |
| **1564:** Galileo (Galilei, Galileo). Gökyüzünü sistematik olarak teleskop kullanarak gözleyen ilk kimse. Herkesin inandığı ağır cisimlerin hafiflerden daha çabuk düştüğüne ilişkin kuramı yanlışladı. Kuramları sınamak için gerçek deneyler yapmanın öneminin farkına vardı. | | **1564:** Shakespeare doğdu. Atlı araba İngiltere'den kıtaya geçti. |
| | | **1568:** Mercator adını taşıyan harita projeksiyonunu (izdüşümü) ortaya koydu.[4] |
| | **1572:** Tycho Brahe süpernova gözlemi yaptı. | |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| **1571**: Kepler, Johannes. Newton'ı evrensel kütleçekim yasasına götüren, gezegenlerin üç devinim yasasını keşfetti. | **1576:** Thomas Digges, yıldızların *D*ünya'yı çevreleyen tek bir kristal küre yüzeyine yerleşik olduğu Batlamyuscul fikri atıp yıldızların ucu bucağı olmayan uzayın sonsuzluğunda da dağıldığını önerdi. | |
| | **1581:** Galileo sarkaçların davranışını inceledi. | **1582:** Papa XIII. Gregorius takvim düzeltilmesini sağladı. Düzeltme bunu kayıttaki en kısa yıl yaptı. |
| | **1582:** Bugün *D*ünya'da yaygın olarak kullanılan Gregoryen takvim Papa XIII. Gregorius tarafından yaptırılarak zayıflığı olan Jülyen takviminin yerine geçti. Bu ilk önce Katolik ülkelerde kullanıma girdi. | |
| | **1583 (?):** Galileo uzunluğu sabit olan bir sarkacın periyodunun, salınımlarını yay uzunluklarından bağımsız olduğunu gözlemi yaptı. | **1586:** Rusya'nın Urallar'ın doğusuna yayılması başladı. Walter Raleigh tütün içmeyi İngiltere'ye getirdi. |
| | | **1588:** İspanyol Armadası yenildi. |
| | | **1599:** Shakespeare'in *Much Ado about Nothing* (kuru gürültü) oyunun ilk oynanışı. |
| **1592**: Gassendi, Pierre. Devinimin bağıl/göreli olduğunu kanıtlayan deneyi yaptı. Gitmekte olan bir geminin sereninin tepesinden bırakılan bir topun direğin hemen dibine düşmesi bu durumu kanıtladı.[3] Atom kuramını benimsiyor, ama ışığın bir parçacıklar akışı olduğuna inanıyordu. Orora Borealis'in (kutup ışığı) adını koyan oydu. | | |
| **1596**: Descartes, René du Perron. Koordinat geometrisinin (Kartezyen koordinatlar/analitik geometri) tekniklerini icat etti. | | |
| | **1604:** Kepler Süpernova gözlemi yaptı. | **1600:** Shakespeare'in *Hamlet* oyunun ilk oynanışı. |
| | | **1605:** *Advancement of Learning* adlı kitabında Francis Bacon dünyanın bilimsel olarak incelenmesini özendiriyor. İngiltere Parlamentosu'na yapılan Barut Komplosu patlamadı. Cervantes *Don Quixote*'u yazdı. |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | | **1607:** İngilizler Virginia'ya yerleşmeye başladılar. |
| | **1609:** Teleskobun icadını öğrenen Galileo mercekli teleskobu gökyüzü gözlemleri için ilk kullanan kişi oldu. | **1609**: Galileo, Ay' ve gezegenleri teleskopla incelemeye başladı. Kepler yasaları yayımlandı. |
| | **1610:** Johannes Kepler gecenin karanlığı ile parlak yıldızlarla dolu gökyüzünün çeliştiğini fark eden ilk kimse oldu. Dolayısıyla Evrenin sonlu olması gerektiğine vardı; yani yıldızların aralarından bakıldığında Evrenin karanlık sonu görünüyor. | **1610:** Quebec'te Fransız kolonisi kuruldu. |
| | | **1611:** Kral James İncili yayımlandı. |
| | | **1615:** Roma'da Aziz Petrus Kilisesi tamamlandı. |
| | | **1618:** Otuz Yıl Savaşı başladı. |
| | **1610:** Galileo'nun kitabı *Sidereus Nuncius* (Yıldızların habercisi) yayımlandı; gözlediği çıplak gözle görünmeyen binlerce yıldızın kaydını içeriyor. Ayrıca Jüpiter'in dört uydusunu keşfetti. | **1620:** Hacı adayları Plymouth Kayalıklarına indi. |
| **1627**: Boyle, Robert. İngiliz kimya öncüsü, en çok sabit sıcaklıkta belli bir kütledeki gazın hacminin basıncıyla ters orantılı olduğunu söyleyen "Boyle Yasası"yla bilinir. | | |
| **1629**: Huygens, Christiaan. İlk başarılı sarkaçlı saati icat etti; gelişkin gökcisim teleskobunu tasarlayıp yaptı; ışığın tam bir dalga kuramını geliştirdi; Titan'ı keşfetti ve Satürn'ün halkalarının doğasını tanıdı. | **1631:** Pierre Gassendi Merkür'ün Güneş yüzeyinden geçişini gözledi. | **1632:** Christopher Wren doğdu. |
| | | **1633:** Galileo'nun yargılanması. |
| **1635**: Hooke, Robert. Çok sayıda katkısı, kütleçekime ilişkin fikirler, "hücre" adını biyoloji bağlamında kullanmasını, bir (spiral) yayla çalışan cep saatini yapmaya başlamasını içerir. Işıkla ilgili kuramları Isaac Newton'la tatsız tartışmalara götürdü. | | |
| | | **1636:** Harvard Koleji Kuruldu. |
| | | **1637:** Descartes'in *Discours de la méthode*'u (Yöntem konuşmaları) yayımlandı. |
| | | **1638:** XIV. Louis'nin doğumu. |
| | | **1641:** Galileo'nun oğlu ilk sarkaçlı saati yaptı. |
| **1642**: Newton, Isaac. Kütleçekim yasasını ve adını taşıyan devinim yasalarını keşfetti; matematikte diferansiyel ve integral hesabı (Latince kum demek olan "calculus" adı, | | **1642**: İngiliz iç savaşı başladı. |
| | **1643:** Toricelli ilk barometreyi yaptı; ve bununla ilk vakumu oluşturmuş oldu. | |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| kağıdın olmadığı eski çağlarda matematiksel işlemlerin kum üzerinde yapılmasından gelir) icat etti; optikte, aralarında yeni bir tür yansıtmalı teleskop da olan önemli çalışmalar yaptı (kendi adıyla anılan deneyin açıklanabilmesi için parçacıklara "kılavuz" dalgalar eklemek zorunda kaldı). Kısa zamanda bilimsel yöntem denilecek olan varsayım oluşturup deneylerle sınamayı dile döktü. | **1647:** Johannes Hevelius, Ay'ın ilk haritasını yaptı. | **1649:** I. Charles'ın boynu vuruldu. |
| | | **1650:** Piskopos Ussher, "Yaratılış"ın tarihini MÖ 4004 olarak belirledi. Cyrano de Bergerac Ay'a gitmenin yedi şeklini önerdi. |
| | | **1651:** Thomas Hobbes *Leviathan*'da insanın yaşamının "yalnız, zavallı, rezil, kaba ve kısa" olduğunu söylüyor. |
| | **1654:** Toskana Büyük Dükü Ferdinand II, termometreyi icat etti. | |
| **1644**: Römer, Ole. 1675'te Jüpiter'in uydularının tutulmalarını gözleyerek Dünya'ya varış süresini ölçebildi ve ışığın hızının sonlu olduğunu ve yaklaşık değerini (200.000 km/s kadar) ortaya koydu. | **1655:** Christiaan Huygens Satürn'ün en büyük uydusu Titan'ı keşfetti. | |
| | **1656:** Huygens Satürn'ün halkalarının doğru doğasını belirledi. | **1656:** Huygens dakik bir sarkaçlı saat geliştirdi. |
| | **1659:** Huygens Mars'ın yüzey yapılımını gözledi. | |
| **1656**: Halley, Edmond. Şimdi adını taşıyan kuyrukluyıldızın, kütleçekim etkisiyle Newton'ın ortaya koyduğu kütleçekim yasası uyarınca Güneş çevresinde düzgün bir yörüngede olduğunu anladı. Bu, fenbilimsel yasaların bütün Evrene uygulandığının kilit delilidir. Ayrıca bir yıldız kataloğu derledi, tarihsel kayıtları kullanarak bazı yıldızların n devinimlerini belirledi, ve Dünya ile Güneş arasındaki uzaklığın iyi bir tahminin yapılabilmesi için bir araştırma programı başlattı. | **1660:** Boyle, gazların basınç ve hacmi arasındaki ilişkiyi veren yasayı yayımladı. | **1660:** İngiltere'de monarşinin yenilenmesi. |
| | | **1661:** Versailles Sarayının yapımı başladı. |
| | | **1663:** Royal Society (Kraliyet Derneği) Ruhsatını aldı. |
| | **1663:** John Gregory yansıtmalı/aynalı teleskobun (Gregoryen teleskop olarak da bilinir) tasarımını önerdi. | |
| | **1664:** Robert Hooke Jüpiter'in Büyük Kırmızı Lekesini keşfetti. | **1664:** Descartes'in *Treatise on Man*'i (İnsan üzerine deneme) hayvanlar ve insanların "canlılık etkeni" ya da "ruh"u olmayan"-mekanik" nesneler olduklarını söylüyor. |
| | **1665:** Cambridge Üniversitesinin veba yüzünden kapanması üzerine Isaac Newton Woolsthrope'daki evine döndü ve büyük keşiflerinden birçoğunu orada yaptı. | **1665:** Kraliyet Derneği *Philosophical Transactions* dergisini yayınlamaya başladı. Rembrandt van Rijn *Juno* portresini yaptı.[5] |
| | **1668:** Isaac Newton, ilk kez Leonard Digges'in 16. Yüzyılda icat ettiği (sanılan) yansıtıcı/aynalı teleskobu yeniden icat ederek bunu uygulamaya sokan ilk kimse oldu. | **1666:** Büyük Londra Yangını. Fransız Kraliyet Bilimler Akademisi kuruldu. |
| | | **1670:** Molière *Kibarlık Budalası*'nı yazdı. |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | **1671:** Mars'ın uzaklığı ilk kez makul bir doğrulukla ölçüldü. Bir Fransız gökbilimci takımı, gezegenin gökteki konumunu Fransız Güyanası'ndaki Cayenne'den gözlerken aynı sırada Paris'teki ekip de konumu orada saptamıştı. | |
| | **1672**: Laurent Cassegrain, adıyla anılan yansıtıcı teleskobun tasarımını yayımladı. Tasarım 18. Yüzyıla kadar uygulamaya geçirilmedi. | |
| | **1675:** II. Charles, Kraliyet Greenwich Gözlemevi'ni kurdu. | |
| | Cassini, Satüm'ün halkaları arasında bir açıklık keşfetti. | |
| | **1676**: Øle Rømer ışığın sonlu hızını belirledi. | **1676:** British Museum kuruldu. |
| | | **1680:** Dakika kolu olan ilk saat (daha önce yalnız saatler gösteriliyordu). |
| **1685**: Berkeley, (Piskopos) George. Devinimlerin bağıl/göreli olduğunu ve bir şeye göre ölçülmeleri gerektiğini ileri sürdü. | | **1683:** Türklerin 2. Viyana kuşatması. |
| | | **1685:** Johann Sebastian Bach'ın doğumu. |
| | | **1687:** Newton *Principia*'yı yayımladı. |
| | **1687**: Newton, büyük eseri olan *PhilosophiæNaturalis Principia Mathematica* (Doğa felsefesinin matematiksel ilkeleri) Edmond Halley'in ısranyla yayımladı. Cisimlerin dinamik davranışlarını betimleyen üç temel yasayı verirken gezegenlerin Güneş çevresindeki yörüngelerinin, kütleçekimin ters kare yasasıyla (geometrik olarak) açıklanabileceğini kanıtlıyor. | **1688:** İngiltere'deki "Şanlı Devrim"de Katolik I. James'in yerine Hollanda Oranj-Nassau hanedanı'ndan Protestan William (3.) ve Mary (2.) getirildi. |
| | **1690:** Huygens kendi geliştirdiği ışığın dalga kuramını *Traité de la Lumière* (ışık üzerine çalışmalar) kitabıyla Fransızca yayımladı. | |
| | | **1690:** Locke'un *Essay Concerning Human Understanding* (insanın anlayışı üzerine deneme) adlı eseri yayımlandı. |
| **1693**: Bradley, James. Yıldız ışığının sapıncını keşfetti ve bunu ışığın hızını belirlemekte kullanarak 308.300 km/s buldu; modern değer 299,792 km/s'dir. | | **1692:** Salem cadı yargılamaları. |
| | | **1697:** Canaletto'nun doğumu. |

***Fenbilimcilerin doğum tarihleri***

**1698**: de Maupertuis, Pierre Louis. En küçük eylem ilkesinin ilk bağıntısını ileri sürdü.

**1701**: Celsius, Anders. Suyun kaynama noktasını 0 derece, buzun erime noktasını ise 100 derece alan bir sıcaklık ölçeği önerdi. Ölümünden sonra ise tesine çevrilerek suyun kaynama noktası 100 derece, buzun erime noktası sıfır derece oldu.

**1707**: Euler, Leonhard. En küçük eylem ilkesi fikrini ve varyasyon hesabını geliştirdi. Bunlar Joseph Lagrange'ın sonraki çalışmasına yol açtı; bu ise Richard Feynman'ın kuantum mekaniğine yol integrali yöntemi yaklaşımının anahtar gereci oldu. Diğer edimleri arasında p, e ve i gibi artık standart olmuş matematiksel simgeleri kullanıma soktu.

**1724**: Kant, Immanuel. Alman filozof; aynı zamanda kozmolojiyle ilgili olup 1755'te yayımlanan bir yazısında gezegenlerin

***Bilimdeki kilit tarihler***

**1700'ler:** Immanuel Kant uzak bulutsuların Samanyolu'nun ötesindeki bütünlenmiş yıldız sistemleri olabileceğini önerdi.

Johannes Kepler, Tycho Brahe'ın derlediği verileri kullanarak gezegen deviniminin, Kepler yasaları olarak bilinen üç yasasını keşfetti.

**1704:** Isaac Newton, ışığı minik parçacıklar ya da minyatür top gülleleri gibi zerreler huzmesi olarak düşünen *Opticks*'ini yayımladı.

**1705:** Edmond Halley artık adını taşıyan kuyrukluyıldızın Newton yasalarını kullanarak önsöydüğü geri dönüşünü yayımladı.

**1712:** Flamsteed'in yıldız kataloğunun ilk cildi yayımlandı.

**1714:** Gabriel Fahrenheit, güderiden süzerek temizlediği cıvayla bir termometre yaparak adıyla bilinecek sıcaklık ölçeğini kullandı.

**1718:** Halley, yıldızların gökyüzünde gerçekten "çakılı" olmayıp devindiklerini söyleyen ilk kimse oldu.

***Tarihteki kilit olaylar***

**1698:** Maden kuyularından su çekmek için buhar güçlü pompa patentlendi.

**1701:** Yale Üniversitesi kuruldu

**1702:** İlk günlük gazete *Daily Courant* Londra'da çıktı. Jethro Tull tohum ekmek için matkap icat etti.

**1704:** Newton'ın *Opticks*'i. *Boston Newsletter*, ilk ABD gazetesi.

**1706:** Benjamin Franklin doğdu.

**1707:** İngiltere, Galler ve İskoçya'nın birleşmesiyle Büyük Britanya doğdu.

**1710:** Londra'daki Aziz Paul Katedrali tamamlandı.

**1711:** David Hume doğdu. Alexander Pope *Essays on Criticism*'ini (Eleştiri üzerine denemesi) yazdı.

**1712:** Newcomen gelişmiş bir buhar makinesi yaptı.

**1714:** Britanya Hükümeti denizde boylam belirlenmesi bulduracak bir teknik için 20.000 Sterlin ödül koydu.

**1715:** İlk Jacobite kalkışması.

**1719:** Daniel Defoe *Robinson Crusoe*'yu yazdı.

**1720:** "South Sea Bubble (Güney denizi kabarcığı)," İngiltere'deki spekülatif bir girişim çöktü.

**1723:** Adam Smith doğdu.

**1725:** Robert Clive'ın (Hindistanlı Clive) doğumu. Vivaldi *Dört Mevsim*'i yazdı.

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| Güneş çevresindeki bir madde bulutundan oluştuğu fikrinin ilk önerilerinden birisini yaptı. | | |
| **1724**: Michell, John. Kara delikler kavramını ilk düşünen kişiydi. | | **1726:** Jonathan Swift *Güliver'in Seyahatleri*'ni yazdı. |
| **1731**: Cavendish, Henry. Kimyada öncü incelemeler yaptı ve John Michell'in geliştirdiği burulma sarkacı deneyiyle Dünya'nın ortalama yoğunluğunu ve kütleçekim kuvvetinin yeğinliğini ve kütleçekim sabitini ölçtü. Çalışmalarının çoğunu yaşamı süresinde yayımlamadı. Bunların arasında Ohm yasası ve Michael Faraday ve Charles Coulomb'un yaptıklarının çoğu bulunuyor (bunları 100 yıl kadar sonra James Maxwell ortaya çıkartacaktı). Ayrıca gazların tartılabileceğini ve havanın bir gaz karışımı olduğunu gösterdi. | **1729:** James Bradley, sapıncı keşfetti; bu, bir yıldızın konumunda ışık hızının sonlu oluşu ve *D*ünya'nın Güneş çevresindeki deviniminden dolayı görünen kaymadır. Bunu kullanarak ışığın hızını bulabildi ve 308.300 km/s'ye eşdeğer bir sayı buldu ki modern değer olan 299.792 km/s'ye yakın sayılır. | **1732:** George Washington doğdu. |
| **1736**: Coulomb, Charles Augustine de. Fransız fizikçi, adıyla anılan yasayı (burulma sarkacı yardımıyla) buldu; buna göre iki küçük küre arasındaki kuvvet iki yükün çarpımıyla doğru, aralarındaki uzaklığın karesiyle ters orantılıdır. | **1735:** John Harrison, Britanya Boylam Kurulu'nun, zamanın denizde sağlıklı ölçümü için koyduğu ödülü almak amacıyla ilk denizcilik kronometresini yaptı. | |
| **1736**: Lagrange, Joseph Louis. Grup kuramının biçimlenmesinde paha biçilmez olduğu gösterilen teknikleri geliştirdi; tanımladığı Lagrange fonksiyonu birbirlerinden ışık ışınları ve gezegenler, hatta parçacık hızlandırıcılarında birbirlerinden saçılan atomaltı parçacıklar kadar farklı varlıkların davranışlarını betimleyecek basit bir yöntem oldu. | **1738:** Daniel Bernoulli gazların davranışını, birbirleriyle ve bulundukları kabın duvarlarıyla çarpışıp duran birçok minik parçacığın devinimi olarak betimledi. | **1737:** Göttingen Üniversitesi kuruldu. William Hogarth *The Good Samarithan* (İyi Samiriyeli) tablosunu yaptı.<br>**1739:** Edinburgh Kraliyet Derneği kuruldu. Hume *Treatise of Human Nature* (İnsanın doğası üzerine denemesi) adlı eserini yazdı. |
| **1743**: Lavoisier, Antoine Laurent. Modern Kimyanın babası. En önemli tek katkısı filojiston kuramını çürütmesidir. Bunu, bir nesnenin yanmasının "filojiston" yitirmesi değil havadaki oksijenle (adını da o koydu) | **1742:** Anders Celcius, adını taşıyan (önceleri santigrad ölçeği) sıcaklık ölçeğini ortaya koydu.<br>**1744:** Jean-Phillip Loÿs de Chésaux, eğer Evrenin çapı (modern ölçüyle) $10^{15}$ ışık yılı ya da daha fazlaysa uzaya bakılan her doğrultuda bir yıldız görülebileceğini tahmin etti. | **1745:** İkinci Jacobite kalkışması. |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| birleşmesi olduğunu göstererek yaptı. | Böyle olmamasını da açıklamak için boş uzayın uzak yıldızlardan gelen ışığı boş uzayın soğurduğunu böylece de ışığın Evren boyunca ilerlediği kadar gittikçe sönükleştiğini önerdi. | **1746:** Princeton Üniversitesi kuruldu. |
| | Pierre de Maupertuis, cisimlerin ve de ışığın mümkün en çabuk yolu izlediği fikrinin biçimsel bir sürümü olan en küçük eylem ilkesini ortaya koydu. | |
| | **1746:** Leonhard Euler, kırılmayı açıklamak için Christiaan Huygens'in dalga kuramını kullandı. | **1747:** Johnson'un sözlüğü yayımlandı. |
| **1749:** Laplace, Pierre Simon, Marquis de. Sağlam eliptik yörüngelerdeki tedirgemelerin açıklamasını yaparak Newton'ın gezegen devinimleri incelemesini güncelledi. Ayrıca, kara deliklerin mümkün olabileceğini ilk düşünenlerden birisiydi. | **1749:** Benjamin Franklin yıldırımçekeri icat etti. | **1748:** İlk yüksek fırın Bliston-İngiltere'de yapıldı. |
| | **18. Yüzyılın İkinci yarısı:** Boyle, elementlerin ve de değişik elementlerin birleşerek bileşik nesnelerin oluşmasının modern anlanışına doğru ilk adımları attı. | **Y. 1750:** Çin'in nüfusu 225 milyonu buldu. |
| | **1750:** Pierre de Maupertuis, en küçük eylem ilkesini ilk öne süren *Essai de Cosmsologie*'yi yayımladı. | **1751:** Britanya'da takvim devrimiyle 1 Ocak resmen yılbaşı oldu. |
| **1753:** Rumford, Count (Benjamin Thompson). Isının, diğerlerinin sandığı gibi bir akışkan (kalorik) değil de enerji biçimi olduğunu kanıtladı. | **1752:** Gregoryen Takvim, Britanya'da ve Dünya'nın başka yerlerinde kullanılmaya başlandı; uyum sağlamak için de Jülyen Takvimi kullanan yerlerde 11 gün atlanarak 3 Eylül'ün ertesi günü 14 Eylül oldu. | |
| | Benjamin Franklin ünlü uçurtma deneyini yaptı. | |
| | **1753:** Georg Richmann, Franklin'in ünlü uçurtma deneyini taklit ederken şimşek çarpmasıyla öldü. | |
| | **1755:** Immanuel Kant, *Allgemeine Naturgescihte und Theorie des Himmels* (Evrensel Doğa Tarihi ve Gökyüzünün Kuramı) adlı kitabında gezegenlerin bir ilksel madde bulutundan yoğunlaşmış olduklarını öneriyor. | **1755:** Moskova Üniversitesi kuruldu. |
| | | **1756:** Wolfgang Amadeus Mozart doğdu. |

***fenbilimcilerin doğum tarihleri***

**1758**: Olbers, Heinrich Wilhelm Matthäus. Göğün, geceleri niye karanlık olduğu (Olbers çelişkisi) muammasını yaygınlaştırdı. Kuyrukluyıldızların yörüngeleri için gelişkin bir yöntem buldu ve küçük gezegenlerden ikisini keşfetti.

**1766**: Dalton, John. İngiliz kimyacı. Atom kuramını kimyasal tepkimeleri açıklamakta kullanmanın öncüsüdür. Bunda farklı kimyasal elementlerin atomlarının ağırlıklarındaki farklarla ayırt edilebileceğini ileri sürdü.

**1766**: Wollaston, William. Hekim ve fizikçi. Güneş tayfındaki karanlık çizgileri ilk fark eden olduysa da önemi üzerinde durmadı. Ayrıca rodyum ve palladyum elementlerini keşfetti ve platin gibi metallerin dövülebilir şekilde işlenme teknikleri geliştirdi.

**1773**: Brown, Robert. İskoç botanikçi; 1827'de suda asılı polenlerin mikroskop altında sürekli gelişigüzel devindiklerini fark etti. Brown devinimi olarak bilinecek bu olguya bir açıklaması olamadı. (Bir sanıya göre devinimler polenlerin içindeki spermatozadan ileri geliyordu).

**1773**: Young, Thomas. Işığın dalga kuramının oluşumuna 19.

***bilimdeki kilit tarihler***

**1758:** Halley Kuyrukluyıldızı, arada ölmüş olan Halley'in önsöydüğü tarihte tekrar görüldü.

**1760:** Daniel Bernoulli, elektriğin kütleçekimine benzer olarak ters kare yasasına uyduğunu ilkel bir düzenekle keşfetti.

**1767:** John Michell, gökyüzünde birbirlerine yakın görünen yıldızların görüş çizgisi boyunca farklı uzaklıklarda olmayıp rastlantıyla yanyana düşen ama aslında uzayda fiziksel ilişkileri olduklarının –çifte yıldızlar– varsayılabileceğini önerdi.

**1769:** Venüs'ün, Güneş'in yüzünden geçişi (başkalarının yanı sıra) Tahiti'de Kaptan James Cook tarafından gözlendi.

***tarihteki kilit olaylar***

**1758:** Britanya'da "Emperyal" ölçüler ve ağırlıklar sistemi resmen yerleşti.

**1761:** Rousseau *La nouvelle Hélouse*'yi yayımladı. John Harrison'un "Dört Numaralı" kronometresi sınanması için Batı Hint Adalarına götürüldü.

**1763:** Boston katliamı.

**1764:** Richard Arkwright çıkrık makinesinin patentini aldı.

**1765:** James Watt gelişmiş bir buhar makinesi yaptı. John Harrison, ödülünün ilk yansını aldı.

**1768:** *Encyclopaedia Britannica*, başlangıçta haftalık olarak çıkmaya başladı.

**1769:** American Felsefe Derneğinin (Philosophical Society) ilk toplantısı.

**1770:** Ludwig van Beethoven doğdu.

**1771:** Oksijen'in keşfi. Tobias Smollett *The Expedition of Henry Clinker*'i yazdı.

**1773:** John Harrison, ödülünün ikinci yarısını Kral III. George Britanya Boylam Kurulu'na ödülü geciktirmeyi durdurmalarını söylemesi üzerine 80 yaşında aldı. Boston Çay Partisi.

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| yüzyılın başlanında ana katkılardan birisini yaptı, en başta da çift yank deneyi ile. | **1774:** Nevil Maskelyne, *D*ünya'nın kütlesini, bir dağın yakınındaki bir çekülün düşeyden sapmasını ölçerek buldu. | |
| **1775**: Malus, Etienne Louis. Işığın kutuplanmasını buldu. | Priestley oksijeni keşfetti. | **1775:** James Watt'ın buhar makinesi patentlendi. |
| **1776**: Avogadro, Amadeo. Joseph Gay-Lussac'ın keşiflerini kullanarak suyun kimyasal formülünün HO değil H2O olduğunu gösterdi. 1811'de de yayımladığı bir makalede eşit sıcaklık ve hacimdeki iki gazın eşit sayıda molekül içerdikleri fikrini ortaya koydu. (Avogadro yasası). | **1776:** Pierre Simon de Laplace, herhangi bir anda eğer tüm nesnelere etkiyen tüm kuvvetler bilinse geleceğin bütünüyle önsöyülebileceğini savladı. | **1776:** Amerikan Bağımsızlık Bildirgesi. Adam Smith'in *Wealth of Nations*'u (Ulusların zenginliği). |
| | Charles Messier 100'den fazla yıldız ve kuyrukluyıldız sanılan başka nesneleri içeren bir katalog derledi. | |
| **1777**: Gauss, Karl Friedrich. Alman matematikçi ve gökbilimci. Öklitçi olmayan geometrinin öncülüğünü ve gezegenlerin yörüngelerinin hesaplanmasının yanı sıra matematik ve fizikte önemli ve geniş çaplı çalışmalar yaptı. | | **1777:** Mozart'ın 9 numaralı konçertosunun ilk icrası. |
| | | **1778:** James Cook Hawaii'yi keşfetti. |
| | | **1779:** *D*ünya'nın ilk demir köprüsü Coalbrookdale-İngiltere'de yapıldı. |
| | | **1781:** James Watt buhar makinesinden döner devinme edinen bir sistemin patentini aldı. |
| **1777**: Örsted, Hans Christian. Elektrik akımının manyetik alan oluşturduğunu keşfetti. | **1783:** John Michell kütleçekimleri ışığın kaçamayacağı kadar yeğin olan "kara yıldızlar" olabileceği fikrini Kraliyet Derneğine önerdi. Hesaplarını, ışık parçacıklarının kütleçekiminden diğer nesneler gibi etkileneceği varsayımıyla Newton'ın kütleçekim ve ışığın zerrecikler kuramlarını kullanarak yaptı. | **1783:** Montgolfier kardeşler sıcak hava balonları yapıp uçurdular. 21 Kasım'da Jean de Rozier ve François Laurent bir Montgolfier balonunda ilk uçan insanlar oldu. |
| | | **1784:** Benjamin Franklin çift odaklı gözlüğü icat etti. |
| | **1785:** Coulomb, iki küçük yüklü küreciğin arasındaki kuvvetin iki yükün çarpımıyla doğru, ve merkezleri arasındaki uzaklığın karesiyle ters orantılı olduğunu söyleyen yasasını yayımladı. | **1785:** Manş Denizi'ni aşan ilk balon. Sismograf icat edildi. |
| | | **1786:** Gazlı fener için ilk deneyler. |

***fenbilimcilerin doğum tarihleri***

**1787**: Fraunhofer, Joseph von. Prizmadan geçen ışığın doğurduğu gök kuşağı desenini iyice büyüterek inceleyen ilk kimse. Güneşten gelen beyaz ışığın tayfında şaşkınlıkla pek çok karanlık çizgi keşfetti. Fraunhofer Güneş tayfında 574 tane saydı ve bunların birçoğunun Venüs'ten ve birçok yıldızdan gelen ışıkta da gördü. Güneş tayfındaki karanlık çizgiler artık onun adını taşıyor.

**1788**: Gay-Lussac, Joseph Louis. Gazların davranışlarının anlaşılmasına önemli bir katkı yaptı. En önemli fenbilim çalışması gaz karışımlarında bileşenlerin basit tamsayılı oranlarla bulunduklarını keşfidir. Adıyla anılan bu yasa 1808'de yayımlanmıştır.

**1791**: Faraday, Michael. İngiliz kimyacı ve fizikçi; en büyük edimleri elektrik ve manyetizma üzerine çalışmalarını ilgilendirirken, alanlar ve kuvvet çizgileri kavramlarını fiziğe getirmesidir.

***bilimdeki kilit tarihler***

**1788:** Lagrange büyük kitabı olan *Mécanlque Analytique*'i yayımladı.

Antoine Lavolsier, Boyle'un bileşik nesneler tanımına dayanan, ilk elementler listesini yayımladı, ancak liste artık bileşik oldukları bilinenleri ve de "kalorik"i (ısı olarak aktanlan şey) de element olarak içeriyor.

**1790:** Metre, Devrim sonrası Fransız meclisinde Kuzey Kutbu'ndan Ekvator'a olan uzaklığın on milyonda biri olarak tanımlandı.

**1796:** Pierre Laplace, John Michell'den bağımsız olarak kütleçekimleri ışığın kaçamayacağı kadar yeğin olan "kara yıldızlar"ı önerdi. Güneş Sisteminin kökeni olarak da "bulutsu varsayımını" önerdi.

**1798:** Henry Cavendish, Michell'in burulma sarkacını kullanarak Newton'ın çekim sabitini buldu, Dünya'nın kütlesini belirledi ve ortalama yoğunluğunun suyunkinin 5,5 katı olduğunu buldu.

***tarihteki kilit olaylar***

**1789:** Bastille'e saldın Fransız devrimini tetikledi.

**1791:** Metrik sistem Fransa'da ortaya konuldu ve 1785'te resmen kabul edildi.

**1792-1815:** Napolyon savaşları.

**1796:** Edward Jenner çiçek aşısını geliştirdi.

**1797:** Atlı vagonlar için demir rayların ilk kullanımı.

1798:Thomas Malthus *Essay on the Principle of Population* (Nüfus ilkesi üzerine deneme) adlı eserini (önce anonim olarak) yayımladı.

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | | **1799:** Rosetta Taşı'nın keşfi. |
| | **1800:** Herschel kızılötesi ışınımını keşfetti. | **1800:** Richard Trevitchik yüksek basınçlı buhar makinesi yaptı. Ertesi yıl buhar güçlü bir araç yaptı. Dünya nüfusu 870 milyon kadar oldu. |
| | **1801:** Giuseppe Piazzi bilinen ilk asteroid Ceres'i keşfetti.<br>Alessandro Volta ilk elektrik pilini icat etti. | **1801:** Jean Lamarck evrim üzerine erken fikirlerini Erasmus Darwin'in benzer çalışmasından habersiz yayımladı. |
| | **1802:** Thomas Young ışığın dalga kuramına ilişkin makalelerinden, çift yank deneyini kullandığı ilkini yayımladı.<br>William Wollaston Güneş tayfındaki karanlık çizgileri fark eden ilk kişi oldu, ancak önemlerini değerlendirmedi. | **1802:** Thomas Young *On the Theory of Light*'ı yayımladı. |
| **1803**: Doppler, Christian Johann. 1842'de Doppler olayı olarak bilinen olguyu önsöydü. | **1803:** John Dalton atom ağırlıklarının ilk tablosunu yayımladı. | **1803:** Robert Fulton'un buharlı teknesinin Seine üzerinde başarılı denemeleri. |
| **1804**: Jacobi, Carl Gustav Jacob. Fizikte simetri ve değişmezliğin önemini anlayan ilk kimselerden birisi. Onun, Hamilton'un kimi fikirlerini daha geliştiren Jakobiyen determinantları kuantum mekaniğinin önemli bir özelliği oldu. | | **1804:** Napoléon Fransa İmparatoru oldu. |
| **1804**: Weber, Wilhelm Eduard. Birisi elektrostatik davranışın diğeri ise manyetostatik davranışın ölçüsü olan iki anahtar niceliğin oranını belirleyecek deneyler yaptı. | | |
| **1805**: Hamilton, William Rowan. Bir deha olarak en küçük eylem ilkesini üniversite ikinci sınıftayken ışık yolları bağlamında keşfetti. İzleyen kuşaklardaki kuantum fizikçilerine en büyük katkısı, Joseph Lagrange'ın yarattığı devinim denklemleri için yeni bir kılık keşfetmesiydi. Hamiltoncul yorum, dalga mekaniğinde geniş bir kullanım alanı buldu. Ayrıca saf matematikle de ilgilendi ve | | **1805:** Trafalgar Savaşı.<br>**1806:** Beafourt, rüzgâr ölçeğini icat etti. |
| | **1807:** Young "enerji" kavram ve terimini ortaya koydu. | **1807:** Londra sokaklarını aydınlatmada ilk gaz kullanımı. Robert Fulton geliştirilmiş |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| kuaterniyon kuramı diye bilinen dört boyutlu bir cebir geliştirdi; bunu bir, bir boyutlu, bir de üç boyutlu bileşenlere ayırdı. Ayrıca modern anlamıyla "vektör" teriminin adını koydu. | **1807 ve 1808:** Etienne Malus ışığın kutuplanmasını keşfetti. Kabulüne göre ışık her birinin özgül bir yönelimi olan parçacıklar demetinden oluşuyordu. Çift kırılmada ışık demetinin izleyebileceği iki yol bulunuyor, birisi kutuplanmalardan birine diğeri ise ötekine izin vermekte. Dolayısıyla da demet yarılıyor. | buharlı tekneyi New York'un dışındaki East River'de denedi. |
| | **1808:** John Dalton kitabı *New System of Chemical Philosophy*'nin ilk cildini yayımladı. Bu, değişik elementlerin atomlarının değişik ağırlıkta olduğunu ileri sürüyor ve atomların ne yaratılabildiklerini ne de yok edilebildikleri fikrine varıyor; kimyasal tepkimeler sırf atomların yeniden düzenlenişinden ibaret.<br>Joseph Gay-Lussac gazların birbirleriyle, hacimleriyle tamsayıyla orantılı olarak kanştıklarını belirten ve adıyla anılan yasayı keşfetti.<br>William Wollaston bir nesnede atomların üç boyutlu düzeninin anlaşılmasının onun özelliklerinin açıklanmasında yararlı olacağını fark etti. | **1808:** Humphrey Davy elektrikli ark lambasını icat etti. Richard Trevithick Londra'da yolcu demiryolu yaptı.<br>**1809:** Charles Darwin doğdu.<br>**1810:** Berlin Üniversitesinin kuruluşu. |
| **1811:** Bunsen, Robert. Tayf ölçümünün temel ilkelerini formülleştirmek için Gustav Kirchhoff'la birlikte çalıştı. Bunsen'in asistanlarından birisi Michael Faraday'ın icat ettiği bir gereci evirerek Bunsen Beki'ni geliştirdi. Bunun sağladığı temiz ve sıcak alev de değişik nesneler ışıldayana kadar ısıtılıp kendi belgin tayf çizgileri salarak incelenip çözümlenirler. (Bize okulda bu gerecin maden ocaklarında içlerine grizu gazını geçirmeyen bir fener işlevi gördüğünü öğretmişlerdi.) | **1811:** Amadeo Avogadro. Aynı hacim, sıcaklık ve basınçtaki gazların molekül sayılarının da aynı olduğunu ileri sürdü. (Avogadro yasası) | |
| | **1812:** Hans Christian Ørsted bir elektrik akımının manyetik alan oluşturduğunu önsöydü. | **1812:** Napoléon Rusya'ya girdi. |
| **1814:** Ångström, Anders Jonas. İsveçli tayf ölçümü öncüsü. Ölümünden sonra adı dalga | **1814:** Joseph von Fraunhofer. Gök kuşağı desenini prizmadan geçirdiği ışıkta yüksek büyült- | **1814:** George Stephenson'un ilk buharlı lokomotifi çalışmaya başladı. |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| boyu ölçüsüne (10-8 m) verilmiş olup artık modası nm ile geçti. | meyle ilk inceleyen kişi oldu. Güneşten gelen beyaz ışığın tayfında (Wollaston'dan bağımsız olarak) birçok karanlık çizgi görünce şaşırdı Fraunhofer çok geçmeden güneş tayfında 574 çizgi saydı, ve çizgilerin birçoğunun aynılarını Venüs'ten ve birçok başka yıldızdan gelen ışıklarda da buldu. | |
| **1814**: Foucault. (Jean Bernard) Leon. Işığın hızını laboratuarda ilk ölçümüyle (yüzde 1'den küçük hatayla) yaptı, jiroskopu icat etti ve Dünya'nın döndüğünü gösteren ve kendi adıyla anılan sarkaç yöntemini yarattı ve gerçekleştirdi. | **1816:** Augustine Fresnel ışığın dalga kuramının kendi sürümünü geliştirdi. Thomas Young "suyun parçacıklan"nın boylarının santimetrenin milyarda 5-25'i kadar olmak gerektiğini kestirdi; bu modern kestirimden yalnızca on kat büyük. | **1815:** Waterloo Savaşı. ABD'de ilk buharlı savaş gemisi. Humphrey Davy kömür madenleri için güvenli feneri icat etti.<br>**1816:** Rossini *Seville Berberi*'ni besteledi. |
| | **1817:** Fresnel kendi kırınım açıklamasını Fransız Bilimler Akademisine sundu. Kuram ışığın bir dalga kuramını önerirken jüridekilerin çoğunun düşüncesine tersti. Üyelerden birisi, Simeon Poisson, kuramı kullanarak dairesel bir cismin gölgesinin merkezinde kırınımdan ileri gelen parlak bir benek olacağını önsöydü. Jürideki Françoise Arago[6] deneyi gerçekleştirip beneği bulunca (Poisson/Arago/Fresnel) beneği olarak biliniyor) ödül hemen Fresnel'e verildi. | **1819:** Kürekli buharlı *Savannah* Atlas Okyanusunu aştı. Kraliçe Viktorya'nın doğumu.<br>**1820:** Hans Christian Ørsted elektrik akımının manyetik etkisini gösterdi. |
| **1820**: Tyndall, John. Büyük bir fen popülerleştirici. Gökyüzünün ne'den mavi olduğunun anlaşılmasına yardımcı olan Tyndall olayını keşfetti. | **1820:** Fresnel, şimdi adıyla anılan bir mercek tipi (düzleme indirgenmiş bir küresel mercek) geliştirdi. Deniz fenerlerinde yaygın bir kullanım alanı bulacaktı. Hans Ørsted elektrik akımının oluşturduğu manyetik alanı ilk kez ölçtü. | |
| **1821**: Loschmidt, Johann Joseph. Havadaki moleküllerin büyüklüklerini hesapladı ve makul ölçüde günümüzdeki değerden 30 kat küçük buldu. (Avogadro sayısının bir tür eşdeğerini tanımladı.) | **1821:** Katolik Kilisesi Kopernik kuramının öğretilmesi üzerindeki yasağı kaldırdı. Fresnel kutuplanmayı, Malus'un önerdiği parçacıklar yerine enine dalgalar cinsinden açıkladı. | **1821-32:** Yunan (Osmanlı İmparatorluğundan) bağımsızlık savaşı.<br>**1823:** Charles Macintosh su geçirmez ceket icat etti. |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| **1824**: Kelvin (Baron Kelvin of Largs, William Thomson). Termodinamiğe ve elektromanyetik ışınım kuramına birçok katkısı olmuş; ilk başarılı okyanus aşırı kablolu iletişim sisteminin babası (asillik unvanının dayanağı). Kelvin'in gökbilimine ana katkısı Dünya ve Güneşin yaşlarıyla ilgilidir. Bir de (1848'de) sıcaklığın, artık "Kelvin" ölçeğl denilen (mutlak) ölçeğini kurdu. | | |
| **1824**: Kirchhoff, Gustav Robert. Fraunhofer çizgilerinin açıklamasını Güneşin atmosferindeki değişik elementlerin ışığı soğurmalarından ileri gelmesi olarak yaptı. Bunun ardından Robert Bunsen ile birlikte tayf ölçümünün temel ilkelerini formülleştirdi. Salım yasası (Kirchhoff yasası) siyah cisim kavramına ve kuantum kuramının gelişmesine götürdü. | | |
| | | **1825:** İlk buharlı yolcu treni. |
| **1825**: Balmer, Johann Jacob. İsviçreli matematikçi. Tayf gözlemi üzerinde çalıştı ve Ångström'ün ölçmelerini kullanarak hidrojenin görünen tayf çizgilerinin frekanslarını ilişkilendiren basit bir formül buldu (1885). | | |
| **1826**: Cannizzaro, Stanislao. Molekül ağırlığıyla atom ağırlığı arasındaki farkı algılayan ilk kişi; Amadeo Avogadro'nun yaptıklarından giderek hidrojen gibi bildik gazların moleküller halinde olduğunu gösterdi. Bir de hidrojenin atom ağırlığını temel alarak atom ve molekül kütlelerinin bir tablosunu ilk kez yapan kişi oldu. Bu periyodik tablo için önemli bir adım oldu. | **1826:** Heinrich Olbers, dönüm noktası olan bir makale yayımladı; bu, sonsuz büyük Evren ve karanlık gökyüzü problemini özetliyordu (Olbers Çelişkisi). Vardığı sonuç, de Chésaux'unkiyle aynı, yani uzak yıldızlardan gelen ışığın yıldızlar arasındaki seyrek bir madde bulamacında soğurulduğuydu. | **1826:** Delacroix, *Missolonghi Harabeleri*'nde Yunanistan'ı resmetti. |
| **1826**: Riemann, (Georg Friedrich) Bernhard. Eğri uzayın (Öklitçi olmayan geometri) anlaşılabilen bir matematiksel betimini | **1827:** Robert Brown, suda asıltılı minik çiçek tozu parçacıklarının mikroskopta sürekli rastgele devinirken görüldüklerini keşfetti. | |
| | **1827:** William Hamilton, Lagrange'ın türettiği devinim denk- | |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| ilk yapan kişi. Bununla daha sonra Einstein'ın genel görelilik kuramı için kullanacağı matematiksel çerçeveyi oluşturdu. | leminin yeniden düzenlenerek kimi bakımlardan daha basit bir denklemler takımına dönüşebileceğini buldu. Denklemlerin bu sürümü kuantum mekaniğinin ilk günlerinde geniş kullanım bulacaktı. | |
| **1830**: Meyer, (Julius) Lothar. Kimyasal elementlerin periyodik düzenini Dmitri Mendeleyev'den bağımsız olarak buldu ve 1882'de Kraliyet Derneğinin Davy Madalyasını Mendeleyev ile paylaştı. | **1830:** Joseph Henry dinamo ilkesini (değişen manyetik alanın elektrik alan doğurması) buldu ama ABD'deki yayını Avrupa'da öğrenilemedi. Olay daha sonra Faraday tarafından bulunacaktı.<br>Charles Lyell'in *Principles of Geology* (Jeolojinin ilkeleri) adlı kitabının ilk cildi. | **1830:** İngilizce konuşan ABD'lilerin batıya yayılması başladı. |
| **1831**: Maxwell, James Clerk. Pek çok edimi renkli görüşün üç renk kuramını ve elektromanyetik ışımayı betimleyen denklemleri ve bunlan tamamlayan bir anahtar terimin eklenmesini içeriyor. | **1831:** Joseph Henry ve Michael Faraday bağımsız olarak elektromanyetik indüklenmeyi keşfettiler.<br>Termodinamiğin ikinci yasasının en erken sürümü Benoit Clapeyron tarafından ortaya konuldu. | **1831:** Darwin'in *Beagle* ile yolculuğu başladı. |
| **1832**: Crookes, William. Britanyalı fizikçi ve kimyacı; en iyi, yüksek voltajlı boşalma tüpleriyle yaptığı deneyler için tanınır. | | **1832:** Reform yasası Britanya'da oy verme hakkını genişletti.<br>**1833:** Karl Gauss ve Wilhelm Weber, aralarında 2 km olan iki istasyon arasında sinyal gönderen bir elektrikli telgraf geliştirdiler. Babbage "fark makinesi"ni yaptı; Ada Lawrence de bununla çalışmak üzere ilk bilgisayar programını yazdı.<br>**1834:** Louis Braille görme özürlülerin okuma sistemini mükemmelleştirdi. |
| **1834**: Mendeleyev, Dmitri İvanoviç. Kimyacı; elementlerin periyodik cetveli fikrini ortaya koydu ve tablodaki boşluklara bakarak bilinmeyen elementlerin varlığını önsöydü.<br>**1835**: Stefan, Josef. Bir nesnenin enerji ışıma gücüyle (hızı) sıcaklığı arasındaki bağıntıyı (Stefan-Boltzmann yasası olarak bilinir) ortaya koyan ilk kişi. | **1835:** Halley Kuyrukluyıldızının, Halley'ln ölümünden beri ikinci dönüşü. (Bu, 1911'deki görülüşten sonra Hüseyin Rahmi Gürpınar'ın *Kuyruklu-yıldız Altında Bir İzdivaç* adlı romanında "Halamın Yıdızı" olarak konuşulur.")<br>August Compte, yıldızların kimyasal bireşimini insanların hiçbir zaman öğrenemeyeceklerini söyledi.<br>Gustav Coriolis, adıyla anılan kuvveti betimliyor. | **1835:** Samuel Colt, revolverinin patentini aldı. John Constable *The Valley Farm* (Vadi çiftliği) tablosunu yaptı. |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| **1836**: Lockyer, (Joseph) Norman. Helyumu, Yeryüzünde bulunuşundan 30 yıl önce keşfetti ve adını koydu. 1868'de Lockyer ve Fransız gökbilimci Jules Janssen Güneş tayfındaki karanlık çizgilerde, birbirlerinden bağımsız olarak daha önce görmedikleri bir niteliği fark ettiler. Janssen kendi verilerini Lockyer'e gönderdi; O da bunu doğrulayarak Güneşteki bilinmeyen bir elemente ait olduğuna karar verdi. Buna Güneş'in Yunanca adı olan helios'tan helyum adını koydu. | | |
| **1837**: Newlands, John Alexander Reina. Kimyasal elementlerin özelliklerinde periyotluluk fikrini Dmitri Mendeleyev'den bağımsız ve önce geliştirdi, ama ne yazık ki bu fikirleri o sıralarda kabul görmedi. | | **1837:** Samuel Morse elektrik telgrafının patentini aldı. |
| **1837**: van der Waals, Johannes Diderik. Gazların davranışını betimleyen yaygın kullanılan bir denklem –durum denklemi– türetti. | | |
| **1838**: Mach, Ernst. Bugün devinen cisimlerin hızlarının ortamdaki ses hızına oranı olarak kullanılan sayının adı olan Mach sayısı olarak çok tanınır. Mach ayrıca fenbilimcilerin Evrene ilişkin düşüncelerine ve bunları betimlemek için hem küçük hem de büyük ölçekte yaptıkları modellere derin katkılar yaptı. Bu fikirler Einstein'ı ve de kuantum mekaniğinin bazı öncülerini etkilemişti. | **1838:** Paralaks yöntemiyle ilk yıldız uzaklığı belirlendi ve 61 Cygni'nin uzaklığı yayımlandı. Paralaks gökyüzünde bir cismin iki farklı noktadan bakıldığında görünen devinimi olup cismin uzaklığı üçgenlemeyle hesaplanır. | |
| **1838**: Morley, Edward Williams. Albert Michelson ile birlikte, ışığın bir "esir"de yayıldığına ilişkin hiçbir delil bulmayı başaramayan ünlü deneyi yaptılar. | | |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | | **1839:** Louis Laguerre fotoğraf için bir tekniği betimliyor. Charles Goodyear kauçuğu "vulkanize etme" tekniği geliştirdi. |
| | | **1840:** Birleşik Krallık'ta Penny ("kuruş") postası başlatıldı. |
| **1842**: Rayleigh, Lord (John William Strutt, Third Baron Rayleigh of Terling Place). Argon elementini –William Ramsey ile birlikte– keşfi için 1904 Nobel Fizik Ödülünü aldı. Rayleigh 1877 ve 1878'de yayımlanan iki ciltlik destansı The Theory of Sound (Sesin Kuramı) adlı kitabı yazmıştı. Ancak fizikçiler için en önemli katkısı Rayleigh-Jeans Yasası'dır. Bu, siyah cisim ışımasında enerjinin değişik dalga boylarına dağılımını veren bir bağıntı olup betimi uzun dalga boyları için geçerlidir. | **1842:** İlk kez Christian Doppler tarafından ses için önsöyülen Doppler olayı. Bu olay kaynak ya da gözlemci devindiğinde ses ya da ışığın frekanslarında kayma olmasıdır. Julius Mayer, enerji korunumu yasasını (termodinamiğin birinci yasası olarak) ilk ileri süren kişi. | **1843:** Thames'in altından ilk tünel açıldı. Pervaneli buharlı gemi *Great Britain* Atlas Okyanusu'nu aştı. |
| **1844**: Boltzmann, Ludwig. Evrenin devasa bir istatistiksel ucube olabileceğini önerdi. Poincaré'nin yaptığını Boltzmann'ın yorumlamasına göre, tekdüze bir Evrende, pek seyrek olarak evrenin bir kısmı yıldızları, gökadaları ya da Büyük Patlamayı yaratmaya uygun bir şekilde devinecektir. Bir düzenli bölge şansına daha da kalıcı bir düzensizlik bölgesinden çıkabilir. Ayrıca termodinamiğin anlaşılmasına önemli katkılarda bulunmuş ve James Clerk Maxwell'in gaz moleküllerinin hız dağılımlarına ilişkin kuramını genişletmişti. | | **1844:** Friedrich Engels *Die Lage der arbeitenden Klasse in England*'ı (İşçi Sınfının İngiltere'deki Durumu) yazdı. |
| **1845**: Röntgen, Wilhelm Conrad. X ışınlarını keşfetti ve bu gerekçeyle 1901'de ilk Nobel Fizik Ödülünü aldı. | **1845:** Çapı 185,4 cm olan yansıtıcı teleskop merkezi, İrlanda'da Birr Şatosu'nda Lord Rosse tarafından kuruldu ve yıllarca Dünya'nın en güçlü teleskobu oldu. | **1845:** *Scientific American*'ın ilk basımı. |

| fenbilimcilerin doğum tarihleri | bilimdeki kilit tarihler | tarihteki kilit olaylar |
|---|---|---|
| | Spiral yapısı olan ilk gökada (o sıralarda bulutsu/nebüla deniyordu) Lord Rosse tarafından keşfedildi. Bu girdaplı gökada olup spiral kolları olan bir disk gökadanın özellikle çarpıcı ve fotojenik bir örneğidir. Katalog numarası M51 ya da NGC 5194. Faraday ışığın bir elektromanyetik dalga biçimi olduğunu önerdi. Faraday esir kavramını dışlamak amacıyla, ışığın, parçacıkları birleştiren kuvvet çizgilerinin yüksek bir titreşim türü olduğunu önerdi. | **1846:** Washington D.C.'de Smithsonian Institution'un kurulması. Darülfünun (İÜ) kuruldu.<br>**1846–51:** İrlanda'da patates kıtlığı. |
| | **1847:** James Joule enerji korunumu (termodinamiğin birinci) yasasını bağımsız olarak keşfetti. William Thomson elektrik ve manyetik alanların uzay boyunca dağıldığını önerdi; bu kısa süre sonra James Clerk Maxwell'in geliştireceği elektromanyetizmanın kapsamlı alan kuramına doğru atılmış bir adımdı. | |
| | **1848:** Julius Mayer, Güneş'in eğer bir enerji kaynağı yoksa 5000 yıl içinde soğuyacağını hesapladı. Hippolyte Fizeau, Doppler olayının ışık için de geçerli olduğunu önerdi ve gözlemciden öteye giden bir kaynağın ışığında kırmızıya kayma olacağını önsöydü. Edgar Allen Poe (şair ve yazar), Evren sonsuz bile olsa yıldızların uzaklıkları öyle büyük ki birçok yıldızın ışığı henüz bize gelemediğinden geceleri gökyüzü karanlık olabilecektir. William Thomson (sonra Largı Baron/Lord Kelvin), Kelvin adı verilecek mutlak sıcaklık ölçeğini tanımladı. | **1848:** Kari Marx ve Friedrich Engels *Komünist Manifesto*'yu yazdılar. |
| | **1849:** Fizeau modern değerinin yüzde 5'ini aşmayan farkla ışık hızını ölçtü. | **1849:** California'da altına hücum. |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | William Thomson (Lord Kelvin) "termodinamik" terimini yarattı. | |
| | **1850:** Leon Foucault ışığın hızının havada sudakinden daha büyük olduğunu gösterdi. | |
| | **19. Yüzyılın sonları:** Henri Poincaré kutuya kapatılmış bir "ideal gaz" önünde sonunda parçacıklarının termodinamik yasalarınca izin verilen mümkün her türlü düzenlenişten geçeceğini gösteriyor. Ancak, bunların sayısı, küçük bir kutu gazda bile $10^{22}$ atom bulunabileceğinden bu süreç Evrenin yaşından bile kat kat uzun sürecektir. Ludwig Bolzmann, Evrenin devasa bir istatistiksel uçuk olabileceğini önerdi. Ayrıca bizlerin de sadece atomların raslantısal topluluğu, yani daha kalıcı bir düzensizlik içinde geçici bir düzen durumunda olduğumuzu da önerdi. | |
| **1851**: Fitzgerald, George Francis. En iyi, devinen cisimlerin gittikleri yönde kısaldıkları önerisiyle tanınır (Fitzgerald-Lorentz büzülmesi). Bunu Michelson-Morley deneyinin olumsuz sonucunu açıklama olarak yapmıştı. | **1851:** Leon Foucault uzun bir sarkaç kullanarak *D*ünya'nın döndüğünü ortaya koydu. Böyle sarkaçlar Foucault sarkacı olarak bilinegelmekte. *D*ünya döndükçe sarkacın salınım düzlemi değişmeyecek ama yere göre döner görünecek. William Thomson tanımlamış olduğu mutlak sıcaklığı -273°C olarak belirledi. Aynca termodinamiğin ikinci yasasına da matematiksel biçim verdi. | **1851:** Kraliçe Victoria, Büyük Sergi için Crystal Palace'ı açtı. |
| **1852**: Becquerel, (Antoine) Henri. Radyoaktifliği keşfetti. Bunu uranyum tuzlarının, hiçbir dış etmen olmadan kat kat kâğıdı geçerek fotoğraf plaklarını kararlan ışınlar saldığını fark ederek yaptı. | **1852:** Leon Foucault jiroskobu icat etti. | |

***fenbilimcilerin doğum tarihleri***

***bilimdeki kilit tarihler***

***tarihteki kilit olaylar***

**1852**: Michelson, Albert Abraham. Işık hızını birçok şekilde belirledi ve Edward Morley ile birlikte ışığın bir "esir"de yayıldığına ilişkin hiçbir delil bulmayı başaramayan ünlü deneyi yaptılar.

**1852**: Poynting, John Henry. Dünyanın yoğunluğunun ve kütleçekim sabitinin değerinin sağlıklı birer ölçümünü yaptı. 1903'te Güneşin ışınımının, çelişkili bir şekilde dolanan küçük parçacıkları spirallerle Güneş'in ısısında yok edilene dek içeri çekeceğini önerdi. Bu fikir 1930'larda Howard Robertson tarafından ele alınıp görelilik kuramı bağlamında geliştirildi. Ayrıca elektromanyetizma üzerinde de çalıştı ve bir yüzeyden geçen elektromanyetik enerji akışı artık Poynting vektörü olarak bilinen vektörel bir nicelikle gösterilir.

**1852**: Ramsay, William. Soy gazlar olan helyum, neon, argon, kripton, zenon ve radonu keşfetti; periyodik tabloda bütün bir element grubunu keşfeden tek kişidir. Bu başarıyla 1904 Nobel Kimya Ödülünü aldı.

**1853**: Lorentz, Anton. 1902 Nobel Fizik Ödülünü, elektromanyetizma kuramına ilişkin çalışmalarıyla aldı. Bunda, James Clerk Maxwell'in kuramını geliştirdi; Maxwell'in kuramıyla Einstein'ın kuracağı özel görelilik arasında olacak köprüyü hazırladı. Lorentz dönüşümü olarak bilinen ve ışık hızının büyükçe bir oranında giden bir nesnenin uzay ve zamanı nasıl değiştirdiğini veren sistemi George Fitzgerald'dan bağımsız olarak elde etmişti. Ayrıca, George Johnston Stoney'in düşünmüş olduğu "elektron" adını, J. J. Thomson'ın keşfettiği parçacığa 1899'da koydu.

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| **1853**: Onnes, Heike Kamerlingh. Alçak sıcaklık fiziğinde yaptığı öncü incelemeler arasında süperiletkenliği keşfetti. | | |
| **1854**: Poincaré, Henri. Bir kutuya kapatılan bir ideal gazın parçacıklarının, önünde sonunda termodinamik yasalarının izin verdiği mümkün her türlü düzenlemeden geçeceğini gösterdi. Ancak küçük bir kutu gazda bile 1022 atom olabildiğinden bu kadar atomun her türlü düzenlemeden geçmesi Evrenin ömründen bile uzun sürer. Aynca 1906'da, Albert Einstein'ın özel görelilik kuramının birçok sonucunu bağımsız olarak elde ettiği gibi Lorentz dönüşümlerinin de bir grup oluşturduğunu keşfetti. | **1854:** Herman von Helmholtz Güneş'in kendi ağırlığıyla büzülerek saldığı kütleçekim enerjisiyle yavaşça ısındığını önerdi. | **1854:** Londra ile Paris arasında ilk elektrikli telgraf bağlantısı.<br>**1854-56:** Kırım Savaşı.<br>**1855:** Paris'te Louvre Müzesi açıldı. |
| **1854**: Rydberg, Johannes Robert. Bir elementin tayfındaki çizgilerin frekanslarını veren bir matematiksel bağıntı keşfetti (1888); bağıntıda bulunan bir sayıya onun onuruna Rydberg sabiti adı verildi. (Aslında üç yıl önce Johann Jacob Balmer böyle bir bağıntıyı hidrojen tayfı için bağımsız olarak keşfetmiş olup bu adıyla anılmakta ve Rydberg sabitini içermektedir). | | |
| **1856**: J.J. Thomson. 1906 Nobel Fizik Ödülünü –önceden Stoney'in önerdiği adın sonradan Lorentz tarafından konulduğu– elektronları deneylerle parçacık olarak gösterdi; 1937'de ise oğlu George Paget bunlann dalgalar olarak davrandığını göstererek O da Nobel Ödülü alacaktı. İkisi de haklıdır. | | **1856:** Henry Bessemer, çelik üretimi için ucuz bir işlem icat etti. |
| **1857**: Hertz, Heinrich Rudolph. Alman fizikçi; uzun dalga boylu ışınımları (radyo dalgalan) yapay olarak ilk elde eden kişi. Böylece elektromanyetik dalgaların tamı tamına James Clerk Maxwell'in tamamlayıp derlediği denklemlerle önsöyülen şekilde üretildiklerini kanıtlamış oldu. | **1857:** Leon Foucault, gökbllim teleskopları için ince gümüş filmle kaplanmış aynalar yapmaya başladı. | |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| **1858:** Planck, Max Ernst Karl Ludwig. 1900 yılında elektromanyetik ışınımın yalnızca belli birimlerle salınıp soğurulduğunu önererek birimlere kuantumlar adını verdi. Bu siyah cisimlerin ışımasının doğasını açıklayarak kuantum kuramının temelini attı. Aslında Planck ışığın kuantumlar olarak var olduğunu önermeyip bu sürecin atomlardaki salınım yapan yüklerin işleyişiyle ilişkili olduğunu düşünmüştü. Bu çalışması için 1918 Nobel Fizik Ödülü verildi. | | **1858:** İlk Atlantik (Atlas Okyanusu) aşırı telgraf kablosu. |
| **1859:** Arrhenius, Svante August. Dünya'nın, uzaydan toz parçacıklarına binmiş olan mikroorganizmalarla "tohumlandığı"nı önerdi. Bir kimyasal bileşiğin, suda çözüldüğünde elektrik yüklü iyonlara ayrıştığını açıklayan ilk kişiydi. | **1859:** Gustav Kirchhoff ve Robert Bunsen kimyasal çözümlemeler için tayf gözlemi kullanımını geliştirdi.<br>Gustav Kirchhoff, belli bir sıcaklıkta termodinamik dengede olan bir cismin belli bir dalga boyunda saldığı elektromanyetik güç cismin aynı dalga boyunda soğurduğu elektromanyetik güce eşit olduğunu söyleyen Kichhoff yasasını ortaya koydu.<br>Kirchhoff Güneş'te sodyum olduğunu saptadı. | **1859:** Süveyş Kanalının açılmasına başlandı; 1869'da tamamlanacak. Darwin'in *Origin of the Species* (Türlerin Kökeni) yayımlandı. İlk içten patlamalı motor (yakıtı gaz) Jean Lenoir tarafından geliştirildi. İlk petrol kuyusu Titusville-Pensylvania'da açıldı. |
| **1859:** Curie, Pierre ve 1867: Curie, Marie (Polonya doğumlu) Fransız karı-koca çift. 1903 Nobel Fizik Ödülünü radyoaktifliğin öncül çalışmaları için Henri Becquerel ile paylaştılar. Marie Curie, ayrıca radyum ve polonyumun keşfi için 1911 Nobel Kimya Ödülünü aldı. | **Erken 1860'lar:** James Clerk Maxwell gazların davranışının istatistiksel olarak işlenmesini geliştirdi; bu, gazların çok büyük sayılarda ve gelişigüzel çabuk devinen parçacıklardan oluşması fikrine dayanıyordu. | **1860:** İçten patlamalı motorla çalışan ilk araç Jean Lenoir tarafından geliştirildi. |
| | **1861:** Anders Ångström Güneş Sisteminin tayf gözlemsel incelenmesine başladı; bu, Güneş'te hidrojen olduğunu gösterecekti.<br>Crookes talyum elementini keşfetti.<br>Kirchhoff, adını taşıyan yasayı ilk kez kanıtladı. | **1861:** İtalyan birliği. San Francisco'yu New York'a bağlayan ilk telgraf hattı. ABD İç Savaşı başladı. |
| **1862:** Bragg, Sir William Henry. Oğlu William (daha çok Lawrence adıyla bilinir) ile birlikte, X ışınlarıyla kristal yapısını inceledi. Bunun için Nobel Fizik Ödülünü (1915) alan yegâne baba-oğul çifti oldular. | **1862:** Sirius'un, Friedrich Bessel tarafından önsöyülen yoldaş yıldızı ABD'li teleskop yapıcı Alan Clark tarafından bulundu. | **1862:** Richard Gatling makineli tüfeği icat etti. |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| **1862**: Lenard, Philipp Eduard Anton. Fotoelektrik olayı inceleyerek Einstein'ın fotonlar cinsinden açıkladığı deneysel tanıları sağladı. | Bu, Sirius B olarak bilinen ilk beyaz cüce. Beyaz cüceler, kütleleri yaklaşık Güneş'inki kadar, ama hacmi *D*ünya'nınki mertebesinde yıldızlardır.<br>Foucault, ışığın hızını modern değerin yüzdebirinden az farkla 298.005 km/s olarak ölçtü.<br>Kendi yasasını kullanan Kirchhoff siyah cisim ve siyah cisim ışınımı fikirlerini geliştirdi. Bunlar da Max Planck'ı fiziğe kuantum fikrini getirmeye götürecekti.<br>Maxwell, elektrik ve manyetik alanların davranışını açıklamak için sığındığı elektromanyetik dalgaların ışık hızıyla gitmek zorunda olduklarını *On Physical Lines of Force* (Fiziksel kuvvet çizgileri üzerine) adlı makalesine yayımladı. | |
| | **1863:** William Huggins, yıldızların atmosferlerindeki kimyasal elementlerin *D*ünya'dakilerle aynı olduklarını tayf gözlemi kullanarak gösterdi.<br>Ernst Mach, yayımladığı *Die Mechanik* ile artık Mach ilkesi adıyla bilinen fikri ileri sürdü: bir cismin eylemsizlik kütlesi Evrendeki tüm diğer kütlelerin varlığından ileri gelmektedir.<br>John Tyndall atmosferdeki sera etkisi üzerine bir görüş yayımladı. | **1863:** ABD'de Ulusal Bilimler Akademisi kuruldu.[7] |
| **1864**: Minkowski, Hermann. Einstein'ın hocalarından birisi olan Minkowski dört boyutlu uzayzaman fikrini, fiziksel etkileşmelerin yer aldığı zemin olarak ortaya koydu. | **1864:** James Clerk Maxwell, *Dynamical Theory of Electromagnetic Field* (elektromanyetik alanın dinamik kuramı) adlı çalışmasını yayımladı. Bu makale elektrik ve manyetik olgulara ilişkin tüm klasik problemleri, önsöydüğü yerdeğiştirme alanı fikriyle tamamladığı dört denklemle çözdü. Bunu yaparken de radyo dalgaları (adı verilecek olan) dalgaların varlığını önsöydü. | **1864:** James Clerk Maxwell'in *A Dynamical Theory of Electromagnetic Field*'i yayımlandı. |
| **1864**: Wien, Wilhelm. 1911 Nobel Ödülünü, siyah cisim ışımasına içgörü sağlayan ısı ışımasıyla ilgili yasalar (daha çok kısa dalga boylarıyla ilgili) üzerindeki çalışmalarıyla aldı. (bkz. Wien yasası). | | |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| **1865**: Zeeman, Pieter. Manyetik alanların ışığa etkisini inceledi ve yeğin manyetik alanda atomların tayf çizgilerinin yarıldığını keşfetti. Zeeman ışığın yoğun ve devinen ortamlardaki hızını ölçtü. | **1865:** Johann Loschmidt bir santimetreküp havadaki molekül sayısını hesaplayarak modern kestirimlerden 30 kat küçük buldu.<br>John Newlands elementlerin ilk periyodik tablosunu oluşturdu, ancak kurulu düzen eleştirmenlerince alaya alındı. | **1865:** Lewis Caroll (Charles Lutwidge Dodgson) *Alice Harikalar Diyarında*'yı yazdı.<br>ABD İç Savaşı bitti. |
| **1866**: Lebedev, Pyotr Nikolayeviç. Işığın yaptığı ve James Clerk Maxwell'in önsöydüğü basıncı ölçen ilk kişi. Çok hafif bir düzeneği vakumlu bir ortamda kullanıp ışığın basıncını doğrudan ölçerek bu basıncın kuyrukluyıldızın kuyruğunun neden güneşten öteye doğru olduğunu açıkladı. | **1866:** Okyanus aşın ilk telgraf bağlantı kablosu kuruldu. Bunu sağlayan ilkeleri öneren William Thomson bu başarısından dolayı Lord Kelvin oldu. | **1866:** İlk başarılı Atlas Okyanusu aşın telgraf kablosu.<br>**1867:** *Das Kapital*'ın yayımlanması. |
| **1868**: Millikan, Robert Andrews. Elektronun yükünü ölçtüğü için 1923 Nobel Fizik Ödülünü aldı. Ayrıca Albert Einstein'ın fotoelektrik olay kuramını doğrulayan deneyleri de gerçekleştirdi. Daha sonra kozmik ışınlar üzerinde çalıştı. | **1868** Lockyer ve Janssen birbirlerinden bağımsız olarak Güneş'te bulunan helyumu keşfettiler. | |
| **1868**: Sommerfeld, Arnold Johannes Wilhelm. Atomun yapısının kuantum kuramına belli başlı katkıları olan etkleyici bir hoca. Ayrıca Niels Bohr'u atomun "Bohr modeli" ni kurgulaması için yüreklendirdi, ve eliptik yörüngeler ile görelilik öğelerini de katarak daha da geliştirdi. | | |
| **1869**: Wilson, Charles Thomson Rees. Sis odasını icat etti ve 1927 Nobel Fizik Ödülünü Arthur Compton ile paylaştı. | **1869:** Dmitri Mendeleyev elementlerin kimyasal özelliklerine göre gruplandığı ilk periyodik tabloyu yayımladı.<br>John Tyndall, ışığın bir sıvıda asılı halinde bulunan parçacıklardan saçılması olan Tyndall olayını keşfetti ve gökyüzünün mavi görünmesinin sebebinin havada asılı halinde bulunan parçacıklar olduğunu önerdi. | **1869:** Fenbilimi dergisi *Nature*'un ilk yayımlanması. ABD'nin doğu ve batı kıyılarını bağlayan ilk demiryolu hattı tamamlandı. Süveyş Kanalı açıldı. |

***Fenbilimcilerin doğum tarihleri***

**1870**: Perrin, Jean Baptiste. Brown devinimini inceleyen deneysel ölçmelerle Einstein'ın kuramının geçerliliğini gösterip atomların varlığını gerçekleyerek 1926 Nobel Fizik Ödülünü aldı.

**1871**: Rutherford, Ernest. Atomun yapısıyla ilgili birçok öncül inceleme yaptı ve 1908 Nobel Kimya Ödülünü aldı. Rutherford atom çekirdeğinin ve elementlerin dönüşümünün keşfinden sorumludur; aynca üç tür ışınımın adlannı alfa, beta, gama olarak koydu ve radyoaktif tarihleme sürecini icat etti.

**1872**: De Sitter, Willem. Einstein'ın genel görelilik kuramını Evrenin bir matemetiksel modelini sağlamak için uygulayan ilk kişilerden birisi.

**1873**: Schwarzschild, Karl. Albert Einstein'ın genel görelilik kuramı denklemlerinin şimdi kara delikler dediklerimizi betimleyen çözümünü keşfetti.

**1874**: Lyman, Theodore. Lyman'ın fen üzerine çalışmaları, bütünüyle tayfın morötesi kısmı üzerine yoğunlaşmış olup hidrojen tayfındaki çizgilerin Lyman serisini keşfiyle ünlüdür.

**1874**: Stark, Johannes. Stark'ın en iyi bilinen işi 1913'te artı yüklü iyonlar yeğin elektrik alanından geçerken saldıklan ışığın tayfındaki çizgilerin yanlması olan "Stark olayı"nı göstermesidir. Kişisel yaşamında Stark, kuvvetli bir Yahudi karşıtı ve Nazi Partisi'nin sıkı bir destekçisi olarak dönemin önde gelen fenbllimcilerinin arasında kendine özgüydü.

***Bilimdeki kilit tarihler***

**1870:** William Crookes, vakumlu elektriksel boşalma tüplerindeki eser miktardaki gazdan geçen akımlann etkilerini incelerken anottan itilen bir artı yüklü parçacıklar akışı buldu. Crookes bu parçacıklara "molekül ışınlan" adını koymuştu, artık iyon deniliyor.

**1871:** İngiltere'de Cambridge'teki Cavendish Laboratuarının kurulma karan.

**1874:** Cavendish Laboratuan tamamlandı.
George Stoney yaklaşık $10^{-20}$ Coulomb büyüklüğünde temel bir yük olduğunu önererek adını da *elektron* koydu.

***Tarihteki kilit olaylar***

**1870:** Vladimir İlyiç Lenin doğdu. Fransız-Prusya Savaşı.

**1872:** Sarah Bernhardt Paris'te Comédie-Français ile çalışmaya başladı.

**1874:** Empresyonist tabloların ilk sergilenişi (Paris'te). Levi Strauss pirinç perçinli kot (blue jean) pantalonu icat etti.

***fenbilimcilerin doğum tarihleri***

**1875**: Lewis, Gilbert Newton. Molekül oluşturan atomların elektron çiftleri paylaşmaları olarak görülmesi olan kovalent bağ fikrini icat etti.

**1876**: Adams, Walter. ABD'li gökbilimci; Sirius B'nin de çok daha soluk olduğu halde eşi Sirius yıldızı kadar sıcak olduğunu gösteren tayfı elde etmişti. Hem sıcak hem de soluk olabilmesi için yıldızın küçük –Dünya'dan az büyük– olması gerekir. Bu ilk keşfedilen beyaz cücedir.

**1877**: Aston, Francis William. Kütle tayf ölçümü tekniğini icat ederek birçok bildik elementin değişik çeşitlerde (izotop denilir), atom numaraları aynı ama atom kütleleri farklı çeşitleri olduğunu buldu.

**1877**: Jeans, James Hapwood. Evrene ilişkin birçok popüler eser yazıp radyo programı yaptı. Evrenin ısıl ölümü fikrinin yayılmasından büyük ölçüde sorumludur. Çalışma yaşamının başlarında gazların kinetik kuramının gelişmesine ve özgül ısıların incelenmesine kuantum fikrinin erken uygulanmasına katkıda bulundu; siyah cisim ışımasının doğasına ilişkin incelemelere Rayleigh-Jeans yasasına –önemli bir 1/8 çarpanı ekleyerek– katkı yaptı.

***bilimdeki kilit tarihler***

**1875:** Crookes, ünlü "radyometre"sini icat etti. Bu vakumlu bir ampul içine yerleştirilmiş dört kanatlı bir çark olup, kanatların birer yüzü isli siyah, diğer yüzleri ise aynalı. Dışandan ışık sıkıldığında çark hızla dönüyor, çünkü kanadın siyah yüzü ışığı soğurup sıcaklığı çok arttığından ampuldeki artık moleküller ısınıp bu yüzden daha şiddetli sıçrayarak onu iterler. Aslında ışığın basıncını göstermesi amaçlanan bu gereçte, ışığın aynadan yansırken yaptığı itme, isli yüzde soğurulurken yaptığından büyük olacağından dönmenin ters yönde olması beklenirdi. Gözlenen durum vakumun yeteri kadar iyi olmamasından ileri geliyor. Dolayısıyla da ışığın basıncını istenildiği gibi göstermiyor. Lorentz doktora tezini yayımladı. *Işığın Yansıma ve Kırılması* başlıklı tez iki malzeme arasındaki yüzeyde Maxwell denklemlerinin nasıl çözüleceği üzerineydi.
Maxwell atom yapısının katı cisimlerden daha karmaşık olduğunu söyledi.

**1877:** Asaph Hail, Mars'ın iki uydusunu buldu.
Giovanni Schiaparelli Mars'ta kanallar gördüğünü bildirdi.

***tarihteki kilit olaylar***

**1875:** Georges Bizet *Carmen*'i besteledi.

**1876:** Alexander Graham Bell ilk telefon patentini aldı.

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| **1877**: Soddy, Frederick. Radyoaktif bozunma ve izotop çalışmalanyla 1921 Nobel Kimya ödülünü aldı. Rutherford ile birlikte uranyum ve toryum ile başlayıp kurşun izotoplanyla biten iki radyoaktif seriyi belirlediler. | | **1877:** Thomas Edison gramofonu icat etti. |
| **1878**: Meitner, Lise. Çekirdek bölünmesini inceleyen ilk kişilerden birisidir; Meitner çalışdaşı Otto Hahn ile birlikte protaktiniumu keşfetti, yeğeni Otto Frish ile birlikte de uranyum deneylerinin ilk açıklamalannı yayınlayarak adını koyduğu çekirdek bölünmesini (nükleer fisyon) gösterdi. | **1878:** Rayleigh *The Theory of Sound* (Sesin kuramı) kitabının ilk cildini yayımladı. İkinci cilt ertesi yıl gelecekti. | |
| **1879**: Einstein, Albert. Hem özel görelilik kuramını hem de genel görelilik kuramını geliştirdi ve de kuantum kuramının gelişmesine önemli katkılar yaptı. | **1879:** Josef Stefan, John Tyndall'ın deneylerinden sonra bir cismin ışınım salma gücü ile sıcaklığı arasındaki bağıntıyı –Stefan-Boltzmann Yasası– ilk bulan oldu. | **1879:** Modern (telli) elektrik aydınlatma ampulünün öncüsünün İngiltere'de Joseph Swan ve bağımsız olarak ABD'de Thomas Edison tarafından icadı. Lev Davidovich Bronstein (Leon Trotski) doğdu. Çaykovski'nin *Öygen Onyegin* operasının ilk gösterimi. Mary Cassatt *Bir Bardak Çay* tablosu. İlk elektrikli tren (Berlin'de). |
| **1879**: Hahn, Otto. Çekirdek bölünmesinin bulunmasındaki katkılanyla 1944 Nobel Kimya Ödülünü aldı. | | |
| **1879**: Laue, Max Theodor Felix von. X ışınlannın kristallerde kınnımını önsöydü ve gösterip bunlann kısa dalga boylu elektromanyetik dalgalar olduğunu kanıtlayarak 1914 Fizik Nobel Ödülünü aldı. | | |
| **1879**: Richardson, Owen. Elektronlann ısıtılan yüzeylerden salımını inceleyerek 1929 Nobel Fizik Ödülünü aldı. Termoiyonik olay olarak adlandırdığı bu sürecin keşfi elektron tüplerinin geliştirilmesiyle neredeyse tüm ilk elektronik sistemlerin ve gereçlerin geliştirilmesine yol açtı. | | |
| | **1880:** Piskopos Berkeley'in tüm devinimlerin bağıl/göreli olduğu ve bir şeye göre ölçülmesi gerektiği önerisi Ernst Mach tarafından benimsendi; şöyle öneriyor, eğer Dünya'nın ekvatordaki şişkinliği merkezkaç kuvvetlerle (aslının merkezcil | **1880:** Ned Kelly yakalandı. |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| **1881**: Davisson, Clinton Joseph. Elektronun dalga doğasını bağımsız olarak doğrulamalarından dolayı 1937 Nobel Fizik Ödülünü George P. Thomson ile paylaştı. | olduğunu unutmayalım) açıklanmak isteniyorsa "*D*ünya'nın kendi ekseni çevresinde döndüğünü düşünmekle, *D*ünya dururken sabit yıldızların onun çevresinde döndüğünü düşünmek arasında fark yok" şişkinlikten sorumlu olan bağıl devinimdir. Bu ilkeye Einstein sonraları Mach İlkesi diyecekti. | **1881:** İlk kullanışlı elektrik üretme ve dağıtım sistemi.[8] |
| **1882**: Born, Max. Alman Fizikçi. Kuantum kuramının gelişmesine önemli katkılarda bulundu ve kuantum varlıklarıyla ilgili deneyler ya da etkileşmelerin sonuçları doğrudan doğruya belirlenimci olmayıp üstü kapalı bir olasılıkçı olması fikrini ileri sürdü. Heisenberg ve Jordan ile birlikte kuantum mekaniğinin ilk tam ve kendisiyle tutarlı sürümünü oluşturdular. | | **1882:** New York'ta elektrikli aydınlatma. Franklin Delano Roosevelt doğdu. |
| **1882**: Eddington, Sir Arthur Stanley. İlk astrofizikçi olarak, Einstein'ın genel görelilik kuramının can alıcı sınamasını gerçekleştirdi, fiziğin yıldızların yapısının anlaşılmasına uygulanmasını geliştirdi. Ayrıca fenbiliminin 1920'lerde ve 1930'larda büyük bir popülerleştiricisiydi. | | |
| **1882**: Geiger, Hans Wilhelm. Alman fizikçi. Adının verildiği radyoaktiflik ölçen sayıcıyı icat etti. (Bir de Rutherford'un asistanı olarak Marsden ile birlikte atom çekirdeğinin keşfine götüren ünlü deneyi yaptı.) | | |
| **1882**: Noether, (Amalie) Emmy. Simetri grupları ve Abelyen olmayan alanla kavramlarının gelişmelerine önemli katkılar yaptı. Fizikte simetriyle korunum arasındaki ilişkiyi önerdi. | | |
| **1883**: Hess, Victor Francis. 1911 ve 1912'de bir dizi balon uçuşu ile atmosferi geçerek gelen ve çoğu yere inerken soğurulan nüfuz edici radyasyonu keşfetti. Bu keşifler için 1936 Nobel Fizik Ödülünü Carl Anderson ile paylaştı. | | **1883:** Dört saat dilimi sistemi ABD'de resmen benimsendi. Gottlieb Daimler içten patlamalı motorunun modern sürümünü icat etti ve bir teknede sınadı. |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| **1884:** Debye, Peter Joseph Willem. Molekül yapılan; özgül ısılar, X ışını kınnımı üzerine çalışmalan ve moleküllerin kalıcı dipol momenti olduğu fikriyle 1936 Nobel Kimya Ödülünü aldı. | **1884:** Uluslararası bir kurul, Kraliyet Greenwich Gözlemevinden geçen meridiyeni, boylam ölçümü için "baş meridiyen" olarak saptadı. Svante Arrhenius'un sunduğu doktora tezinin özünde bir kimyasal bileşiğin, suda çözüldüğünde elektrik yüklü iyonlara ayrıldığının açıklanması ilk kez yapılıyor. John Newlands en sonunda, kurulu düzence alaya alınan, kimyasal elementlerin özellikleri arasındaki periyodik ilişkiyi ilgilendiren makaleyi 1866'da yayımladı. Ludwig Boltzmann, ilk Josef Stefan'ın 1879'da gözlemlerle ortaya koyduğu Stefan-Boltzmann yasasını termodinamiğin ikinci yasası ve elektromanyetizmadan yararlanarak elde etti. | |
| **1885:** Bohr, Niels Hendrik David. Danimarkalı fizikçi; atomun yapısı için tayf gözlemi ve kuantum fiziğinin ilkelerine dayanan kuramsal modeli ile1922 Nobel Fizik Ödülünü aldı. | **1885:** Balmer, bir tayfta (hidrojenin) çizgilerin nasıl dağıldığına bir açıklama getirdi. Bulmayı başardığı bağıntı, yalnız o sıralarda hidrojenin bilinen dört çizgisinin aralanndaki bağlantıyı değil yakında görünürlüğün eşiğinde gözlenecek bir beşincinin varlığını da önsöyüyordu. | **1885:** Otomobil ve motosiklet icat edildi. |
| **1886:** Siegbahn, (Karl) Manne Georg. X ışını tayf gözlemindeki öncül çalışmalanndan dolayı 1924 Nobel Fizik Ödülünü aldı. Bu, atomun Bohr modelinin sağlamlığı için önemli doğrulama sağladı. | | |
| **1887:** Hertz, Gustav. Atomlann enerjiyi kuantumlarla alıp saldığını gösteren deneyi yapanlardan. Esas yaptığı çalışmalar ise bir elementin değişik izotoplannı ayıracak teknikleri ilgilendiriyor. | | |
| **1887:** Moseley, Henry Gwyn Jeffreys. X ışını tayf gözleminin öncüllerinden ve bir elementin atom sayısının o atomun çekirdeğindeki yükün bir ölçüsü olduğunu ilk fark eden kişi. Bu, periyodik tablonun daha iyi anlaşılmasına ve çok geçmeden keşfedilecek birçok elementin önsöyülmesine yol açtı. | **1887:** Dünya'nın esir içindeki devinimini, ışığın hızının, bu doğrultudaki ve ona dik yöndeki farkını bularak saptamayı amaçlayan Michelson-Morley deneyi yapıldı. Bu deneyler, ışık hızının hiçbir ölçümünün dünyanın devinimiyle ilişkilendirilemeyeceğini göstererek esirin varlığıyla ilgisi olmadığını ortaya koydu. | **1887:** Michelson-Morley deneyi. Nikola Tesla alternatif akım elektrik motorunu icat etti. |
| **1887:** Schrödinger, Erwin. Kuantum fiziğinin dalga mekaniği biçimini geliştirdi ve bu çalışmayla 1933 Nobel Fizik Ödülünü aldı. | | |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| **1888**: Friedmann, Alexandr Aleksandroviç. Hidromekanik ve meteoroloji gibi kılgısal uygulamalarla ilgilendi ama en çok Einstein'ın genel görelilik kuramının denklemlerini çözümleriyle tanınır. | **1888:** Maxwell'in önsöydüğü uzun dalga boylu ışınım ilk kez Alman fizikçi Heinrich Hertz tarafından yapay olarak oluşturuldu. Yıldız hızları Doppler olayı kullanılarak ölçüldü. | **1888:** William Burroughs toplama makinesinin patentini aldı. Oscar Wilde *Happy Prince*'i (mutlu prens) yazdı. |
| **1888**: Raman, Çandrasekara Venkata. 1928'de Raman olayını keşfetti ve bunun için 1928 Nobel Ödülü verildi. Bu olay tekrenkli ışığın saydam bir ortamdan geçerken saçılmasıyla oluşur. Işığın saçılma şekli ortamdaki moleküllere ilişkin bilgi sağlar. | | |
| **1888**: Stern, Otto. Elektron spininin varlığını ortaya koyan Stern-Gerlach deneyini gerçekleştiren takımın üyesi. Stern bu deneydeki tekniği geliştirmesi ve protonun manyetik momentini ölçmesi nedeniyle 1943 Nobel Fizik Ödülünü aldı. | | |
| **1889**: Hubble, Edwin Powell. Bulutsu (nebula) olarak sınıflandırılan birçok nesnenin başka gökadalar olduğunu kanıtladı; kırmızıya kayma ile uzaklık arasındaki ilişkiyi keşfederek bundan Evrenin genişlediğini çıkarttı. | | **1889:** Eiffel Kulesi açıldı. |
| **1890**: Bragg, (William) Lawrence. Babası William ile birlikte, X ışınlanyla kristal yapısını inceledi. Bunun için 1915 Nobel Fizik Ödülünü alan yegâne baba-oğul çifti oldular. | **1890'lar:** Edward Pickering yıldızlann sıcaklığını ölçen bir yöntem geliştirdi ve ilk standardı geliştirdi. John Poynting Dünya'nın yoğunluğunu belirledi ve kütleçekim sabitinin sağlıklı ölçülerini yaptı. | **1890:** Londra yeraltı tren sistemi (metro) açıldı. |
| **1891**: Bothe, Walther Wilhelm Georg Franz. Gelişkin bir parçacık detektör tekniği –Geiger sayacından türetilmiş eşzamanlılık sayacı– gellştirmesl dolayısıyla 1954 Nobel Fizik Ödülünün yarısını kazandı. | | |
| **1891**: Chadwick, James. Nötr ve protonla neredeyse eşit kütlede bir parçacık olan nötronu keşfetti. | | |

***Fenbilimcilerin doğum tarihleri***

**1891**: Humason, Milton Lasell. Edwin Hubble ile, Evrenin genişlediğinin keşfine götüren kırmızıya kayma gözlemlerinde birlikte çalıştı.

**1892**. Broglie, Louis-Victor Pierre Raymond, Prince de. Elektronlar gibi tüm maddesel "parçacıklar"ın dalgalar olarak da betimlenebileceği önerisiyle 1929 Nobel Fizik Ödülünü aldı. Bu dalga-parçacık ikiliği kuantum fiziğinin merkezinde yatmaktadır.

**1892**: Compton, Arthur Holly. ABD'li fizikçi; elektronlardan saçılan X ya da gama ışınlannın dalga boylanndaki artmayı (Compton olayı) keşfiyle 1927 Nobel Fizik Ödülünü aldı.

**1892**: Thomson, George Paget. 1937 Nobel Fizik Ödülünü elektronlann dalga olarak davrandıklannı gösteren deneysel çalışması için aldı; babası J.J. Thomson ise 1906 Nobel Ödülünü elektronlann parçacık olarak davrandıklarını gösterdiği için almıştı. İkisi de haklı.

**1894**: Bose, Satyandra Nath. Hint fizikçi; kuantum fiziğine Bose-Einstein istatistiği olarak bilinen sıra dışı bir katkı yapmıştı.

**1894**: Kapitza, Piotr Leonidoviç. 1938'de adını koyduğu süperakışkanlığı bulduğu alçak sıcaklık fiziğine olan büyük katkılanyla 1978 Nobel Fizik Ödülünü aldı.

***Bilimdeki kilit tarihler***

**1893:** Wilhelm Wien "siyah cisim" ışınımının en yüksek ışıma dalga boyu ile cismin sıcaklığı arasındaki ilişkiyi keşfetti; bu gökbilimcilerin yıldız sıcaklıklannı ölçebilmelerini sağladı.

**1894:** Philipp Lenard, katot ışınlarının bir metal yapraktan dümdüz geçebildiğini, dolayısıyla da (Crooks'un tahmin ettiği) elektrik yüklü moleküller olamayacaklarını gösterdi. William Ramsay, Lord Raylelgh ve William Crookes, bir "soy" gaz olan argonu ilk keşfeden oldular.

***Tarihteki kilit olaylar***

**1893:** Mormon Tapınağı Salt Lake City'de tamamlandı. Mao Çe-Tung doğdu.

**1894:** Manchester Gemi Kanalı tamamlandı. Guiglielmo Marconi 10 m ötedeki zili çalan bir radyo vericisi geliştirdi.

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| **1894**: Klein, Oskar. Uzayzamanın dörtten fazla boyutu olduğu fikirinin öncüsü. Bkz. Kaluza-Klein kuramı. | | |
| **1894**: Kramers, Hendrik Anthony. Raman saçılmasını önsöydü (Werner Heisenberg ile birlikte). Ayrıca 1947'de üzerinde durduğu "yeniden boyutlandırma"yı geliştirdi. Bu fikri kullanarak bir denklemin zorlayıcı sonsuzluklarını birbirlerine karşı dengeleyerek götürmek mümkün oluyor. | | |
| **1894**: Lemaître, Georges Édouard. Evrenin Büyük Patlama betiminin ilk sürümünü geliştirdi. | | |
| **1895**: Tamm, Igor Yevgeniyeviç. Çerenkov ışınımı için 1958 Nobel Fizik Ödülünü paylaştı. Ayrıca nötr olsa da nötronun manyetik momenti olduğunu gösterdi. Tamm'ın, birçok kimsenin kanısına göre en önemli çalışması, 1934'te geliştirdiği beta bozunması kuramı olup bunun nükleonlar arasında etkin olan zayıf kuvvetin bir sonucu olduğunu önerir. | **1895:** X ışınları Wilhelm Röntgen tarafından keşfedildi; önceleri Röntgen ışınları deniliyordu. Helyum Yeryüzünde William Ramsay ve William Crookes tarafından belirlendi. Jean Baptiste Perrin katot ışınları üzerindeki çalışmalarıyla bunların yüklerinin kütleleri oranının ölçülebilen parçacıklar olabileceğini göstererek bunu kesinleştirecek olan J.J. Thomson'un (adını, olabilecek böylesine bir nesne için 1873'te Stoney'in koymuş olduğu) elektronu keşfinin yolunu açmış oldu. | **1895:** Lumière kardeşler hareketli resimleri halka gösterdi. |
| **1896**: Germer, Lester Herbert. Elektronların dalgalar olduğunu gösteren deneyde Clinton Davisson ile çalıştı ve 1937 Nobel Ödülünden pay aldı. | | |
| **1896**: Milne, Edward Arthur. Yıldızların yapısı üzerine öncül kuramsal araştırmalar yaptı. 1930'ların başlarında William McCrea ile birlikte genel görelilik kuramının önsöydüğü genişleyen Evren fikrinin aslında Isaac Newton'ın klasik mekanik ve kütleçekim kuramlarıyla da betimlenebileceğini gösterdi. | **1896:** Ay'ın ilk fotoğraf atlası Lick Gözlemevi tarafından yayımlandı. Henri Becquerel, X ışınlarının keşfiyle uranyum atomlarının doğurduğu değişik bir ışınım keşfetti. Charles Wilson, sis odacığını kullanırken oluşan damlacıkların elektrik yüklü parçacıkların (iyonlar) çevrsindeki yoğunlaşmasından ileri geldiği kanısına varıp bunu, bir sis odacığını X ışını kaynağının yanında çalıştırırken X ışınlarının odacığı yoğuşumlarla doldurduğunu | **1896:** Radyoaktifliğin keşfi. |
| **1897**: Blackett, Patrick Maynard Stuart. Britanyalı fizikçi; radyoaktif sayıcı kontrollü sis odası | | |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| geliştirdi ve bunun sonucunda 1948 Nobel Ödülünü aldı. | gözleyerek kanıtladı. | |
| **1897:** Cockroft, John Douglas. İngiliz fizikçi; Ernest Walton ile birlikte geliştirdikleri ilk elektrostatik hızlandırıcıyla yaptıkları deneylerle bir elementin diğerine (bu deneyde alfa hızlandırarak) yapay olarak dönüştürülebileceğini (çekirdek tepkimesi) gösterdiler (popüler dilde "atomun parçalanması"). | **1897:** J.J. Thomson katot ışını denilen nesnelerin aslında atomlardan kopan yüklü minik parçacıklar olduklarını keşfetti. "Zerrecikler" dediği bu parçacıklar çok geçmeden George Stoney'in *adını* koymuş olduğu ve de Lorentz'in atomların yapısı için önerdiği temel yük olarak elektron adıyla bilinmeye başlandı. | **1897:** Camille Pisarro *Boulevard des Italians* tablosunu yaptı. |
| **1897:** Joliot-Curie, Irène ve **1900**: Joliot-Curie, (Jean) Frédérick. Yapay radyoaktiflik çalışmalarıyla 1935 Nobel Kimya Ödülünü paylaştılar. Bu çalışma alüminyumu alfa ışınlarıyla dövmeyi içeriyordu. Alfa ışınları kaynağı kaldırıldıktan birkaç dakika sonra alüminyum dakikalarca pozitron saldı. Alüminyum çekirdeklerinin bir kısmı alfa parçacıkları soğurmuş ve fosforun radyoaktif bir çeşidi olan bir fosfor çekirdeğine dönüşüyor o da yaklaşık 3,5 dakikalık yarıömrüyle silisyuma bozunuyor. Bu, yapay radyoaktifliğin ilk fark edilişi olup elementlerin dönüşmeleri kimi durumlarda kılgısal bir olanak oluşun açık bir delilidir. | | |
| **1898**: Atkinson, Robert D'escourt. Atkinson'un fenbilimine baş katkısı, Fritz Houtermans ile birlikte yıldızların içinde enerjinin ilke bakımından bölünmeyle (fisyon) nasıl üretilebileceğini göstermesidir. | **1898:** Marie Curie, Becquerel'in keşfettiği olguya radyoaktiflik adını verdi.<br>Ludwlg Boltzmann atomlara ilişkin hesaplarının ayrıntılarını yayımladı. | |
| **1898**: Rabi, Isidor Isaac. Elektronun manyetik momentinin ölçülmesine götüren rezonans yönteminin geliştirilmesiyle 1944 Nobel Fizik Ödülünü aldı. Bu, kuantum elektrodinamiğinin gelişiminde bir anahtar adımdı. Rabi'nin atom ve çekirdeklerin davranışları üzerine çalışmaları lazerler ve | | |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| atom saatleri gibi pratik uygulamaların temelini oluşturuyor. Lamb kaymasının ölçülmesi de Rabi'nin tekniklerinden birisinin geliştirilmesini kullanmıştı. | | |
| **1898**: Szilard, Leo. Atom bombasının geliştirilmesinde ana rollerden birisini, benzeri bir silahın Nazi Almanya tarafından geliştirilebilme olasılığı kaygısıyla üstlenmişti; ancak bunun Japonlara karşı kullanılmasına karşıydı. Szilard aynca Maxwell'in cini problemini de çözdü. | | |
| **1898**: Zwicky, Fritz. Astrofiziğe birçok katkı yaptı; süpernovalar, derli gökadalar ve gökada öbekleri üzerinde çalıştı. Nötron yıldızları fikrini atarcaların keşfinden önce ciddiye alan birkaç kişiden birisiydi. | | |
| **1899**: Auger, Pierre. Fazla enerjisi olan bir atomun, daha alçak bir düzeye elektromanyetik ışıma yapmak yerine bir elektron salarak inebileceğini keşfetti. Salınan elektrona Auger elektronu denilir. | **1899:** Ernest Rutherford radyoaktifliğin alfa ve beta dediği iki türü olduğunu keşfetti, gama denilecek üçüncü türü daha sonra bulunacaktı.<br>Philip Lenard fotoelektrik olay üzerine çalışmalarına başladı, ayrıca katot ışınlarının doğasını da incelemeye başladı. Bu çalışmalar 1905 Nobel Fizik Ödülünü kazandırdı.<br>Hendrik Lorentz atom modelindeki parçacıklar için, Stoney'in temel yük için önermiş olduğu *elektron* adını kullandı. | **1899:** Aspirin pazarlandı. |
| **1900**: Joliot-Curie, Frédéric. 1935'te karısı İrène ile, yapay radyoaktiflik üzerine çalışmaları için Nobel Kimya Ödülünü paylaştı. Ayrıca, daha sonra atom bombasında kullanılan tür kontrol dışı bir zincirleme tepkimenin olabilirliğini hesapladı ama savaşın çıkmasıyla sonuçlarını yayımlamayarak mühürlü bir mektupla Fransız Bilimler Akademisi'nde korunmaya bıraktı. | **1900:** Max Planck siyah cisim ışınımının doğasını keşfettiğini açıkladı; ışıma ancak ışık atomlar tarafından kesikli kuantumlar (fotonlar) olarak salınıp soğuruluyorsa anlaşılabilecekti. Planck'ın keşfinin ana özelliği atomun deneyimleyeceği en küçük enerji değişikliğinin bir sınırı olması, yani modern terimlerle tek bir fotonun salınması ve | **1900:** İlk kıyı ötesi petrol kuyuları. Ferdinand von Zeppelin ilk güdülebilen hava gemisini yaptı. Termiyonik anahtarın icadı. Max Planck "kuantum" kavramını ileri sürdü. |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| **1900**: London, Fritz Wolfgang. En çok Walter Heitler ile hidrojen molekülünün kovalent bağının kuantum mekaniksel betimini sağlamalanyla tanınır; bu, kuantum kimyasının doğuşudur. Aynca Van der Waals kuvveti olarak bilinen etkinin yeğinliğini hesapladı ve süperiletkenliği inceledi. | soğurulmasıdır.<br>Rayleigh-Jeans Yasası (***bkz. 1904***) olarak bilinen yasa Lord Rayleigh tarafından ortaya konuldu. Bu yasa, siyah cisim tayfının uzun dalga boyu kısmı için kesinlik gösterse de ışığın dalga kuramına dayandığı için dalga boylan kısaldıkça yanılmaya başlar. | |
| **1900**: Pauli, Wolfgang. Kuantum kuramının gelişiminde birçok katkısı oldu; başta Pauli dışarlama ilkesi 1945 Nobel Fizik Ödülüne götürdü. Beta bozunmasının sorunlannı çözecek olan nötrinolann varlığını da ilk öneren oldu. Aynca, daha 20 yaşındayken görelilik kuramını en iyi anlatan bir ansiklopedi makalesi yazmış, birkaç yıl sonra ise hidrojen atomunu Heisenberg-Born matris mekaniği ile çözmüştü. | | |
| **1900**: Uhlenbeck, George Eugene. Elektron spini kavramını ilk ortaya koyan ilk ekibin üyesiydi. Bu kilit içgörü, başka şeylerin yanı sıra atomlarda iki elektronun fermiyon oldukları halde aynı bir düzeyde nasıl bulunabildiklerini açıklayabildi. | | |
| **1901**: Fermi, Enrico. Wolfgang Pauli'nin "yeni parçacık" fikrini benimseyip beta bozunmasında gözlenen anormal davranışları açıklamada kullanıp bu parçacığa "nötrino" adının verilmesine yol açtı.[16] En çok anıldığı konulardan birisi ilk nükleer reaktörü yapan grubun önderi olmasıydı. Gökbilimle ilgilendiğinde "Dünya'nın uzaylılar tarafından kolonileştirilmemiş olması Gökadamızdaki tek uygarlık olduğumuzun kanıtıdır " demesiyle hatırlanır. | **Erken 20. Yüzyıl:** Theodore Lyman hidrojenin tayf özelliklerinin doğasını inceleyip, morötesi bölgedeki çizgiler olan Lyman serisini belirledi. | **1901:** İlk elektrikli daktilo. İlk Atlas Okyanusu aşırı radyo iletişimi. Paul Gauguin *Gold in the Bodies* tablosunu yaptı. |
| **1901**: Heisenberg, Werner. 1920'lerde belirsizlik ilkesini ortaya koydu. Bu kuantum | | |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| dünyasında konum ve momentum arasında içkin bir belirsizlik ilişkisi olduğunu göstermişti. 1932 Nobel Fizik Ödülünü moleküler hidrojen tayfının özelliklerine getirdiği incelikli açıklamalar için aldı. Kuantum fiziğinin ilk tam ve kendisiyle tutarlı kuramı olan matris mekaniğini kurdu. | | |
| **1901**: Lawrence, Ernest Orlando. Siklotronu icat etti. Bu pek çok amaçla kullanılan bir hızlandırıcı olup aralarında tıpta uygulanımları da olan radyoaktif izotopların üretimi ile plütonyum ve neptünyum bireşimleri bulunmakta. 1939 Nobel Fizik Ödülünü aldı ve savaştan sonra kardeşi John ile birlikte fiziğin tıbba uygulanması üzerinde çalıştı ve onunla nötron huzmelerinin kanser sağaltımında kullanılmasını icat ettiler. | | |
| **1901**: Pauling, Linus Carl. 1920'lerin sonu ve 1930'ların başlarında kuantum fiziğini, kuantum kimyasının temelini kurmak için kullandı ve bununla 1954 Nobel Kimya Ödülünü aldı. 1962'de nükleer silah denemelerini durdurma çalışmaları için ikinci Nobel Ödülünü Barış konusunda aldı. Amino asitlerin ve proteinlerin molekül yapılarını belirledi. Daha sonra da C vitaminin yalnız soğuk algınlığı ve başka rahatsızlıklara karşı korumadığını, vücudun kansere karşı dayanıklılığını da artırdığı kanısına vardı. | | |
| **1902**: Brattain, Walter Hauser. Transistör etkisinin keşfi için 1956 Nobel Fizik Ödülünü William Shockley ve John Bardeen ile birlikte paylaştılar. | **1902:** Lord Kelvin atomun ilk modem modelini ortaya koydu. Bu model artı yükle dolu bir kürecik içine dağılmış noktasal eksi yükler olup İngilizcede Thomson'un "erikli puding" modeli olarak adlandırılmıştı. | **1902:** New York'un "Flatiron" binası tamamlandı. |
| **1902**: Dirac, Paul Adrien Maurice. Kuantum kuramının, operatör kuramı ya da kuantum cebiri olarak bilinen kendi sürümünü | | |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| geliştirdi ve hem Helsenberg'in matris mekaniği hem de Schrödinger'in dalga mekaniğinin kendi operatör kuramının özel halleri olarak birbirlerine eşdeğer olduklarını gösterdi. Dirac ayrıca kuantum fiziğine ikinci kuantumlanma fikrini getirdi; bir de karşı-maddenin varlığını önsöydü. | Rutherford ve Frederick Soddy alfa ya da beta ışıması yapan bir atomun başka bir elementin atomuna dönüşeceğini gösterdiler. | |
| **1902**: Goudsmit, Samuel Abraham. Elektron spini kavramını ortaya koyan ekibin bir üyesi. | | |
| **1902**: Jordan, (Ernst) Pascual. Göttingen'de kuantum mekaniğinin matris mekaniği sürümünün kurulmasında Max Born ve Werner Heisenberg ile çalıştı. 1920'lerde ve 1930'larda, kuantum elektrodinamiğine giden yolu döşeyen kuramsal çalışmaların öncülerindendi. Ayrıca kütleçekim kuramı üzerinde de önemli çalışma yaptı. | | |
| **1902**: Strassman, Fritz. Atom çekirdeğinin bölünme olgusunu açıkça ortaya koyan –Lise Meitner ve Otto Frisch'in bu anlamda yorumladığı– ilk deneylerde Otto Hahn ile işbirliği yaptı. | | |
| **1902**: Wigner, Eugene Paul. 1963 Nobel Fizik Ödülünden kuantum fiziği kuramı, özellikle de parite korunumu üzerine çalışmaları için pay aldı. Wigner, John von Neumann ile birlikte modern alan kuramının kuantum mekaniğinde kullanılan birçok kilit matematiksel kavramını ileri sürdü, ayrıca soğurma kuramı üzerinde çalıştı. | | |
| **1903**: von Neumann; John. Parlak bir matematikçiydi ama yine de kuantum mekaniğine olan en etkileyici katkısı büyük bir yanlıştı. 1932'de yayımlanan bir kitapta, hiçbir "saklı değişkenler" kuramının kuantum dünyasının işleyişini | **1903:** John Poynting, Güneşten çıkan ışınımın görünürde çelişkili bir etkisini önerdi. Buna göre ışınlar güneş çevresinde dolanmakta olan küçük parçacıkların içeri doğru | **1903:** Wright kardeşlerin ilk makineli uçuşu. "Atom enerjisi" teriminin ilk kullanılışı. |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| hiçbir zaman gerektiği gibi betimleyemeyeceğinin "kanıtını" vermişti. Bu kanıt sıra değiştirmeyle ilgili temel bir yanlışa dayanarak "saklı değişkenler" kuramının incelenmesini onlarca yıl geri bıraktı. | güneşin sıcaklığına gömülene dek spirallenirler. | |
| **1903**: Powell, Cecil Frank. Temel parçacıkları fotoğraf emülsiyonlarındaki izlerle inceleme tekniğini geliştirdi. Pionu keşfi için 1950 Nobel Fizik Ödülünü aldı. | | |
| **1903**: Walton, Ernest Thomas Sinton. 1951 Nobel Fizik Ödülünü, 1932'de John Cockroft ile birlikte geliştirdikleri ilk "atom parçalayıcısı" için paylaştılar. | | |
| **1904**: Frisch, Otto Robert. Bölünme kuramı üzerinde Lise Meitner ile birlikte çalıştı. Ayrıca Rudolf Peierls ile birlikte çalıştı; birlikte uranyum-235 kullanarak patlayıcı zincirleme tepkimeye tetikleme yapılabileceğini düşünebilen belki de ilk kimseler olup bir nükleer bomba olanağı için Britanya hükümetini uyardılar. | **1904:** Hendrik Lorentz, artık Lorentz dönüşümü denilen denklemleri geliştirdi. Bunlar, Maxwell denklemlerinin dönüşüm özelliklerini incelerken bulduğu, doğru çizgiler boyunca değişik hızlarla giden nesneler arasındaki dinamik ilişkileri betimliyor. | **1904:** Panama Kanalı'nın yapımına başlandı; 1914'te tamamlanacaktır. |
| **1904**: Gamow, George ("Joe"). Büyük Patlamadaki koşullarım ilk hesaplanmasını yaptı, kozmik ardalan ışınımının varlığını önsöydü; ayrıca yaşamın molekülü olan DNA'nın genetik şifresinin çözülmesinde rolü oldu. | | |
| **1904**: Heitler, Walter. Kovalent bağın kuantum mekaniksel betimi üzerinde Fritz London ile birlikte çalıştı. | | |
| **1904**: Kronig, Ralph de Laer. Elektron spini fikrini 1925'te ortaya koydu ama Wolfgang Pauli, Werner Heisenberg ve Hendrik Kramers ile tartıştıktan | | |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| sonra onlar tarafından, yayımlamaktan caydırıldı; hepsi fikre kuşkuyla bakıyorlardı.<br>**1904**: Oppenheimer, (Julius) Robert. 1920'lerde ve 1930'larda kuantum kuramı üzerinde çalıştı, elektronun artı yüklü bir karşılığı olduğunu önsöymüştü; en çok tanındığı konu atom bombasının yapılmasındaki rolü; bombanın yapıldığı Los Alamos Fenbilimi Laboratuarlarının ilk Direktörü idi.<br>**1905**: Anderson, Carl David. Pozitronu keşfi için 1936 Nobel Fizik Ödülünü aldı; karşı-maddenin varlığının ilk kanıtıdır.<br>**1905**: Mott, Nevil Francis. Yarıiletkenler üzerine çalışmalarıyla 1977 Nobel Fizik Ödülü verildi. Ayrıca atom çarpışmalarının kuantum kuramı üzerinde çalıştı ve bir dizi önemli ders kitabı yazdı.<br>**1905**: Segre, Emilio. Karşı-protonun keşfi için 1959 Nobel Fizik Ödülünü aldı. Aynı zamanda ilk bütünüyle insan yapısı yeni element olarak belirlenen teknisyumu keşfetti. Ayrıca başka iki elementin –astatin ve plütonyum– keşfine katıldı.<br>**1906**: Bethe, Hans Albrecht. Yıldızların, enerjilerini çekirdek bölünmesi tepkimelerinden alış mekanizmasını elde etti. Ayrıca kuantum fiziğinin 1940'lardaki gelişmesine büyük katkıları oldu.<br>**1906**: Gödel, Kurt. Avusturya doğumlu ABD'li matematikçi. Einstein'ın genel görelilik denklemlerinin zamanda yolculuğa izin veren bir çözümünü buldu.<br>**1906**: Goeppert-Mayer, Marya. Çekirdeğin tabaka modelinin geliştirilmesi çalışmalarına katkısıyla 1963 Nobel Fizik Ödülünü paylaştı. | **1905:** Einstein'ın özel görelilik kuramı uzay ve zamanı, doğru çizgiler boyunca değişik hızlarla giden nesneler arasındaki dinamik ilişkileri, ışık hızının değişmezliği fikrini kullanarak aynı matematiksel betimlemede birleştiriyor.<br>Einstein, fotoelektrik olayı açıklamak üzerinde çalışarak Planck'ın elektromanyetik dalga olarak düşünülen ışığın, yalnızca salım ve soğurma durumu için önerdiği kuantumlan olan parçacık nitelikli fotonların ışığı bütünüyle betimlediğini önerdi. Bu, kuantum kuramının gelişmesinin kilit adımı oldu.<br>Einstein molekül boyutlarının –modern değerlerle uyumlu– birkaç Ångström (bir santimetrenin yüz milyonda birkaçı) mertebesinde olduğunu hesapladı.<br>Einstein, Brown devinimi (suda asılı halindeki çiçek tozu taneciklerinin şaşırtıcı zigzaglı devinimleri) üzerine klasik makalesini yayımladı. Açıklaması, etkili olanın zerrelerin moleküllerce dövülüp durmasıdır.<br>Einstein, fizikle ilgili, en çok bilinen $E = mc^2$ bağıntısını elde etti, ancak, bunu özgün makalesinde $\Delta m = \Delta E/c^2$ şeklinde ortaya koymuştur.<br>1900'de Lord Rayleigh tarafından ortaya konulmuş olan Rayleigh-Jeans Yasası, James Jeans tarfından düzeltildi (adı bunda eklediği 1/8 çarpanıyla eklendi). | **1905:** Özel görelilik kuramı. |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| **1906**: Ruska, Ernst August Friedrich. Elektron mikroskobunun geliştirilmesi çalışmaları için 1986 Nobel Fizik Ödülünü aldı. | **1906:** Poincaré, Albert Einstein'ın özel görelilik kuramının birçok sonucunu bağımsız olarak türetti. | **1906:** Büyük San Francisco Depremi. Kellog'un mısır ezmeleri ilk kez satışta. |
| **1906**: Tomonaga, Şin İtiro. Kuantum elektrodinamiği kuramı için 1965 Nobel Fizik Ödülünü paylaştı. | | |
| **1907**: Jennsen, (Johannes) Hans (Daniel). 1940'larda birbirlerinden bağımsız olarak çekirdeklerin bir dizi tabaka olarak betimlenebilecekleri önerisi ile Marya Goeppert Mayer ile birlikte 1963 Nobel Fizik Ödülünü aldılar. | | |
| **1907**: London, Heinz. Süperakışkanlık, süperiletkenlik ve izotop ayırma teknikleri üzerinde çalıştı. | | |
| **1907**: Peierls, Rudolf Ernst. Başka şeylerin arasında kuantum kuramını ve çekirdek tepkimeleri kuramı üzerinde çalıştı. 1940'ta Peierls'in Otto Frisch ile birlikte yazdıkları makale On the Construction of a "Superbomb" (Bir "üstünbomba"nın yapılışı), nükleer silahların geliştirilmesinin gerçekçi bir olanağı bulunduğunu söylüyordu. Pelerls Manhattan Projesi'ndeki Britanya grubunun önderiydi ve 1968'de şövalyelik verildi. | | |
| **1907**: Yukawa, Hideki. Pionların varlığını önsöyümüyle 1949 Nobel Fizik Ödülünü aldı. | **1907:** Einstein'ın, ivme ile kütleçekimin (eylemsizlik kütlesiyle çekim kütlesinin) eşdeğerli olduklarını söyleyen eşdeğerlilik ilkesi ortaya konuldu. | **1907:** Renkli fotoğrafın icadı. Pablo Picasso, *Les Demoiselles de Avignon* tablosunu sergiledi. |

***Fenbilimcilerin doğum tarihleri***

**1908**: Bardeen, John. İki ayrı gerekçeyle fizikte Nobel Ödülü alan ilk kişi. Yariletkenler üzerindeki çalışması transistörün yapılmasına ve 1956'daki ilk Nobel Ödülüne götürdü. Robert Schrieffer ve Leon Cooper ile birlikte süperiletkenlik kuramını geliştirince ikinci Nobel Ödülünü 1972'de paylaşarak aldı.

**1908**: Frank, İlya Mihailoviç. Çerenkov ışıması üzerindeki incelemeleriyle 1958 Nobel Fizik Ödülünü Pavel Çerenkov ve Igor Tamm ile paylaştı.

**1908**: Landau, Lev Davidoviç. Nötron yıldızlarını önsöydü, süperakışkanlığın kuramını geliştirdi ve 1962 Nobel Fizik Ödülünü başlıca, sıvı helyum'un davranışı üzerine kuramsal çalışmalarıyla aldı.

**1908**: Teller, Edward. "Hidrojen bombasının babası" olarak ünlendiyse de bu bilimsel olmaktan çok siyasi ilgisinden dolayıdır. George Gamow ile birlikte beta bozunmasını güden kurallar üzerinde çalıştı. Daha sonra Enrico Fermi ile çekirdek bölünmesi üzerinde çalıştı. Teller hem Manhattan Projesi'nde çalıştı hem de sonradan kaynaşma (füzyon) bombasının geliştirilmesinde içkin oldu. Dr. Strangelove için esin kaynağı olduğu düşünülmüştü.

***Bilimdeki kilit tarihler***

**1908:** Heike Onnes, helyumu sıvılaştıran ilk kişi oldu. Hermann Minkowski uzay ve zamanı tek bir matematiksel betimde birleştirmenin, betimin matematiksel olarak dört boyutlu Öklit geometrisiyle eşdeğer olduğunu gösterdi. Böylece uzay ve zamanın uzayzamanda birleştirilmesi, yassı bir kağıt tabakasının dört boyutlu eşdeğeri olarak düşünülebilir.

***Tarihteki kilit olaylar***

**1908:** İlk Model T Ford.

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| **1909**: Casimir, Hendrik Brugt Gerhardt. Hollandalı fizikçi; geniş kapsamlı meslek yaşamında özellikle önemli katkılarını süperiletkenlik kuramına yaptı. Bir de adıyla anılan çok yakın paralel iki metal plakanın birbirlerini çekmesi olan Casimir etkisini önsöydü. | **1909:** Karl Böhlin, Güneş'in Saman Yolu'nun merkezinde olmadığını önerdi. Hans Geiger ve Ernest Marsden, Rutherford'un güdümüyle bir alfa parçacığı demetinin, sıkıldıkları bir metal yapraktan saçılarak dağılma düzeninin Thomson atom modeline hiç uymadığını, kimilerinin geriye bile saçıldıklarını keşfettiler. Jean Baptiste Perrin, Brown deviniminin zahmetli ve titiz bir gözlemiyle bu sürecin tamı tamına işin içindeki parçacıkların moleküllerle dövüldüklerini ortaya koyarak Einstein'ın 1905'te önerdiği kurama deneysel destek sağladı. | **1909:** Robert Peary ve Matthew Henson Kuzey Kutbu'na erişecek ilk modern kâşifler. İlk elektrikli ekmek kızartıcağı satışta. Louis Blériot, Calais'den Dover'e uçtu. |
| **1909**: Ulam, Stanislaw Marcin. Edward Teller ile birlikte ilk hidrojen (kaynaşma) bombasının tasarımını yaptı. | **1909–15:** Robert Millikan elektronun yükünü ölçmek ve Einstein'ın fotoelektrik olay kuramını incelemek için yaptığı çalışmalar. Bunların sonuçlarıyla 1923 Nobel Fizik Ödülünü alacaktı. | |
| **1910**: Chandrasekhar, Subrahmanyan. En iyi bilinen çalışmaları yıldızların, özellikle de beyaz cücelerin ömürlerinin bitiş noktasındaki kuramsal incelemeleri, ve de kara deliklerin matematiksel kuramı. | **1910:** Elektronu keşfeden Britanyalı fizikçi J.J. Thomson protonları da keşfetti. Einstein gökyüzünün mavi oluşunun ışığın atmosferdeki moleküllerden saçılmasından dolayı olduğunu kanıtladı. Charles Wilson, sis odacığı boyunca alfa ve beta ışınları fırlatarak tek tek parçacıkların izlerini iplik gibi bulutlar olarak gördü. Theodor Wulf erken bir detektör kullanarak Eiffel Kulesi'nin tepesindeki doğal ışınım ardalanını ölçtü ve yer düzeyindekinden fazla buldu. Bu, kozmik ışınların ilk gerçek belirtisi oldu.[15] | |
| **1910**: Shockley, William Bradford. 1956 Nobel Fizik Ödülünü John Bardeen ve Walter Brattain ile birlikte icat ettikleri transistör için paylaştılar. | | |
| **1911**: Alvarez, Luis Walter. ABD'li fizikçi; yüksek enerji parçacık fiziği çalışmaları ve içerdiği hidrojen kabarcık odası tekniğinin geliştirilmesi için1968 Nobel Fizik Ödülünü aldı. | **1911:** Ernest Rutherford, Geiger ve Marsden'e yaptırdığı deneyin sonucunun basit bir elektriksel itici çarpışma içeren klasik mekanik hesabına tam | **1911:** Roald Amundsen'in ekibi Güney Kutbuna erişen ilk insanlar olarak güvenle geri döndüler. İlk asansörler Londra'daki Earl's Court istasyonunda kullanıldı. Henri Matisse *Le Studio Rouge* tablosunu yaptı. |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| **1911**: Fowler, William Alfred. Fred Hoyle ile birlikte yaptıklan, yıldızlann içinde elementlerin oluşumuyla –nükleosentez/çekirdekbireşimi– ilgili çalışmalan için 1983 Nobel Fizik Ödülü Aldı. Bu çalışmanın ardından Hoyle ve Robert Wagoner ile birlikte çok erken Evrende hafif elementlerin oluşma kuramı –Büyük Patlama çekirdekbireşimi (nükleosentez)– üzerine çalıştılar. | uyduğunu göstererek atomun, merkezdeki artı yüklü minik bir çekirdeği çevreleyen elektronlar bulutu olduğunu keşfetti. Heike Onnes süperiletkenliği keşfetti. | |
| **1911**: Wheeler, John Archibald. Genel görelilik kuramı üzerine önder uzmanlardan birisi oldu. Uzaktan etki'nin, Richard Feynman ile çalıştıklan bir sürümü kuantum mekaniğinin işlemsel yorumu için esin sağlanmasına yardımcı oldu. Çalışmalannın çoğu bir birleşik alan kuramı bulunmasıyla ilgiliydi. | | |
| **1911**: Wu, Chien-Shiung. Zayıf etkileşme içeren bazı süreçlerde parite bozulmasını doğrulayan deneyleri gerçekleştirdi. | | |
| | **1912:** Victor Hess insanlı balon uçuşlan yaparak 5.000 m yükseklikte ışınımın yerdekine göre beş kat yüksek olduğunu göstererek kozmik ışınların varlığı için inandırıcı kanıt buldu. Elektron volt (eV) adı verilen enerji birimi ortaya konuldu. Bu, 1 voltluk potansiyel farkı altında ivmelenen tek bir elektronun kazanacağı enerjidir. | **1912:** *Titanik* battı. |
| **1913**: Lamb, Willis Eugene Jr. 1955 Nobel Fizik Ödülünü hidrojen tayfının ayrıntılannın incelikli çalışmalan için aldı. Bunlar, ince yapıyı ve kuantum elektrodinamiği kuramının gelişimi için kilit bir gözlemsel adım olan Lamb kayması adı verilen olguyu içeriyordu. | **1913:** Niels Bohr kendi atom modelini tamamladı; bu, kuantum kuramında el altındaki fikirlere dayanan ilk modeldi. Frederick Soddy kurşunun değişik çeşitlerde olabildiğini gösterdi; bunu ve başka elementlerin de çeşitli biçimleri olduğunu, çeşitlere izotop adını vererek açıkladı. Johannes Stark, "kanal ışınları" denilen artı yüklü iyonlar yeğin | **1913:** Henry Ford, otomobillerin üretimini hızlandırmak için montaj hattı kurdu. Geiger sayacı icat edildi. Stravinsky'nin *Bahar Ayini*'nin ilk çalınışı. |
| **1914**: Davis, Ray Jr. Güneşten gelen nötrino akısını ölçecek ilk deneyi yarattı ve kurdu. | | |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | elektrik aianlanndan geçerken bunlardan gelen ışığın tayfındaki çizgiler yanlıyor: "Stark olayı." | |
| **1914**: Zel'doviç, Yaakov Borisoviç. Büyük Patlamadaki gibi çekirdek tepkimeierinin kuramsal incelenmesi ile üretmeleri gereken helyum miktannın hesaplanmalannın öncülerinden birisi. | **1914:** Vesto Slipher, Lowell Gözlemevi'nde çalışırken, o sıralarda spiral bulutsular (artık gökadalar deniliyor) olarak bilinen on beş gök cisminin on birinin ışığında kırmızıya kayma keşfetti. Arthur Eddington spiral bulutsulann gökadalar (galaksiler) olduklarını önerdi. Theodore Lyman, hidrojen tayfının morötesi kısmındaki ***Lyman serisi*** çizgileri keşfetti. | **1914-18:** Birinci Dünya Savaşı. **1914:** Sütyen patenti alındı. Panama Kanalı açıldı. |
| **1915**: Hofstadter, Robert. Çekirdeğin iç yapısı üzerine çalışmalanyla 1961 Nobel Fizik Ödülünden pay aldı. Hofstadter proton ve nötronun benzer büyüklük ve biçimleri olduğunu buldu ve çekirdek yapısının genel bir görünümünü geliştirdi. | **1915:** Albert Einstein'ın genel görelilik kuramı Prusya Bilimler Akademisi'ne sunuldu. Kuram, uzay ve zaman birleşiminin, maddenin varlığıyla nasıl bozulduğunu betimliyor. Albert Millikan, beklentilerinin zıddına Einstein'ın ışık kuantumlan kavramının (fotoelektrik olay) doğru olduğunu kanıtladı. Alfred Wegener kıtalann sürüklenmesi kuramını yayımladı. | **1915:** Çanakkale Savaşlan. ABD'de ilk kıta aşın telefon konuşması. Marc Chagall *L'Anniversaire* tablosunu yaptı. |
| **1915**: Hoyle, Sir Fred. Yıldızlann içinde elementlerin nükleosentezle nasıl oluştuğunu açıkladı; ama en çok Evrenin ezeli ve ebedi olduğu düşüncesi olan Evrenin Durağan Durum modeli ile tanınır; bu bağlamda sonlu Evrenin birden başlaması önerileriyle "dalga geçerek" söylediği "Büyük Patlama" terimini yaratmış oldu. | | |
| **1915:** Shull, Clifford Glenwood. Maddenin yapısının nötron saçılma teknikleriyle incelenmesinin geliştirilmesine katkılanyla 1994 Nobel Fizik Ödülünü aldı. | | |
| **1915:** Townes, Charles Hard. Mazer ve lazerle ilgili çalışmalarıyla 1964 Nobel Fizik Ödülünü aldı. Ayrıca uzayda çok atomlu moleküllerin (su ve amonyak) bulunduğunu ilk keşfeden oldu. | | |

***Fenbilimcilerin doğum tarihleri***

**1916**: Dicke, Robert Henry. En çok kozmik ardalan ışınımı üzerine çalışmalarıyla (ve keşfini bir tür raslantı farkıyla kaçırmasıyla) tanınır.

**1916**: Prokhorov, Aleksander Mihailoviç. 1964 Nobel Fizik Ödülünü mazer ve lazer çalışmalarına katkısıyla Nikolai Basov ve Charles Townes ile paylaştı.

***Bilimdeki kilit tarihler***

**1916:** Genel görelilik kuramının solucan deliklerini betimleyen çözümleri kuramın gelişmesinden kısa süre sonra bulunduysa da hemen böyle yorumlanmadı.

Schwarzschild, uzayzaman geometrisinin küresel bir kütle çevresindeki kesin matematiksel betimini Einstein'a gönderdi, O da Prusya Bilimler Akademisi'ne sundu. Böylesi her kütle için şimdi Schwartzschild yarıçapı denilen bir kritik yarıçap bulunuyor. Bu, uzayzamanın öylesine aşırı bir bozulmasıdır ki kütle kritik yarıçapın içine sıkıştırıldığında uzay bunun çevresine kapanarak onu Evrenin geri kalanından koparır ve bir bakıma kendine yeten bir Evren yapar; öyle ki bundan hiçbir şey, ışık bile kaçamaz. Bu en basit –Schwartzschild– kara delik türüdür ya metriği aslında herhangi bir küresel kütle yoğuşumunun yakınındaki uzayzamanı betimliyor.

Heinrich Reissner, Einstein'ın genel görelilik kuramının Reissner-Nordstrøm çözümünü (dönmeyen ama elektrik yükü olan kara deliği betimler) ilk geliştiren oldu. Bunun gerçek Evrende bulunması pek mümkün değil, çünkü çevresinden zıt yük çekerek kısa sürede elektriksel olarak nötr Schwartzschild karadeliği olur. Çözüm, daha sonra Nordstrøm'den bağımsız olarak aynı sonuçlara varan Reissner tarafından da bulundu.

Gilbert Lewis kovalent bağ fikrini yayımladı, bunda bir moleküldeki atomların elektron çiftlerini paylaştıkları düşünülmektedir.

Einstein ışık kuantumuyla ilgili momentum fikrini ileri sürdü.

***Tarihteki kilit olaylar***

**1916:** Frank Lloyd Wright Tokyo'da Imperial Hotel çalışmasını tamamladı.

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | Einstein, ***kendiliğinden salım***'ı incelerken uyarılmış bir atomun bir enerji kuantumu (foton) salarak taban durumuna inmesi için, dışarıdan aynı dalga boyundaki bir fotonun geçmesiyle kışkırtılabileceğini ilk fark eden oldu. (Atomun saldığı fotonun fazı dışardan geçeninkiyle tam aynı oluyor.) | |
| **1917**: Bohm, David Joseph. Kuantum mekaniğinin yorumlanmasına esaslı katkıları oldu. Manhattan Projesi'nde çalıştı. Kuantum kuramına, güden dalga, bölünmemiş bütün ya da saklı değişkenler yorumu gibi çeşitli adlarla anılan almaşık bir sürüm önerdi. | **1917:** Einstein, genel görelilik kuramını dünyaya uygulayarak denklemlerinin Evrenin ya genişlediğini ya da büzüldüğünü, ama kararlı kalmadığını söylediğini keşfetti. Kuramı kararlı yapmak amacıyla "kozmolojik sabit"ini ileri sürdü. Bu, genel görelilik kuramıyla betimlenen Evren modelinin duruk olmasını sağlayacak parametreydi. Ama daha sonra bu "kozmolojik sabit"i yaptığı en büyük hata olarak niteleyecekti. Willem de Sitter de Einstein denklemlerinin "genişleyen Evren" çözümünü bulmuştu. | **1917:** Rusya'da Bolşevik devrimi. Clarence Birdseye donmuş besini icat etti. John Singer Sargent John D. Rockefeller'in tablosunu yaptı. John F. Kennedy doğdu. |
| **1917**: Rainwater, (Leo) James. Çekirdek yapısı kuramı üzerine çalışmalarıyla 1975 Nobel Fizik Ödülünü aldı. Bunun dışındaki araştırma ilgileri pion saçılma çalışmaları ve nötron tesir kesitinin ölçülmesidir. | | |
| **1918**: Feynman, Richard Phillips. Nobel Ödül'lü (1965 Fizik) kuantum fizikçisi ve büyük hoca. Kuantum mekaniğini, klasik mekaniğin doğal olarak katıldığı güvenli bir mantıklı temele yerleştirmek için yeniden düzenledi. Ayrıca sıvı helyumun süperakışkanlığının kuramına ve hem yeğin hem de zayıf kuvvetlerin incelenmesine esaslı katkılar yaptı ve kuantum kütleçekim kuramına yaklaşım için içgörüler sağladı. Kuantum fiziğine yol integrali yaklaşımını geliştirerek bundan kuantum elektrodinamiğinin en açık seçik ve en bütüncül bir sürümünü türetti. Bir de Challenger Uzay Mekiği faciasının fark edilmeyen basit sebebini buldu. | **1918:** Gunnar Nordstrøm, Einstein'ın genel görelilik kuramı denklemlerinin Reissner-Nordstrøm çözümünü, Nordstrøm'den bağımsız olarak buldu. Bu, dönmeyen ama elektrik yükü olan kara deliği betimler. Bunun gerçek Evrende bulunması pek mümkün değil, çünkü çevresinden zıt yük çekerek kısa sürede elektriksel olarak nötr Schwartzschild karadeliği olur. Harlow Shapley, Saman Yolu'nun büyüklüğünün ilk sağlıklı kestirimini sağladı ve Güneş'in konumunun Gökada'nın dış kısmında olduğunu anladı. Lise Meitner ve Otto Hahn radyoaktif bir element olan protaktinyumu keşfettiler. | **1918:** Britanya ile Avustralya arasında ilk radyo bağlantısı. Mondros ateşkesi. |
| **1918**: Reines, Frederick. Nötrinoları (aslında karşı-nötrinoları) | | |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| deneyle ilk saptayanlardan birisi. Bunlar Clyde Cowan ile birlikte yürüttükleri ve Savannah River reaktöründe üretilen bir ışınım demetini incelediklerideneylerde saptandı. Bu çalışma için 1995 Nobel Fizik Ödülünü aldı. Reines aynca temel parçacıklann pınltı sayıcılan kullanarak saptanması için teknikler geliştirdi. ve kozmik ışınlan inceledi. | | |
| **1918**: Schwinger, Julian Seymour. Kuantum elektrodinamiği kuramının geliştirilmesindeki payı için 1965 Nobel Fizik Ödülünü aldı. | | |
| **1918**: Siegbahn, Kai Manne Borje. Elektron tayf gözlemindeki öncül çalışmalan için 1981 Nobel Fizik Ödülünü aldı. | | |
| **1919**: Bondi, Sir Hermann. Evrenin Kararlı Durum modelini Tommy Gold ve Fred Hoyle ile birlikte önerdi. | | |
| **1919**: Cowan, Clyde Lorrain Jr. Nötrinolan 1956'da ilk saptayan deneyde Frederick Reines ile birlikte çalıştı. | **1919:** Yıldız ışığının Güneş'in kütleçekimiyle sapması, A. S. Eddington'un kurduğu ekiplerce Güneş tutulması sırasında ölçüldü ve Newton kuramına değil Einstein'ın önsöyümüne uyduğu bulundu. Rutherford, Cockroft ve Walton'un kurduğu elektrostatik hızlandıncı yardımıyla hızlandınlmış bir alfa parçacığının bir azot çekirdeğine çarpmasıyla çekirdeğin oksijene değiştiği ve bir hidrojen çekirdeği salındığını keşfetti. Simyacıların elementlerin dönüşmesi düşlerini gerçekleştirmiş oldu. Theodor Kaluza, kütleçekimiyle elektromanyetizmayı beş boyutlu bir modelde birleşeceğini önerdi, bu Kaluza-Klein modeli olarak geliştirilecekti. | |
| **1920**: Chamberlain, Owen. Emilio Segre ile karşı-protonu keşiflerinden dolayı 1959 Nobel Fizik Ödülünü paylaştılar. | | |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | Francis Aston kütle tayf ölçerini icat etti. | |
| **1920**: Pippard, Alfred Brian. Süperiletken yüzeylerinin davranışını incelemek için mikrodalga ışınlarını kullandı. Süperiletkenlerde birçok elektronun tek bir kuantum varlığı olarak davranması için "bağdaşım" fikrini ileri sürdü. | **Erken 1920'ler:** Compton olayı, X ışınlarının ya da gama ışınlarının elektronlardan saçıldıklarında dalga boylarının arttığı Arthur Compton tarafından keşfedildi. Bu olay, Einstein'ın haklı olduğunu kanıtlayarak fotonların gerçekliğini ilk ve son defa olarak ortaya koydu. | **1920:** Radyo yayınları başladı. John Thompson hafif makineli tüfeği patentledi.[9] |
| **1920**: Sakharov, Andrei Dimitrieviç. Sovyet hidrojen bombasının yapılışına önderlik eden önde gelen fenbilimci olan Sakharov daha sonra Sovyet rejiminin karşıtı olarak nükleer sınama yasaklanması anlaşması sağlanması için çabaları için 1975 Nobel Barış Ödülünü aldı. 1960'larda Büyük Patlamada karşı-madde yerine madde oluşumu için bir süreç önermişti. | **1920'ler:** Edwin Hubble ve başka gözlemcilerin çalışmaları, yalnız Saman Yolu'muzun Kozmos'taki birçok gökadadan birisi olduğunu değil Evrenin genişlemesiyle gökadaların birbirlerinden uzaklaştığını da gösterdiler. Bu, Einstein'ın kozmolojik sabitine gerekliliği ortadan kaldırdı. Linus Pauling kimyasal bağların ilk tam betimini, biçim ve yönelimlerini kuantum olasılıklarının belirleyeceği dışarıya yayılmış yük bulutlarıyla yaptı. | **1920-33:** ABD'de alkollü içki yasağı. |
| **1920**: Steinberger, Jack. 1988 Nobel Fizik Ödülünü Leon Lederman ile birlikte, müon nötrinosunun varlığını ortaya koyan ortak çabaları için paylaştılar. | **1920:** William Draper protonun nötr karşılığı olacak nötronun varlığını önerdi. | **1921:** Mao Çe-Tung Çin Komünist Partisi'nin kurulmasına katıldı. Dünyanın ilk motorlu araç yolu Berlin'de açıldı. |
| **1922**: Basov, Nikolay Gennadiyeviç. Mazer ve lazerlerin geliştirilmesi için 1964 Nobel Fizik Ödülünü aldı. 1958'de lazer yapmak için süperiletkenlerin kullanılmasını önermişti. | **1922:** Aleksander Friedmann, Einstein denklemlerinin, değişik model evrenleri betimleyen bir çözümler ailesini buldu. Francis Aston iyonların kütlelerini ölçecek bir teknik geliştirdiği için Nobel Kimya Ödülünü aldı. | **1922:** Benito Mussolini İtalya'da iktidarda. Tutankhamun'un kabri keşfedildi.[10] |
| **1922**: Bohr, Aage Niels. Çekirdek yapısı üzerine çalışmalarıyla (kollektif model) 1975 Nobel Fizik Ödülünü paylaştı. | | |
| **1922**: Lederman, Leon Max. Müon bozunmasını inceledi ve 1962'de müon nötrinosunun varlığını onayladı. Lederman dip kuarkın varlığına ilişkin delillerin keşfinde de bulundu ve 1988 Nobel Fizik Ödülünü çalışdaşlan Melvin Swartz ve Jack Steinberger ile paylaştı. | | |

***Fenbilimcilerin doğum tarihleri***

**1922**: Yang, Chen Ning. 1957 Nobel Fizik Ödülünü beta bozunmasında parite korunumu bozulmasını önsöyümü için T.D. Lee ile paylaştı. Ayrıca gene Lee ile birlikte yüklü W bozonunun ve artık Z adıyla bilinen parçacıkla taşınan zayıf akımları önsöydüler.

**1923**: Anderson, Philip Warrren. 1977 Nobel fizik Ödülünü elektronların düzensiz (kristal olmayan) katılardaki davranışı üzerindeki çalışmalan için aldı. Yaniletkenler üzerindeki çalışması modern bilgisayarlann belleklerde kullanılan gereçlere yol hazırladı.

**1923**: Dyson, Freeman John. En çok, kuantum elektrodinamiği kuramına açıklık kazandırması ile tanınır. Bu iş, Richard Feynman'ın, Julian Schwinger'in ve Şin İtiro Tomonaga'nın kuramlarının birbirleriyle eşdeğer olduklarını göstermişti.

**1923**: Fitch, Val Lodgson. Nötr kaon bozunmasının CP korunumunu bozduğunu James Cronin ile birlikte keşifleriyle 1980 Nobel Fizik Ödülünü aldılar.

**1923**: Charpak, Georges. Çok telli orantılı sayıcı olarak bilinen tür detektörü geliştirmesinden dolayı 1992 Nobel Fizik Ödülünü aldı. Akademik yaşamının çoğunu bir veri kitlesi arasından çok seyrek parçacık olaylarını seçme yolları aramaya adamıştı.

***Bilimdeki kilit tarihler***

**1923:** Arthur Compton'un, X ışınlarının esneksiz saçılmaları olan Compton olayını incelemeleri elektromanyetik kuantumların elektronlarla çarpışmalarının enerji ve momentum değiş tokuşundaki davranışlarının tamı tamına parçacıklarınki gibi olduğunu gösterdi.

***Tarihteki kilit olaylar***

**1923:** Tokyo'da büyük deprem, 130.000 kişi öldü.[11]

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | **1924:** Louis de Broglie, elektronlar gibi tüm maddesel "parçacıklar"ın dalgalar olarak da betimlenebileceğini önerdi. Bu, dalga-parçacık ikiliği kuantum fiziğinin merkezinde yatar.<br>Eddington beyaz cüce yıldızların yozlaşmış maddeden yapıldığını önerdi.<br>Satyendra Bose, siyah cisim ışıması için Planck bağıntısını tamamen ışığın minik parçacıklardan (fotonlar) yapıldığına dayanan istatistiksel yaklaşımla türetmenin bir yolunu buldu.<br>Bozonların (doğalarında fotonlarla benzeşen "parçacıklar") davranışını özetleyen istatistiksel kurallar Satyendra Bose ve Albert Einstein tarafından geliştirildi.<br>Wolfgang Pauli, önceleri bir gizem olan dördüncü kuantum sayısının, elektronun yalnız yukarı ve aşağı yönelerek gereken ikili değeri veren "spin"ini betimlediği fikrini ileri sürdü. | **1924:** Böcekkıranların ilk kullanılışı. |
| **1925:** Esaki, Leo. Yarıiletkenlerde tünellemenin keşfi için Ivar Giaver ve Brian Josephson ile birlikte 1973 Nobel Fizik Ödülünü aldılar.<br>**1925:** van der Meer, Simon. CERN'de kıdemli mühendis olarak çalışırken rastgele soğutma denilen bir teknik geliştirdi. Bu, parçacık hızlandırıcılarında daha yeğin karşı-proton demetleri oluşturma olanağı sağlıyordu. Bu çalışmayla 1984 Nobel Fizik Ödülünü Carlo Rubbia ile paylaştı.<br>**1925:** Ne'eman Yuval. Sekiz katlı yol fikrini Murray Gell-Mann'dan bağımsız olarak geliştirdi ve kuark modeli için kuramsal model geliştirilmesinde önemli bir rolü oldu. | **1925:** Wolfgang Pauli, dışarlama ilkesini oluşturdu. Bu, herhangi iki elektronun (ya da artık fermiyon olarak bilinen parçacık ailesinin diğer üyelerinden ikisinin) tamı tamına aynı bir kuantum durumunda bulunmasını engelleyen bir doğa yasasının söylemidir.<br>George Uhlenbeck ve Samuel Goudsmit, gümüş atomlarının, çiftlenmemiş tek bir elektronundan ileri gelen içkin bir spini olduğunu önerdiler.<br>Robert Millikan kozmik ışınların adını koydu.<br>Pierre Auger, adıyla anılan olayı keşfetti. Bunda, fazla enerjisi olan bir atom bunu bir foton yerine bir elektron salarak taban durumuna döner; salınan elektrona Auger elektronu denilir. | **1925:** Franz Kafka'nın *Dava*'sı yayımlandı. Werner Heisenberg kuantum mekaniğinin matris sürümünü geliştirdi. |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | Heisenberg, kuantum fiziğinin ilk tam ve kendisiyle tutarlı kuramı ve matris mekaniği olarak bilinecek olan yapıyı şekillendirdi. Max Born ve Pascual Jordan bunu tam bir kuram haline sokmak için Heisenberg ile işbirliği yaptılar. Paul Dirac, operatör kuramı ya da kuantum cebiri olarak bilinen kendi kuantum kuramı sürümünü ortaya koydu. Manne Siegbahn ve çalışdaşlan X ışınlannın da tıpkı ışık gibi kınlmaya uğradığını gösterdiler. | |
| **1926**: Glaser, Donald Arthur. Kabarcık odacığını icat etti. | **1926:** Erwin Schrödinger kuantum fiziğinin dalga mekaniği biçimlenişini yayımladı. Kuantum mekaniğinin bu Hamiltonyen sürümü Born'un olasılık düşüncesine yol açacak olup hâlâ standart yöntem olarak konuya giriş için kullanılmaktadır. Olasılığın kuantum dünyasında kilit rol oynadığı fikri Max Born tarafından geliştirildi. Bunun anlamı bir kuantum deneyinin sonucunun şansa bağlılığı, rulet çarkında bir sayının çıkma şansıyla aynı şekildedir. Fermiyonlann uyduklan kurallar Enrico Fermi ve Paul Dirac tarafından geliştirildi. Bunlara göre fermiyonlann toplam sayılan parçacık etkileşmelerinde ne artabilir ne de azalabilir; eğer bir fermiyon oluşursa bu kesinlikle uygun bir karşı-parçacığın eşliğinde olmalıdır. Dolayısıyla Evrendeki toplam fermiyon sayısı hep aynı olup Büyük Patlamada etkili olan koşullarla belirlenmiştir. Paul Dirac, kuantum mekaniğinin daha önce hem Schrödinger hem de Carl Eckart tarafından gösterilmiş olan matris ve dalga gösterimlerinin eşdeğerliğini, bunların kendi operatör kuramının özel halleri olduğunu kanıtlayarak göstermişti. | **1926:** Konuşan resimleri Jazz Singer getirdi. Baird, bir mekanik tarama sistemine dayanan bir televizyon sistemi icat etti. Robert Goddard sıvı yakıtlı bir roketi 56 m yüksekliğe fırlattı. Erwin Schrödinger kuantum mekaniğinin dalga sürümünü geliştirdi. |
| **1926**: Lee, Tsun Dao. 1957 Nobel Fizik Ödülünü Chen Ning Yang ile birlikte yaptıklan parite korunumunun belli koşullarda bozulduğunu önsöyen çalışmalan için paylaştılar. Aynca gene Yang ile birlikte yüklü W bozonunun ve artık Z adıyla bilinen parçacıkla taşınan zayıf akımlan önsöydüler. | | |
| **1926**: Mottelson, Ben Roy. 1925 Nobel Fizik Ödülünü çekirdeğin kollektif modeli çalışmalan için Aage Bohr ve James Rainwater ile paylaştı. | | |
| **1926**: Nişijima, Kazuhiko. "acayiplik sayısı" fikrine Murray Gell-Mann 'dan bağımsız olarak vardı. Aynca elektrona eşlik eden elektron nötrinosu gibi, müonlara da eşlik edecek ikinci tür bir nötrino olmak gerektiğini önsöydü. | | |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| **1926**: Abdüsselam, Muhammed (Salam, Abdus). 1979 Nobel Fizik Ödülünü elektrozayıf etkileşme kuramının geliştirilmesine katkısından dolayı paylaştı. | Gilbert Lewis ışık parçacıkları (kuantumlan) için foton adını ileri sürdü.<br>Robert Goddard ilk sıvı yakıtlı roketi yaptı.<br>Kaluza'nın kütleçekim ve elektromanyetizmanın beş boyutlu birleşimi, Oskar Klein tarafından kuantum etkileri de katılıp, her iki öncünün adını taşıyarak Kaluza-Klein kuramı adıyla anılmaktadır. Bu birleştirme yıllarca yadsındı çünkü, Kaluza-Klein kuramının ilk zaferinden hemen sonra keşfedilen daha karmaşık yeğin ve zayıf etkileşmeleri de içermesi için daha birçok "fazladan" boyut gerektiriyordu.<br>Heisenberg, belirsizliğin kuantum dünyasındaki merkez rolünü keşfetti ve dalga-parçacık ikiliğinin, eğer elektronlar gibi varlıkların gerçek parçacıklar olup ereklerine "pilot dalgalar"la yönlendirildiğini önerdi. | |
| **1927**: Maiman, Theodore Harald. Miami'deki Hughes Laboratuarlarında çalışırken 1960'ta mazer ilkelerine dayanarak lazerleri geliştirdi.<br>**1927**: Müller, (Karl) Alex. Yüksek sıcaklık süperiletkenliğini keşifleri için Karl Bednorz ile birlikte 1987 Nobel Fizik Ödülünü aldılar. | **1927:** Walter Heitler ve Fritz London, Schrödinger'in kuantum mekaniksel dalga denkleminin matematiksel yapılımını; birer elektronu olan iki hidrojen atomunun, paylaşılan bir çift elektronu olan bir molekül oluşturmak için birleşirken enerjide olacak değişmeyi hesaplamak için kullandı.<br>Werner Heisenberg, kuantum dünyasında konum ve momentum ile ilişkili bir içkin belirsizlik bulunduğunu gösteren belirsizlik ilkesini geliştirmişti. Elektron gibi bir varlığın momentumu ölçülmeye çalışıldığında, bunun etkisi o varlığın "dalgalığı"nı pekiştirerek yaygınlaştırır böylece de konumu belirsiz olur; yani konumu kesinkes ölçmeye uğraşılırsa bu, momentumunda belirsizlik yaratır. | **1927:** Charles Lindbergh uçakla Atlas Okyanusu'nu aştı. |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | Edwin Hubble, Saman Yolu'nun, diğer pek çoğu arasında bir gökada olduğunu ortaya koydu. Niels Bohr kuantum fiziğinin (o sıralarda adı konmamış) Kopenhag yorumunu İtalya'da Como'daki kuantum fiziği konferansında sundu. Paul Dirac, kuantum alan kuramına yol açacak olan ikinci kuantumlama fikrini ortaya attı. Deneyler ince bir metal yaprak-tan geçen elektronlann kınnıma uğradığını gösterdi; dolayısıyla elektronlar dalgadır. Georges Lemaitre Evrenin, Büyük Patlama modeli olarak bilinecek kendi sürümünü yayımladı. | |
| **1928:** Bell, John Stuart. Kuantum kuramının kimi daha tuhaf ön-söyümlerini sınamak için "Bell eşitsizliği" denilen uygulanabilir bir yol geliştirdi. | **1928:** Tünelleme olayı. Bu, parçacıkların enerji engel-lerini geçebilmesini sağlar; bunu George Gamow alfa bozunmasının açıklaması olarak önermiştir. Kurama göre, örneğin bir yıldızın içindeki iki proton, ikisini de taşıdıklan artı yükler itiştirip durdurarak değmelerini engellese de öyle yaklaşırlar ki kuantum dalga fonksiyonları üstü üste binerek etkileşmelerini sağlar. Bu, belirsizlik ilkesinin enerji ile zamana uygulanmasının bir örneği olarak alfa parçacıkları-nın çekirdekten kaçmasına da uygulanabilir. George Gamow, çekirdeğin sıvı damlacığı modelini ortaya koydu. Bu model, çekirdeği bir sıvı damlası olarak görürken tek tek nükleonlar sıvının molekülleri olarak ele alınıyorlar. Bütün yapı ise bir tür çekirdeksel yüzey gerilimle bir arada tutuluyor. Aynı sıralarda Gamow, Robert Atkinson ve Fritz Houtermans ile yıldızların içinde çekirdek tepkimesi olma hızının hesaplanması üzerinde çalışıyordu. | **1928:** Paul Dirac'ın göreli kuantum mekaniği. İlk Mickey Mouse çizgi filmi. Penisilinin keşfi. |
| **1928:** Friedman, Jerome Isaac. Nötron ve protonlann içlerin-deki parçacıklann –kuarklar– varlığını gösteren deneysel çalışmalara katkılan için 1990 Nobel Fizik Ödülünden payını aldı. | | |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | Raman olayı ilk Chandrasekhar tarafından gözlendi. Bu olayın bir örneği tek renkli bir ışık demetinin saydam bir ortamdan geçerken saçılmasıdır. Bu "esneksiz saçılma"ya ortamdaki moleküllerle etkileşmeye sebep olurken ortama ilişkin bilgi sağlıyor.<br>Paul Dirac, kuantum mekaniğinin özel göreliliğin gerekliliklerine uyan bir sürümü olan "göreli kuantum mekaniği"ni yaratan ilk kişi oldu. Bu gelişme başka şeyler arasında (fermiyonlara özgü olması gibi) karşı-maddenin varlığının önsöyümüne götürdü.<br>Eugene Wigner parite kavramını ileri sürdü. | |
| **1929**: Gell-Mann, Murray. Temel parçacıkları sınıflandırma çalışmaları için 1969 Nobel Fizik Ödülünü aldı; adını da koyduğu kuark fikrini ortaya koyanlardan birisiydi. | **1929:** Hubble, Yerel Grubun ötesindeki gökadalardan gelen ışığın kırmızıya kaymasının keşfinden Evrenin genişlediğini çıkarsadı ve Einstein'ın kozmolojik sabitinin özgün biçiminin gerekliliğini ortadan kaldırdı. | **1929:** FM radyo yayınları başladı. Köpük kauçuk pazarda. |
| **1929**: Giaver, Ivar. Tünelleme olayı üzerine çalışmasıyla Leo Esaki ve Brian Josephson ile 1973 Nobel Fizik Ödülünü paylaştı. | Leo Szilard Maxwell'in cini muammasını çözdü. James Clerk Maxwell önerdiği düşünce deneyinde bir kutunun iki yansını ayıran duvarın deliğindeki kapağın yanında duran minyatür bir cin, ne zaman hızlı bir molekül görse kapağı açıp belli bir bölmeye geçmesine izin verirken yavaş molekülleri de diğer bölmeye bırakıyor. Görünüşe göre bu durum termodinamiğin ikinci yasasının kuramsal ihlali oluyor. Szilard ise bunun doğru olmadığını belirtiyor, çünkü cinin farklı molekülleri ayırt etmek için harcadığı enerji sistemin kazandığından hep daha büyük olacaktır. | |
| **1929**: Higgs, Peter Ware. Parçacık etkileşmelerinin ilk alan kuramını geliştirdi. Bunda doğa kuvvetleri ayar bozonlarının değiş tokuşuyla açıklanıyor. Bu, Higgs parçacığı kavramını elektrozayıf kuvveti taşıyan parçacıkların kütlesi olduğunu açıklamak için kullanarak elektrozayıf kuramın gelişmesine işaret etti. | Helsenberg ve Pauli kuantum mekaniğinin Lagrange fonksiyonu sürümünü ileri sürdüler. | |
| **1929**: Mössbauer, Rudolf Ludwig. Katılarda (özellikle kristallerde) atomların, geri tepmeden çekirdeklerinden gama ışımasını sağlayan ve adıyla anılan Mössbauer etkisini keşfetti ve 1961 Nobel Fizik Ödülünü aldı. | | |
| **1929**: Taylor, Richard Edward. 1990 Nobel Fizik Ödülünü, | | |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| kuarklann varlığını onaylayan deneysel çalışmaya katkısı dolayısıyla paylaştı. | **1920'lerin sonları:** Kopenhag yorumu –bu, yıllarca kuantum mekaniğinin standart yorumu oldu– Niels Bohr ve diğerleri tarafından ortaya konuldu. Bu yoruma 1980'lere ve 1990'lara kadar ciddi olarak karşı gelinmedi.<br>Pascual Jordan kuantum mekaniğinin operatör kuramını ilerletti. Bunda kuramın Schrödinger sürümündeki temel dalga denklemi, operatör denilen bir matematiksel yapıya çevrilmiş oluyor.<br>Robert van de Graaf, adıyla bilinen hızlandırıcı üretecini geliştirdi. | |
| **1930:** Cooper, Leon Niels. John Bardeen ve Robert Schrieffer ile birlikte süperiletkenlik kuramı üzerinde yaptıklan çalışmayla 1972 Nobel Fizik Ödülünü paylaştı. | **Erken 1930'lar:** Frédérick ve Irène Joliot-Curie alüminyumu alfa ışınlarıyla dövdüler. Alfa ışını kaynağı kaldırıldığında alüminyum dakikalarca pozitron salıyor. Alüminyum çekirdeklerinden bir kısmı birer alfa parçacığı soğurup fosforun bir radyoaktif izotopuna dönüşüyor; bu da 3,5 dakika kadar yarı ömürle silisyuma bozunur. Bu, yapay radyoaktifliğin ilk fark edilen oluşması olup elementlerin dönüşmesinin kimi durumlarda pratik bir olabilirlik olduğunu gösteriyor. | **1930'lar:** Dünya çapında nüfus patlaması başladı. |
| **1930:** Everett, Hugh. Kuantum mekaniğinin çoklu dünyalar yorumunu 1950'lerde henüz Princeton'da doktora öğrencisiyken geliştirdi. | **1930'lar:** Heisenberg çekirdeğin nötron ve protonlardan oluştuğu fikrini benimseyerek nükleonların aynı temel varlığın, Wigner'in ***izotopik spin***[17] adını verdiği bir özellikle aynlan farklı durumları olduğunu önerdi.<br>Albert Einstein ve Nathan Rosen, Schwartzschild çözümünün, uzayzamanın iki yassı bölgesi arasında köprü dedikleri bir kara delik olduğunu keşfettiler. O sıralarda bu bir matematiksel merak öğesi olarak düşünüldüyse de genelde fenbilimciler doğada | **1930:** Princeton'da İleri Çalışmalar Enstitüsü (Institute for Advance Studies) Kuruldu. Frank White jet motorunun patentini aldı. |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | solucan deliklerinin varlığını engelleyen bir yasa olmak gerektiğini kabulleniyorlardı. Einstein, "Einstein halkası" denilen kütleçekimsel bir mercek etkisini önsöydü. Bunda, uzak bir nokta kaynaktan (bir yıldızsı/kuazar gibi) gelen ışık ya da başka bir elektromanyetik ışının görüş çizgisi üzerinde araya giren bir nesnenin (örneğin bir gökada) kütleçekimiyle bir halka gibi yayılıyor. Nevill Mott atom çarpışmalarının kuantum kuramı üzerinde çalışıyor. | |
| | **1930:** Fritz London, ***van der Waals kuvvetlerinin*** yeğinliğini hesapladı. Wolfgang Pauli, beta bozunmasındaki eksik "enerji"nin nereye gittiğini açıklamak için sonradan nötrino adı verilecek bir parçacığın varlığını önerdi. Paul Dirac, konuyu ilk kez sistemli olarak işleyen *Principles of Quantum Mechanics* (Kuantum mekaniğinin ilkeleri) kitabını yayımladı. Oppenheimer, Paul Dirac'ın elektron denklemini kullanarak, elektronun artı yüklü ve onunla aynı kütlede bir karşılığı bulunması gerektiğini gösterdi. Peter Debye molekül yapılarını X ışınlarıyla yokladı. | |
| **1931:** Cronin, James Watson. ABD'li fizikçi; 1980 Nobel Fizik Ödülünü, nötr kaon bozunmasının CP korunumunu bozduğunu Val Fitch ile birlikte keşfleriyle paylaştılar. | **1931:** Subrahmanyan Chandrasekhar, kütlesi Güneş'inkinin 1,4 katından fazla olan bir beyaz cüce yıldızın, çekirdeksel yakıtı tükendiğinde kendisini çökmeye karşı korumasının olanaksızlığını keşfetti. Bu demektir ki kütlesi bu Chandrasekhar sınırından büyük olan herhangi bir yıldız süresiz çökerek şimdi kara delik denilen durumu oluşturur. Pauling, *The Nature of the Chemical Bond* (Kimyasal bağın doğası) adlı klasik makalesini yayımladı. Bu, kuantum | |
| **1931:** Penrose, Roger. Kara delikler kuramının gelişmesine önemli katkıları oldu. 2020 Nobel Fizik ödülünü paylaştı. | | **1931:** Penisilinin ilk kez klinik uygulanması. |
| **1931:** Richter, Burton. J/psi parçacığını keşfiyle 1976 Nobel Fizik Ödülünü paylaştı. | | |
| **1931:** Schrieffer, John Albert. John Bardeen ve Leon Cooper ile birlikte süperiletkenlik kuramı üzerinde yaptıkları çalışmayla 1972 Nobel Fizik Ödülünü paylaştı. | | |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | mekaniğini kullanarak iki atom arasında bir bağ oluşturmak için her birinden birer elektronun nasıl paylaşıldığını açıklıyor. İlk siklotron Ernest Lawrence tarafından Berkeley'de yapıldı. | |
| **1932**: Glashow, Sheldon Lee. 1979 Nobel Fizik Ödülünü Muhammed Abdüsselam ve Steven Weinberg ile, parçacık fiziğinin standart modeline işaret eden elektrozayıf kuramın geliştirilmesine katkılarından dolayı bölüştüler. Bu, elektromanyetik ve zayıf kuvvetlerin birleşik kuramıydı. | **1932:** James Chadwick, protonla neredeyse aynı kütlede ve nötr bir parçacık olan nötronu keşfetti. Böylece çekirdek, yeğin çekirdek etkileşmesi ya da yeğin kuvvetle bir arada tutulan proton ve nötronların bir topluluğu olarak açıklanıyor. Carl Anderson pozitronu keşfetti. John Cockroft ve Ernest Walton "atomu parçalayan" ilk parçacık hızlandırıcısını yaptılar. John von Neumann, kuantum dünyasını hiçbir "saklı değişkenler" kuramının uygun bir şekilde betimleyemeyeceğine ilişkin hatalı kanıtını yayımladı. Hans Bethe ve Enrico Fermi yüklü parçacıklar arasındaki etkileşmelere fotonların aracılık ettiğini önerdiler. | **1932:** Arabistan'da petrol bulundu. Noel Coward'ın *Design for Living* filminin ilk yapımı (gösterilişi 1933). Imperial Havayolları Londra'dan Cape Town'a düzenli uçuşa başladı. RCA televizyonun elektronik sürümünü gösterdi. |
| **1933**: Penzias, Arno Allan. Penzias, Robert Wilson ile birlikte kozmik ardalan ışımasını tesadüfen keşfetti, ve 1978 Nobel Fizik Ödülünün yansını paylaştılar. | **1933:** Fermi, Wolfgang Pauli'nin, beta bozunmasının ayrıntılarını betimlemek için "yeni" bir parçacık gerektiği önerisini benimsedi ve nötrino adı böyle doğdu(ilgili bir konferansta "buna nötron mu denilecek?" sorusunu "yok yok, bu bir nötrcük" diye yanıtlamıştı). Grete Hermann, von Neumann'ın "saklı değişkenler"e ilişkin kanıtının hatasını buldu ama von Neumann'ın itibarından dolayı gözardı edildi. Otto Stern protonun manyetik momentini ölçtü. | **1933:** Adolf Hitler Almanya'nın Başbakanı oldu.[12] |
| **1933**: Weinberg, Steven. Elektrozayıf etkileşme kuramının gelişmesine katkısıyla 1979 Nobel Fizik Ödülünü paylaştı; yaptığı özgül katkılardan birisi nötr akımların önsöyümüdür. | | |
| **1934**: Bjorken, James David. Nükleonların pörçük modelinin gelişmesinde esaslı rolü oldu. Bu, kuarkların maddenin temel yapıtaşları olması fikrinin oluşmasına götürdü. | **1934:** Louis de Broglie "karşı-parçacık (antiparticle)" terimini ortaya koydu. Pavel Çerenkov, adıyla bilinen ışınım olayını keşfetti. Bu, yüklü bir parçacığın saydam bir ortamdan ışığın o ortamdaki hızından daha hızlı giderken | **1934:** "Kedi gözü" icat edildi. |
| **1934**: Cramer, John. 1980'lerde | | |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| kuantum mekaniğinin işlemsel yorumunu geliştirdi. | oluşturduğu mavimsi ışıktır. Walter Baade ve Fritz Zwicky "bir süpernovanın, sıradan bir yıldızın nötron yıldızına geçişini temsil ettiğini" önerdi. İrène ve Frédéric Joliot-Curie yapay radyoaktifliği keşfetti. Leo Szilard, elverişli bir radyoaktif nesnede zincirleme tepkime tetiklenebileceğini fark etti ve bu keşfin patentini alıp güvenlik önlemi olarak Britanya Amiralliği'ne devretti. Igor Tamm, nükleonlar arasındaki zayıf kuvvetin sonucu olduğunu önerdiği beta bozunması kuramını geliştirdi. | |
| **1934**: Kerr, Roy Patrick. Kara deliklerin anlaşılması için önemli katkılar yaptı, genel görelilik kuramının denklemlerinin Kerr çözümünü buldu. | | |
| **1934**: Rubbia, Carlo. CERN'de, 1983'te W ve Z parçacıklarını keşfeden, başında bulunduğu araştırma ekibinin çabaları onuruna 1984 Nobel Fizik Ödülünü aldı. | | |
| | **1935:** Hideki Yukawa, içindeki protonlann artı yüklerinin çekirdeği dağıtma eğilimine karşın onu bir arada tutan bir kuvvet olması gerektiğini önererek protonlar, nötronlar ve diğer hadronlar arasında yeğin kuvveti taşıyarak atom çekirdeğini de bir arada tutan bir parçacığın varlığını önsöydü. Bu parçacığı 1947'de Cecil Powell keşfetti ve pion adını verdi. Einstein ve iki çalışdaşı (Podolski ve Rosen) kuantum mekaniğinin görünürde çelişki (EPR çelişkisi) olarak görülen özelliklerinden birisine dikkat çeken bir makale yayımladılar. | **1935:** Teneke bira kutusu geliştirildi. Richter deprem ölçeğini icat etti. |
| **1935**: Peebles, (Phillip) James Edwin. Özellikle Büyük Patlamanın fiziğiyle, Evrenin geniş çapta yapısıyla ve de ardalan ışımasıyla ilgileniyordu. | | |
| | **1936:** Carl Anderson ve öğrencisi Seth Neddermeyer kütleleri elektronunkinden büyük ama protonunkinden küçük olan kozmik ışın parçacıkları bulduklarını açıkladılar. Bunlar şimdi müonlar olarak biliniyorlar. George Gamow ve Edward Teller beta bozunması kuramının erken bir modeli üzerinde çalışıyorlar. Emilio Segre Berkeley'deki eski hızlandırıcının şiddetle ışınlanmış olan parçalarında önceden bilinmeyen bir element keşfettiler. Segre'nin teknesyum adını verdiği bu | **1936:** Penguin ilk kağıt kapaklı kitapları yayımladı. VIII. Edward tahtı bıraktı. 1936-9: İspanya İç Savaşı. |
| **1936**: Ting, Samuel Chao Chung. J/psi parçacığını keşfiyle 1978 Nobel Fizik Ödülünü paylaştı. | | |
| **1936**: Wilson, Robert Woodrow. Wilson, Arno Penzias ile birlikte kozmik ardalan ışımasını raslantıyla keşfetti. | | |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| **1937**: Zweig, George. Artık kuark denilen kavramın iki bağımsız mucidinden birisi. İlk başta bu modeli önermesiyle "şarlatan" diye eleştirildiyse de artık modern parçacık fiziği için yerleşiktir. | elementin saptanması ilk insan yapısı elementin belirlenmesiydi. | **1937:** Japonlar Çin'e çıkartma yaptılar. Whittle, çalışan bir jet motoru geliştirdi. Hindenburg faciası. |
| | **1938:** Yüksek kütleli sıcak yıldızların içindeki enerji kaynağını sağlayan nükleer kaynaşma tepkimelerindeki süreç olan CNO (karbon-azot-oksijen) çevrimi Hans Bethe ve bağımsız olarak Carl von Weizsäcker tarafından işlendi. Proton-proton zinciri güneş enerjisinin kaynağı olarak ilk önce Hans Bethe ve Charles Critchfeld tarafından önerildi. Otto Hahn, Strassman ile çalışarak uranyumu parçaladı. Piotr Kapitza sıvı helyumun davranışını incelerken süperakışkanlığı keşfetti. | **1938:** Lazlo Biro, tükenmez kalemin patentini aldı. Naylonun ABD'de ticari kullanımı. Jean-Paul Sartre *La Nausée*'yi (Bulantı) yazdı. İlk xerox kopyalar.[13] |
| | **1939:** George Volkoff ve Robert Oppenheimer, kararlı nötron yıldızlarının kütleleri için bir üst sınır olduğunu (Oppenheimer-Volkof sınırı) gösteren bir makale yayımladılar. Robert Oppenheimer ve Hartland Snyder şimdi kara delik astrofiziğinin ilk açık seçik betimi olarak düşünülen makaleyi yayımladılar. Califomia'da ilk siklotron yapıldı. | **1939-45:** İkinci Dünya Savaşı.<br>**1939:** Jet uçağının, He 178, ilk uçuşu (Almanya). |
| **1940**: Josephson, Brian David. 1962'de daha öğrenciyken yaptığı çalışmayla keşfettiği (ya da icat ettiği) Josephson Kavşağı için 1973 Nobel Fizik Ödülünü aldı. | **1940'lar:** George Gamow ve Ralph Alpher, büyük Patlamadaki koşulları nicel olarak betimlemeye kalkışan ilk kişiler oldular. Kuantum mekaniğinin gelişen anlanışını uygulayarak Evrenin doğuşunda yer almış olabilecek çekirdek tepkimesi türlerini incelediler ve ilksel hidrojenin bir kısmının helyuma dönüşmüş olabileceğini buldular. Bu keşif –araya Bethe'nin de adı eklenerek– "alfa, beta, gama" kuramı olarak bilinmekte. Herman Bondi, Tommy Gold | **1940:** İlk antibiyotikler. Yiyecekleri korumak için ilk dondur-kurut işlemi. John Lennon doğdu. İlk elektron mikroskobu gösterildi. |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | ve Fred Hoyle'nin ileri sürdüğü Kararlı Durum aksiyomu. Bu, o zamandan beri Evrenin değişmekte olduğu ve sonlu bir süre önce bir Büyük Patlama ile ortaya çıktığına ilişkin delillerle neredeyse kesinlikle, çürütüldü. Hollandalı fizikçi Hendrik Casimir, çok yakın iki paralel metal plakayı birbirlerine çeken bir kuantum kuvvetinin varlığını önerdi. Kuvvet çok zayıf ama ölçülerek Casimir'in haklı olduğu anlaşıldı. Richard Feynman ve John Wheeler, Wheeler-Feynman soğurucu kuramını geliştirdi. | |
| | **1940:** Otto Frisch ve Rudolf Peierls, Nükleer silahlann geliştirilebilmesinin gerçekçi bir olabilirliğini gösteren *On the Construction of a "Superbomb* (Bir süperbomba yapılması üzerine)" adlı makale yazdılar. Emilio Segre ve çalışdaşları daha önce bilinmeyen astatin adlı elementi keşfettiler. | |
| **1941**: Schwartz, John. "Sicim" kuramının modern parçacık fiziği bağlamında gelişmesinde öncülük etti. | **1941:** "Nükleon" teriminin ilk kullanılışı. | **1941:** Japonların Pearl Harbour baskını. |
| | **1942:** Chicago Üniversitesinde, bir uranyum "pili"nde Fermi'nin gözetiminde ilk kontrollü zincirleme tepkime. Feynman, tezini sundu; bununla yol integralleri kavramını ilk kez ortaya koymuştu. Bu, kuantum olasılıklarını, kuantum mekaniğinde daha önce kullanılan Hamilton yaklaşımı yerine Lagrange fonksiyonları kullanılarak toplama yoludur. Kuantum mekaniğinin bu kuramı önceki Schrödinger modelinden daha tam ve tatmin edicidir. | **1942:** İlk kontrollu nükleer zincirleme tepkime. |
| **1943**: Bell Burnell, (Susan) Jocelyn. 1967'de daha öğrenciyken atarcaları keşfetti. | | **1943:** İlk elektronik bilgisayar. İlk kılgısal nükleer reaktör Oak Ridge Tennesee'de çalıştırıldı. Los Alamos Laboratuan kuruldu. |
| **1943**: Klitzing, Klaus von. Kuantum Hall olayı üzerindeki çalışması için 1985 Nobel Fizik Ödülünü aldı. Bu, elektronların çok ince bir madde yüzeyindeki –örneğin alan etkili transistörün yarıiletken yüzeyinde– davranışlarıyla ilgili olup elektronikte çok önemli uygulamaları bulunuyor. | | **1945:** Atom bombası. |
| **1946**: 'tHooft, Gerardus. Hollandalı fizikçi; Abdüsselam ve Weinberg'in elektrozayıf kuramını yeniden boyutlandıracak yöntemi bularak kuramı, onu | **Hemen savaş sonrası:** Şin İtiro Tomomaga kendi KEDİ kuramını tamamladı. | **1946:** Birleşmiş Milletler'in ilk toplantısı. Willard Libby karbon tarihlemesini geliştirdi. İlk genel amaçlı bilgisayar, ENIAC. |
| | **1940'ların ikinci yarısı:** KEDİ, yani kuantum elektrodinamiği üç büyük fizikçi olan Şin İtiro | |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| zedeleyen sonsuzluklardan kurtardı, böylece de saygınlık kazandırdı ve 1999 Nobel Fizik Ödülünü paylaştı. | Tomonaga, Julian Schwinger ve Richard Feynman tarafından bağımsız olarak geliştirildi. | |
| | **1940'ların sonuna doğru:** Marya Goeppert Mayer ve Hans Jensen çekirdek yapısının bir dizi tabaka cinsinden betimlenebileceği fikrini bağımsız olarak ortaya koydular. | |
| | **Geç 1940'lar:** Acayip parçacıklar ilk defa olarak kozmik ışın sağnaklarında saptandı. | |
| | **1946:** İlk sinkrosiklotron. | |
| **1947**: Binnig, Gerd Karl. Alman fizikçi. Taramalı tünelleme mikroskobunu geliştirmesiyle 1986 Nobel Fizik Ödülünü aldı. | **1947:** Hidrojen atomunun mümkün iki kuantum durumu arasındaki küçük bir fark olan ve hidrojen tayfındaki bir çizginin iki bileşene yarılmasıyla açığa çıkan Lamb kayması, ilk kez Harold Lamb tarafından ölçüldü. Bu, 1940'lar bitmeden kuantum elektrodinamiği bağlamında, elektronlar gibi yüklü parçacıkların elektromanyetik alanlarla etkileşme biçimleri olarak açıklanacaktı. | **1947:** Schokley, Bardeen ve Brattain transistörü icat ettiler. İlk sesten hızlı uçuş. Hindistan Britanya egemenliğinden çıktı. |
| **1947**: Guth, Alan Harvey. ABD'li fizikçi; Evrenin, Büyük Patlamanın ardından olan şişmesini (enflasyon) keşfetti ve kuramın adını koydu. | İlk kullanılabilir doğrusal hızlandırıcı, protonları 32 MeV'e kadar hızlandırdı. Kozmik ışın araştırmaları 1935'te Hideki Yukawa tarafından önsöyülen pionları (pi mezonu) keşfetti. Hendrik Kramers, yeniden boyutlandırma üzerindeki çalışmalarını tamamladı. | |
| **1948**: Linde, Andrei Dmitriyeviç. Çok erken Evrenin şişme (enflasyon) denilen kuramın geliştirilmesinde başat rolü oldu; ayrıca fermiyonların ayar kuramları bağlamında anlaşılmasına önemli katkıları oldu. | **1948:** Ralph Alpher ve Robert Herman alfa beta gama kuramını genişleterek bugün Evrenin yaklaşık 5 K sıcaklıkta ardalan ışınımıyla dolu olduğunu önsöydüler. İlk atom saati ABD Ulusal Standartlar Bürosu (NBS) tarafından gerçekleştirildi. Bu, amonyak moleküllerindeki azot atomlarının ileri-geri saniyede 23.870 titreşim yapmasına dayanıyor. | **1948:** George Orwell *1984*'ü yazdı. |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | Julian Schwinger kuantum elektrodinamiği (KEDİ) üzerindeki çalışmasını tamamladı. Richard Feynman yol integralleri üzerindeki kuramını içeren tezini 1942'de tamamlamış ama Manhattan Projesi'yle ilgisinden dolayı altı yıl yayımlamamıştı. Feynman KEDİ'nin (kuantum elektrodinamiği) tam anlamıyla göreli sürümünde yeniden boyutlandırmanın çalıştığını göstermişti; yeniden boyutlandırma olmadan KEDİ işe yaramaz; yine de Feynman bu durumu "uçuk bir süreç" olarak betimliyordu. | |
| | **1949:** Freeman Dyson, Feynman ile Schwinger'in (ve de yaklaşımı Schwinger'inkine benzeyen Tomonaga'nınki) bağımsız olarak ortaya konulmuş kuantum elektrodinamiği kuramlarının matematiksel olarak birbirleriyle eşdeğer olduklarını gösterdi. | **1949:** İlk uzunçalar plaklar. |
| **1950**: Bednorz, George. 1987 Nobel Fizik Ödülünü yüksek sıcaklık süperiletkenliği üzerine çalışmaları için Alex Müller ile birlikte aldı. | **Erken 1950'ler:** Donald Glaser kabarcık odasını icat etti. Kopenhag yorumuyla kafası karışan Hugh Everett, dalga fonksiyonunun çökmesi kavramını kabul etmeyip mümkün her kuantum olgusunun her sonucunun gerçek bir dünyada yer aldığını savladı. Bu, çoklu dünyalar kuramı olup, bizimki de, var olan sonsuz sayıda almaşık gerçeklikten birisidir. | **1950'ler:** Televizyon yayıncılığı başladı.<br>**1950:** Kore Savaşı başladı. Diner's Club ilk ödeme kartını kullanıma sundu. |
| | **1950'ler**: Fred Hoyle, eğer karbon çekirdeğinin üç alfa parçacığının toplam enerjisine karşılık gelen bir uyarılmış enerji durumu varsa üç alfa parçacığının bir araya gelip bir karbon-12 yapabileceğini fark etti.<br>David Bohm, fotoelektrik olayın, ışığın sürekli bir dalga olması ama taşıdığı enerjinin, bir metal yüzeyindeki atomlarca belli | **1951:** Remington Rand için ilk elektronik bilgisayarları piyasaya sürdü. |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | yumrular olarak alınabilmesiyle açıklanabileceğini ileri sürdü. | |
| | **1951:** Willis Lamb, helyum tayfındaki aşın ince yapıyı incelemek üzere Stanford Üniversitesine geçti. Charles Townes, uyarılmış atomlardan ışınımın kışkırtılmış salımıyla yeğin mikrodalga demetleri oluşturan mazeri icat etti. Kaynaşma/füzyon (hidrojen) bombası Edward Teller'in yardımı ve Stanislaw Ulam'ın tasarımıyla geliştirildi. | |
| | **1952:** Walter Baade'nin Cepheid uzaklık ölçeğini elden geçirmesiyle, bilinen Evrenin yaşı katlandı. xi-eksi parçacığı keşfedildi. David Bohm bir düşünce deneyi olarak EPR teması üzerine fotonlann davranışına ilişkin bir *çeşitleme önerdi.* Cosmotron olarak bilinen bir parçacık hızlandırıcısı Brookhaven Ulusal Laboratuarında çalışmaya başladı. | **1952:** Transistörlü radyonun icadı. Everest'e tırmanış. |
| | **1953-56:** "Sigma" olarak bilinen üç parçacıklı –biri artı yüklü, biri eksi yüklü, biri de nötr– bir aile keşfedildi. Bunlar acayip parçacıkların erken örnekleridir. | **1953:** DNA'nın yapısının şifresi çözüldü. Hidrojen bombası. Mazer'in icadı. Edmund Hillary ve Norgay Tensing Everest'e tırmandı. Francis Crick ve James Watson DNA yapısının keşfini yayımladılar. |
| | **1953:** Yosif Samuiloviç Şklovski, Yengeç bulutsusundan gelen radyo dalgaları ve X ışınlannın sinkrotron ışımasından ileri geldiğini ilk öneren oldu. Sinkrotron salımı elektronlar atomlarından kurtulup yeğin bir manyetik alanda spiraller çizerek devindiklerinde oluyor. Bu çoğu zaman radyo salımı yapar ama Yengeç'te öyle çok enerji var ki elektronlar görünen ışık da ışıyorlar. Charles Townes Columbia Üniversitesinde ilk mazeri yaptı. | |
| | **1954:** Protonları 6 GeV'e kadar hızlandıracak parçacık hızlandı- | **1954:** ABD'de ilk TV yemekleri satışta. Bir milin ilk kez dört dakika altında koşulması. Boeing 707'nin ilk uçuşu. |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | ncısı olan Bevatron California'daki Berkeley Laboratuannda çalışmaya başladı.<br>CERN, Avrupa'daki bir parçacık fiziği araştırma Laboratuan (daha doğrusu Avrupa nükleer araştırma merkezi) kuruldu.<br>Önce LEP (Large Elektron-Pozitron Collider/Büyük elektron-pozitron çarpıştıncısı) ileride de Higgs parçacığını bulduracak LHC (Large Hadron Collider-Büyük hadron çarpıştıncısı) burada yapılacaktı.<br>UKAEA, United Kingdom Atomic energy Authority (Birleşik Krallık Atom Enerjisi Otoritesi) kuruldu. Bu, BK'ta nükleer enerji geliştirilmesi araştırmalarından sorumlu olacaktı.<br>"Baryon" teriminin ilk kullanılışı. | |
| | **1955:** Smithsonian Kuruluşu Washington'dan Harvard'a taşındı.<br>Niels Bohr ilk "Barış İçin Atomlar" konferansını, Cenevre'de düzenledi.<br>Owen Chamberline ve Emilio Segre, Bevatron parçacık hızlandıncısıyla karşı-protonu keşfettiler. | |
| | **1950'lerin ortaları:** Paritenin tüm parçacık etkileşmelerinde korunmasının gerektiği varsayımının, o sıralarda teta ve tau olarak bilinen parçacıkların bozunmalanndaki bazı kuşkulu durumlardan dolayı hatalı olduğu gösterildi. | |
| | **1956:** Nötrinolann varlığı, Clyde Cowan ve Frederick Reines'in ABD' Savannah River'deki reaktörden salınan nötrino sağnağını kollayarak yaptıkları deneylerle kanıtlandı.<br>Richard Feynman, teta ve tau parçacıklannın, kendisinin belli bir paritesi olmayan ve paritenin de korunmadığı aynı | **1956:** Macaristan'ın başkaldırısı Sovyetler Birliği tarafından çökertildi. İlk Okyanus aşın telefon kablosu. Süveyş krizi. Videoteyp kayıt aygıtı geliştirildi. |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | bir parçacığın farklı durumlan olduğu önerisini yaptı. Bu görüş Chen Ning Yang ve Tsundao Lee tarafından ele alınıp aynı yıl Chien-Shiung Wu tarafından deneyle kanıtlandı. | |
| | **1957:** Geofrey ve Margaret Burbridge, Willy Fowler ve Fred Hoyle "$B^2FH$" makalesini yayımladılar; bu bütün doğada bulunan, ilksel hidrojen ve helyum dışındaki çekirdek çeşitlerinin nasıl yıldızlann içinde nükleosentez ile oluştuğunu betimlemekte.<br>İlk yapay uydu olan Sputnik 1, 4 Ekimde Sovyetler Birliği'nden fırlatıldı.<br>Robert Dicke, Evrenin büyüklüğünün "gelişigüzel olmayıp biyolojik etmenlerle koşullanmış" olduğuna işaret eden bir makale yayımladı.<br>Hugh Everett kuantum mekaniğinin çoklu dünyalar yorumunu yayımladı.<br>Kazuhiko Nişijima, elektron nötrinosunun elektrona eşlik etmesi gibi, müona eşlik eden bir müon nötrinosunun da bulunması gerektiğini önsöydü. Julian Schwinger de elektrona ve müona eşlik eden iki çeşit nötrino olmak gerektiğini önsöydü, tauon parçacığı ise henüz keşfedilmedi.<br>John Bardeen, Leon Cooper ve Robert Schrieffer süperiletkenliği bir kuantum olgusu olarak açıkladılar. Bu BCS kuramı olarak biliniyor. | **1957:** İlk yapay *D*ünya uydusu Sputnik 1. |
| | **1958:** Atom saati verilerine ve kullanılan standart zaman sinyaline dayanan Uluslararası Atom Saati Ölçeği, GMT (Greenwich Mean Time-Greenwich Ortalama Zaman) 1 Ocak 0 dakika 0 saniyede başlıyor.<br>ABD uzay programının askeri ilişkisi olmayan yanlarıyla | **1958:** Fidel Castro'nun Küba'da devrim önderliği. ABD'de mikroçip İcat edildi. |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | ilgilenmek üzere NASA<br>Nikolay Gennadiyeviç Basov lazerlerin yariletkenlerle yapılmasını önerdi.<br>Richard Feynman ve bağımsız olarak Murray Gell-Mann zayıf etkileşmeler için yeni bir kuram geliştirdiler ve birlikte yayımladılar. | |
| | **1959:** Freeman Dyson öneriyor ki bizim kendi Güneş sistemimize benzer tek bir gezegen sistemiyle sınırlanmış ve nüfusu artmakta olan bir akıllı tür önünde sonunda o gezegenlerden sağlanacak hammaddeleri düzenleyerek ana yıldızın çevresine içi boş bir küre yapabilecektir.<br>Lunik III Ay'ın arka yüzünün ilk görünümlerini elde etti.<br>Richard Feynman Caltech'teki bir konferansta nanoteknolojinin gerçek bir olanak olarak önerdi.<br>xi-sıfır parçacığı keşfedildi. | **1959:** İlk ticari fotokopi aygıtı. İlk başanlı hoverkraft Manş'ı geçti. |
| | **Erken 1960'lar:** Leon Lederman, Melvin Schwartz ve Jack Steinberger müonla ilişkili olan nötrino türü olan müon nötrinosunu keşfettiler. | **1960:** İlk lazerler. İlk hava durumu uydusu. 27 Mayıs darbesi. |
| | **1960'lar:** Frank Kiernan CERN'de kıvılcım odacığının daha ileri bir sürümü olan tel odacığını geliştirdi. | |
| | **1960:** T.D. Lee, Chen Ning Yang ve Max Lederman bir taneden çok nötrino olduğu fikrini geliştirdiler.<br>Theodore Malman lazeri geliştirdi. | |
| | **1961:** Murray Gell-Mann ve Yuval Ne'eman bağımsız olarak temel parçacıkların sınflandırılma düzenini önerdiler. Ne'eman sekiz katlı yol denilen ve bir Budizm deyişi olan bu çerçeveyle omega-eksi parçacığını önsöydü.<br>Weinberg açısını, özellikle | **1961:** Yuri Gagarin'le ilk insanlı uzay uçuşu. DNA'da genetik şifrenin doğası keşfedildi. |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | elektrozayıf etkileşme bağlamında kullanılan bir birleştirme açısı olarak ilk Sheldon Glashow önerdi. | |
| | **1962 gibi:** Richard Feynman kuantum elektrodinamiği örneğini kalıp olarak kullanarak kuantum kütleçekim kavramını önerdi. Kütleçekim fikrine getirdiği esas fikir tedirgeme tekniğiydi. Bütün klasik kütleçekim kuramı, genel görelilik kuramı dahil, kütlesi olan parçacıkların, kütlesiz ve kuantum spini iki olan gravitonların değiş tokuşuyla etkileşmesi şeklindeki bir kuantum betiminden çıkarılabilirdi. | **1962:** Küba'da füze krizi. Uydu Telstar fırlatıldı; ABD ile Avrupa arasında canlı TV yayınları aktaracak. |
| | **1962:** Brian Josephson, kendisine Nobel Ödülü getiren çalışması olan Josephson kavşağını keşfetti (ya da icat etti). Bu, süperiletkenlerde kuantum etkilerinin düşük bir süperakımın ince bir yalıtkan tabakadan hiçbir dirençle karşılaşmadan akabildiğini sağladığını gösteriyor. Josephson kavşağı manyetik alanlara ve uygulanan voltaja çok duyarlı olduğundan çok etkin ölçme gereci olarak kullanabilirler.<br>Feynman kuantum kütleçekim için tek halka düzeltmesini ya da tedirgeme hesaplamasını yaptı.<br>İkinci nötrino (mü-nötrino) keşfedildi. | |
| | **1963:** Roy Kerr, Evrenimizde bulunması en olası olan dönen ve yüksüz kara deliklerin matematiksel betimi olan Kerr çözümünü buldu.<br>Hidroksil, saptanan ilk yıldızlararası molekül oldu.<br>Chien-Shiung Wu ve çalışdaşları, Feynman'ın ve Gell-Mann'ın zayıf etkileşme kuramının sağlamlığını onaylayan deneyler yaptılar. | **1963:** John F. Kennedy katledildi. |

***fenbilimcilerin doğum tarihleri***

***bilimdeki kilit tarihler***

**1964:** Güneşten gelen nötrinoları saptamak için güney Dakota, Lead'deki Homestake altın madeninde yerin 1500 m altına yerleştirilen Davis detektörünün tasarımı yapıldı. Bu deneyin sonuçları gelen nötrinoların sayısının beklenenin üçte biri olduğunu gösterecek.

Peter Higgs ve ondan bağımsız olarak Robert Brout ile François Englert daha önce bilinmeyen bir bozon türü, kütlesi olan Higgs parçacığı kavramını edindiler. Böyle bir bozonun varlığı fotona benzer herhangi bir parçacığın bir Higgs bozonu yutarak kütle kazanacağına ve elektrozayıf kuvvet taşıyıcılarının niye kütleli olduklarının açıklanmasına yardımcı olabilirler.

John Bell, Bohm'un 1952'deönerdiği EPR teması üzerine çeşitlemesinin ilke bakımından gerçek bir deneyin temelini nasıl oluşturabileceğini gösterdi.

Nötr kaon (K) diye bilinen parçacığın pionlar olarak bilinen parçacıklara bozunmasının CP'yi korumadığı keşfedildi.

Yuval Ne'man'ın önsöydüğü omega-eksi parçacığı Nicolas Samios tarafından BNL'de keşfedildi.

Kuark fikri Gell-Mann tarafından bir makaleyle ve bağımsız olarak George Zweig ("as" adıyla) ortaya konuldu ama bu kez tüm bilinen hadronları açıklayabilmek için üç değişik tür kuark gerekiyor. Görünüşe göre acayip kuarkın (*s*) bir eşi yoktu. Walter Greenberg, çabucak fark etti ki o zamana kadar sırf matematiksel kavram olan "paraistatistik" dediği şey, bunun dışında özdeş olan üçüzleri birbirlerinden ayırt etme problemine uygulanabilir.

***tarihteki kilit olaylar***

**1964:** Tonkin olayı ABD-Vietnam Savaşı'nın başlamasına sebep oldu.

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | **1965:** Roger Penrose, genel görelilik kuramına göre, kendi olay ufkunun içine geçen her nesnenin yoğunluğu sonsuz, hacmi sıfır olan bir tekilliğe kadar çökeceğini gösterdi. Burada fizik yasaları da çökecek ve orada tam anlamıyla her şey olabilecektir. Einstein'ın genel görelilik kuramı denklemlerinin dönen ve elektrik yüklü bir kara delik çözümü olan Kerr-Newman çözümü Kerr çözümünden başlayan Ezra Newman ve çalışdaşları tarafından geliştirildi. Bell Laboratuarlarından Arno Penzias ve Robert Wilson raslantıyla özel bir antenden gelen kalıcı bir ~~girişim~~ gürültü kaynağı buldular. Bunun kozmik ardalan ışınımı olduğunun anlaşılması, Büyük Patlamanın gerçekten olduğunun kanıtı olarak kabul gördü. Yoichiro Nambu ve M. Y. Han, Greenberg'in epeyce matematiksel olan kuark kuramının fizikçilerin anlayabildiği bir sürümünü geliştirdi. Başka türlü özdeş sayılan kuarkları ayırt edici özelliğin adı olarak renkleri ortaya koydular. | **1965:** İlk iletişim uydusu. |
| | **Geç 1960'lar:** CERN'de Georges Charpak çok telli orantılı odacığı yaratti. Bu parçacık detektörü türü çoğu parçacık fiziği deneylerinin tamamlayıcı bileşenlerinden birisi oldu. Nötron yıldızları (raslantıyla) atarcalar şeklinde keşfedildi. SLAC'ta yapılan ve yüksek enerjili elektronların protonları dövdüğü ve alfaların altın atomlarından saçılmasını andıran) deneylerde daha küçük parçacıkların varlığına işaret edildi. Richard Feynman pörçükler fikrini ileri sürdü. Bu, özellikle kuarkların var olup olmadığı sorusuyla ilgili önyargıdan kaçınmak içindi. | |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | **1966:** John Wheeler ve Franco Pacini Yengeç bulutsusunun saldığı enerjinin kaynağının fırıldayan bir nötron yıldızı olabileceğini öne sürdüler. Fred Hoyle, Bob Wagoner ve Willy Fowler Büyük Patlama nükleosentezinin nasıl anlaşılacağını geliştirdiler. John Bell, von Neumann'ın hiçbir "saklı değişkenler" kuramı kuantum dünyasının çalışmalarını uygun bir şekilde betimleyemeyeceği kanıtının hatalı olduğunu ortaya koydu. Bu, "Saklı değişkenler" kuramının çeşitleri için yeni incelemeler yapmaya yol açarken 1990'lara kadar kuantum dünyasının modellerinin geliştirilmesinin en heyecanlı alanı oldu. SLAC çalışmaya başladı. | **1966-8:** Çin'de Kültür Devrimi. |
| | **1967:** İlk atarcalar Cambridge'te Anthony Hewish'in gözetimindeki radyoastronom Jocelyn Bell tarafından keşfedildi. Kuramcı John Bahcall ve deneyci Ray Davis'in çabalanyla geliştirilen ve Güneş'ten gelen nötrinoları gözlemek için klor kullanan (perkloretilen halinde) Davis detektörü çalışmaya başladı. Bu detektör beklenen Güneş nötrinolarının sadece üçte biri kadarını bularak "güneş nötrinosu problemi" denilen soruna yol açtı. "Kara delik" terimi ilk kez John Wheeler tarafından modern gökbilimsel bağlamda kullanıldı. Muhammed Abdüsselam ve Steven Weinberg, bağımsız olarak bozonlar arasındaki zayıf ve elektromanyetik etkileşmenin tek bir matematiksel yapıda tek bir kuvvet, elektrozayıf etkileşme olarak betimlenmesini keşfettiler. Andrei Sakharov yayımladığı bir makalede fizik yasalarında | |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | minicik bir simetrisizlik olduğunu gösterdi. Buna göre Büyük Patlamadaki koşullarda kabaca her bir milyar artı bir baryona karşılık bir milyar karşı-baryon oluşmuş, Evren ise yok oluşmayan parçacıklardan bileşirken gerisi de kozmik ardalan ışımasına dönüşmüş olmalı. | **1968:** Sovyet birlikleri Çekoslavakya'da "Prag baharı"nı bastırdı. |
| | **1969:** İnsanlı ilk Ay'a iniş. | **1969:** Ay'da ilk insanlar. (Astronot Armstrong: "İnsanın bir küçük adımı, İnsanlığın bir dev adımı oldu.") |
| | **1960'ların sonu ve1970'lerin başı:** John Friedman, Henry Kendall ve Richard Taylor SLAC'ta yüksek enerjili elektron demetleriyle nükleonların yapısını yoklayan deneylerde (deneylerin kuramsal yorumları James Bjorken ve Richard Feynman'ca sağlanıp) çalışarak içlerindeki yapının noktasal parçacıklardan ileri geldiğini gösterdiler. Sonraki deneyler de bunların kuarklar olabileceğini gösterdi. | |
| | **Erken 1970'ler:** John Clauser, Michael Home, Abner Shimony ve Richard Holt, Bell teoreminin ilk iyi sınamasını yarattılar. Deney leri, Clauser'in dünyanın yerel olduğunu, yani "ürkünç uzaktan etki" bulunmadığını kanıtlama arzusuyla dürtülenmişti. Aslında Bell eşitsizliğinin ve sağduyunun ihlal edildiğini bulmuşlardı. Sheldon Glasgow ve Harvard'daki iki çalışdaşı olan John İliopulos ve Luciano Maiani bir dördüncü kuark olarak tılsım fikrini gözden geçirdiler. Bunu öğrenen Murray Gell-Mann ve Harald Fritszch bu parçacıkların çeşitli etkileşmelerinin betimi için bir alan kuramı yaklaşımı geliştirdiler. | **1970:** Boeing 747'ler ilk Okyanus aşırı uçuşlara başladı. Bilgisayar verilerinin saklanması için esnek disklerin kullanılması. |
| | **1970'ler:** Kabarcık odacığının elektronik eşdeğeri olan sürüklenme odacığı CERN'de | |

| fenbilimcilerin doğum tarihleri | bilimdeki kilit tarihler | tarihteki kilit olaylar |
|---|---|---|
| | George Charpak tarafından geliştirildi.<br>Jet olayı ilk kez SPEAR'da elektron-pozitron çarpışmalarında gözlendi. Bu, ya "ana" parçacıktan fırlatılmış ya da kuark, karşı-kuark veya gluondan fırlatılan veya, bir parçacık hızlandırıcısında enerjiden üretilen aynı yönde giden parçacık sağnağıdır.<br>Eric Drexel, ilk Feynman'ın önerdiği nanoteknoloji fikrini yeniden ortaya koydu ve bunu kılgısal bir olabilirlik yaptı. | |
| | **1970:** Sheldon Glashow, bozonların Abdüsselam ve Weinberg'in 1967'de ileri sürdüğü elektrozayıf etkileşme kavramını genişletip genelleştirdi.<br>Yükle bağlaşık gereçler (CCD/ charge coupled devices) ABD'de Bell Laboratuarlarında icat edildi.<br>John Schwarz ve André Neveu fermiyonları sicim kuramı kullanılarak betimenin bir yolunu buldular. | |
| | **1971:** Gerard t'Hooft, henüz kanıtlanmış olmasa da tüm kütleli parçacıkların kütlelerini Higgs parçacıklarını içererek edindiklerini gösterdi. | **1971:** Avrupa ile ABD arasında doğrudan telefon çevirmesi başladı. İlk cep hesap makineleri Texas Instruments tarafından satışa sunuldu. |
| | **1972:** Gama ışını gözlemevlerinin en önemli öncülerinden birisi olan SAS II, NASA tarafından fırlatıldı.<br>Chicago yakınlarındaki Batavya'da bulunan ABD Ulusal Hızlandırıcı Laboratuarı açıldı. Bu 1990'ların ortalarında tepe kuark için delil bulacak olan makinedir.<br>Uluslararası zaman tutma standardı olan Uluslararası Atom Zamanı, Paris'teki Bureau International del'Heure tarafından kuruldu. Zaman 24 ülkede 80 atom saatiyle ölçülmekte olup her biri bilgilerini 1 milisaniye | |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | içine eşgüdülecekleri Paris'e gönderiyorlar. | |
| | **1973:** İlk Skylab misyonları/ görevleri. Yük taşımayan bir bozonun aracılık ettiği bir zayıf etkileşme olan nötr akım ilk kez gözlendi. Bu tepkimelere Z parçacığı aracılık ederek zayıf etkileşmenin ayar kuramının sağlamlığına ilişkin önemli bilgi sağlıyor. | **1973:** Genetik mühendisliği teknikleri geliştirildi. İlk petrol krizi enerji masrafını artırdı. |
| | **1974:** Frank Tipler (*Physical Review D*'de yayımlanan bir makalede) bir zaman makinesi yapılmasının belki mümkün olabileceğini önerdi. Hilesi, aşırı bir hızla dönen bir yalın tekillik yapmak. Dönmenin etkisi uzayzamanı burup devirerek uzay boyutlarından birisini zaman boyutuyla değiştirmek olup bir uzay gemisinin bildik uzaya benzeyen ama aslında zaman olan bir yüzey boyunca gidebilmesini sağlamak. J/psi parçacığının varlığının delili bulundu. Yüksek kütleli bir mezon (3,097 GeV ile protondan üç kattan daha ağır). Bir tılsımlı bir de karşı-tılsımlı kuarktan yapılı olduğundan tılsımı sıfır. ABD'de bağımsız olarak çalışan iki grup tarafından Kasım ayında bulunuşuna şaka yollu "Kasım devrimi" deniliyor. John Schwarz ve Joel Scherk sicim kuramı ile kütleçekim arasındaki bağlantıyı keşfetti. Sicim kuramının matematiği sıfır kütleli ve spini 2 olan bir parçacığın betimine izin veriyor. Bu kesinkes, kütleçekim etkileşmesinin herhangi bir kuramının gerektirdiği taşıyıcı parçacık olan gravitonun betimi olup sicim kuramının, "her şeyin kuramı"nı sağlayabileceğinin ilk gerçek ipucu olabileceğini gösteriyor. | **1974:** Watergate skandalı üzerine Richard Nixon çekildi. |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | **1975:** Dört-kuark kuramının ilk kez "standart model" olarak düşünülmesi. | **1975:** Son ABD birlikleri Vietnam'dan ayrıldı. Belleği 256 bayt (bir çeyrek kilobayt) olan ilk kişisel bilgisayar ABD'de kullanımda. E. O. Wilson *Sociobiology*'yi yayımladı. |
| | | **1976:** Concorde (uçağı) servise girdi. İnsansız uzay aracı Mars'a indi. |
| | **1977:** Voyager olarak bilinen iki uzay yoklayıcısı NASA tarafından Güneş Sisteminin dış gezegenlerinin resimlerini ve başka verileri göndermeleri için fırlatıldı. Alt kuarkın keşfi. | **1977:** Apple II kişisel bilgisayar piyasada. |
| | **1978:** Motohito Yoşimura bağımsız olarak Büyük Patlamanın 1967'de Andrei Sakharov'un geliştirmiş olduğuna benzer bir model geliştirdi. | |
| | **1979:** Daha tam gücüne varmamış olsa da PETRA (Positron-Electron Tandem Ring Accelerator/ ardışık halkalı pozitron-elektron hızlandırıcısı) üç jetli olgular şeklinde ***gluonlar*** için delil oluşturdu. | |
| | **1970'lerin sonu:** Melboume Üniversitesinde Tony Klein ve çalışdaşlarının yürüttükleri bir seri deney nötronların kırınımını açıkça ortaya koydu ve nötronun dalga-parçacık ikili doğasını teyit etti.[18] | |
| | **1980'ler:** Doğada solucan deliklerinin olmasını engelleyen bir yasa olduğunu kanıtlamaya girişen görelilikçiler bunu yapamayacaklarını gördüler. Genel görelilik kuramında solucan deliklerinin olmasını yasaklayan bir şey yok. John Cramer, kuantum mekaniği için, Wheeler Feynman soğurucu kuramın a bulunana benzer bir yapılıma dayanan yeni bir yorum olan işlemsel yorumu ortaya koydu. | **1980'ler:** Daha küçük, daha hızlı, daha ucuz bilgisayarlar. |
| | | **1980:** Optik lifli iletişim bağlantılarının gelişimi. Türkiye'de 12 Eylül darbesi. |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | Albert Einstein'ın 1930'larda önsöydüğü kütleçekimsel mercek olan Einstein halkası ilk kez gözlendi. | |
| | Kaluza-Klein kuramı, bir büyük birleşik kuramın olabilirliği üzerine araştırmalar artarak birçok yeni fazladan boyut önerirken sicim kuramı da gittikçe daha ciddi olarak ele alınırken gözden geçirildi. Sicim kuramı yalnızca çok boyutta "çalışıyor" ama muazzam bir bonus veriyor: kütleçekimi. | |
| | Şişme, erken Evren için bir standart model olarak kabul gördü. | |
| | Danny Hills ve Cambridge Massachusetts'teki Thinking Machines Corporation (düşünen makineler şirketi) paralel işlemciliği geliştirdiler. | |
| | Kuantum kozmolojisi, kuantum fiziğinin (büyük birleşik kuramların fikirlerini de) Evrenin yaşamındaki çok erken aşamaları betimlemek, kimi modellerde de, önceleri felsefe, metafizik ve din alanına ait olduğu sanılan Evrenin hiçlikten başlamasını saygın fizik soruları ve fikirleri çerçevesine almak için uygulanmasıdır. | |
| | **1980:** Nötrinoların kütlesi olabileceğinin ilk önerileri. | |
| | PERA, Pozitron-Elektron Ardışık Halka Hızlandırıcısı tamamlandı ve demet başına 19 GeV olan tasarım enerjisine erişti. | |
| | SLAC'da 36 GeV'lik enerjiler erişmek için tasarlanmış ve gluonlar için doğrudan delil sağlayacak olan PEP, Pozitron-Elektron Projesi tamamlandı. | |
| | **1981:** CERN'de Yeraltı Yöresi 1 (Underground Area 1) (UA1), proton/karşı-proton çarpışmalarını kollamaya başladı. | **1981** |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | **1982:** Bilinen ilk milisaniye atarcası, PSR 1937+211, Princeton Üniversitesi gökbilimcileri tarafından Arecibo radyoteleskobuyla belirlendi. Atarcanın periyodu yalnız 1,6 saniye olup bu, kabaca bizim Güneş'in kütlesinde ve atom çekirdeği yoğunluğunda olup saniyede 600 kereden çok fırıldayan bir top demektir. | **1982:** Uzay Mekiği işlemlere başladı. CD çalıcılar piyasada. |
| | Aspect deneyinin sonuçları yayımlandı. Buna göre yerel olmayışın kuantum dünyasını güttüğü ortaya konuldu. Bir atomu aynı anda zıt yönlerde gidecek iki foton salacak şekilde kışkırtmanın mümkün olduğunu ortaya koydu. sayduyu her fotonun belli ve zıt kutu planmayla gideceğini bekler, ancak, kuantum kuramının Kopenhag yorumu çerçevesinde olabilecek seçenekleri bulunan her hangi bir kuantum varlığı, ölçülene dek bir belirsizlikler durumunda bulunuyor. şekilde "Dalga fonksiyonunun çöküşü" ancak olabileceklerin birisi gerçekleştiğimde olur. Gözlenen fotonun karşılığı da bir belirsizlik durumunda var olmuş olmalı ve karşılığı gözlendiğinde zıtlaşan duruma çökmelidir. Dolayısıyla da Einstein'ın reddettiği "tekinsiz uzaktan etki" ile karşılaşılıyor. Richard Feynman, kuantum ilkelerine dayanan bir bilgisayar yapılabileceğini ileri sürdü. Dahası bu kuantum bilgisayarının, günlük yaşamın mantığı yerine kuantum dünyasının kurallarını izleyen "evrensel kuantum benzetimcisi" olarak davranacağını sanıyor. | |
| | **1983:** Metre, ışığın 1/199.792,458 s'de gittiği uzaklık olarak tanımlandı. CERN'deki Yeraltı Yöreleri 1 ve 2 (UA1 ve UA2) W ve Z parçacıklarını keşfettiler. | **1983** |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | **1984:** UA1 tepe kuark için delil buldu. | **1984:** Apple Macintosh piyasada. |
| | **!985:** Kip Thorne, bir solucan deliğini egzotik madde denilen şeyi kullanarak açık tutmanın mümkün olabileceğinin farkına vardı. Bu, zamanda yolculuğun (kuramsal olarak) mümkün olduğuna işaret ediyor. | **1985:** Mexico City depremle yerle bir oldu. |
| | **1980'lerin ortaları:** Gecikmiş seçim deneyinin, biri Maryland Üniversitesinde diğeri Münih Üniversitesinde iki bağımsız uygulanışı fotonların bir tür geleceği görebilişi olduğunu öneriyor. | |
| | **Geç 1980'ler:** Araştırmalar, sahici bir zamanda yolculuğun, fizik yasalarının bugün anlaşıldıkları şekilleriyle yasaklanmadığını gösteriyor. | |
| | **1986:** Andre Linde Evrenin, bebek evrenlerin kendini üreten sisteminin parçası olduğunu önerdi.<br>Kimi malzemelerde görece yüksek sıcaklıklarda (100 K'in üstünde) süperiletkenlik keşfi fizikçiler için sürpriz oldu. Bu dikkate değer çünkü böyle sıcaklıklara sıvı azot yardımıyla erişmek görece kolay. Bu, kılgın uygulanma (örneğin bilgiişlemde) umudunu artırıyor. | **1986:** Çernobil nükleer felaketi. Uzayyoklayıcıları Halley kuyrukluyıldızı'na uğradı. |
| | **1987:** 1987A, Kepler'in 1604'te gözlediğinden sonra *D*ünya'dan çıplak gözle görülen ilk süpernova. Bu süpernova yaklaşık 160.000 ışık yılı uzağımızda Büyük Macellan Bulut'u içindeki bir yıldızın patlamasıdır; daha sonra bu yıldız eski fotoğraf plakalarında saptanarak devasa Sandule-ak-69° 202 olarak belirlendi. Başka bir yıldızın çevresinde dolanan gezegen büyüklüğünde nesnelere ilişkin ilk doğrudan deliller. | |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | Tsukaba'daki elektron-pozitron saklama halkası olan TRISTAN çalışır hale geldi. | |
| | **1988:** Morris, Thorne ve Yurtsever, *Physical Review Letters* dergisinde (c.**61** s.1446) farklı zamanları bağlaştıran solucan deliklerinin var olabileceğine ilişkin vargılarını yayımladılar. | |
| | **1989:** CERN'de, 27 km çapında ve 100 GeV'i aşan enerjilere erişen dairesel bir parçacık hızlandırıcısı LEP (Large Electron-Positron Collider/büyük elektron-pozitron çarpıştırıcısı) çalışmaya başladı. | |
| | **1980'lerin sonu:** Japon araştırmacılar çift yarık deneyinin uygun bir sürümüyle elektronların dalga-parçacık ikiliğini kanıtlıyorlar. Bu deneyde elektronlar birer birer uygun bir çift yarığa fırlatılıyor. Dipankar Home, Partha Ghose ve Girish Agarwal, fotonlann tek tek aynı zamanda hem parçacık hem de dalga olarak davrandıklarının kanıtlanacağı bir deney için yeni bir öneri yaptılar. | |
| | **1990'lar:** Yale Üniversitesinde, vakumdaki atomlar üzerinde Casimir olayından yararlanılan bir deneyde atomların davranışı, klasik kuramın değil kuantum kuramının önsöyümlerine tamı tamına uyduğunu gösterdi. "Saf" bir vakumun tek tek sodyum atomları üzerinde ölçülebilir bir etkisi olduğu görüldü. | |
| | **1991:** Çekirdek kaynaşması araştırmaları için kullanılan deneysel reaktör olan JET, Joint European Torus (birleşik Avrupa simidi) 2 saniye süren her atmada 1,7 megawatt güç üretiyor. Bu, Yeryüzündekl bir denetimli kaynaşma tepkimesinden sürdürülebilen ilk büyük ölçekli bir güç çakmasıydı. | **1991:** Sovyetler Birliği'nin dağılması. |

| *Fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *Bilimdeki kilit tarihler* | *Tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | **1992:** COBE uydusunun (COsmic Background Explorer-kozmik ardalan araştırıcısı) ardalan ışınımında standart Büyük Patlama modeliyle bağdaşmak için tam doğru büyüklükte kıpırtılar buldu. Bu, Büyük Patlama kuramının en öte zaferi olarak düşünülüyor. Galileo'yu dünyanın Güneş çevresinde dolandığını desteklediği için dalalet ile ile suçlu bulan hüküm Papa Jan Paul II tarafından resmen kaldırıldı. | **1992:** Papa Galileo'yu suçlayan hükmü resmen kaldırdı. |
| | **1993:** Hubble Uzay Teleskopunun hataları astronotlar tarafından büyük ölçüde düzeltildi. | |
| | **1994:** Fizikçilerin kuark-gluon plazmasındaki koşulları ortaya koymaya çabalarken Yeryüzündeki parçacık hızlandırıcılarında ağır çekirdekleri çarpıştırarak oluşturdukları "küçük patlamalar" olaylardan çıkan fotonların kuark-gluon plazmasından geldiğini açıkça onaylayarak Büyük Patlama ateş topunu da onaylamış oldular. Kuark ailesinin altı üyesinden, tepe kuark olarak bilinen altıncısı, Chicago'da Fermilab'daki araştırmacılar tarafından belirlendi. Peter Shor, bir takım neredeyse kırılamaz şifreleri kırmak için bir kuantum paralel bilgisayarı kullanmanın ilke bakımından mümkün olup olmadığını anlamak için uğraştı ve her ne kadar bu şifreleri (muazzam güçlü bildik bilgisayarlarla) kırmak aylarca hatta yıllarca sürdüğü halde 1990'ların ortalarındaki kişisel bilgisayarlardan daha güçlü olmayan bir kuantum bilgisayarının böyle problemleri birkaç saniyede çözebildiğini gösterdi. | **1994:** Uzayın ivmeli genleşmesi Saul Perlmutter ve Adam Riess ile Brian Schmidt tarafından keşfedildi. |
| | **1995:** Los Alamos'taki araştırmacılar elektron nötrinosunun | |

| *fenbilimcilerin doğum tarihleri* | *bilimdeki kilit tarihler* | *tarihteki kilit olaylar* |
|---|---|---|
| | kütlesini 5 eV olarak ölçtükleri-ni ileri sürdüler.<br>İlk kez tam bir karşı-atom (hid-rojeninki) yapmayı CERN'deki araştırmacılar başardılar. Bun-da, eksi yüklü bir karşı-proton artı yüklü bir karşı-elektronla (pozitron) birleştirildi.<br>Hesaplamalar, süpersicim kuramlarının maddenin yapısını en küçük ölçeklerde açıkla-yabilmesi için minik solucan deliklerinin topoloji bakımından sicime eşdeğer olabileceği beklentisin öneriyor. Eğer böyleyse, peşinden koşulan *her şeyin kuramını* tamamlamak için gereken eksik bağlantı kara delikler olabilir.<br>CERN'deki LEP makinesinin tünelinde kurulmakta olan LHC'nin (ya da Large Hadron Collider/BHÇ, büyük hadron çarpıştırıcısı) yapılmasına başlandı. Bunun 2003'te 14 TeV kadar yüksek enerjilerde çalış-maya başlaması bekleniyordu. | |
| | **1996:** LosAlamos'ta üç yıldır yapılmakta olan bir deneyde aslında sırf müon nötrinosu içermesi gereken demette elektron nötrinolarının sebep olduğu 22 olayın delilleri ortaya çıktı. Bu müon nötrinolarının, elektron nötrinosu olacak gibi salınım yapabildiklerini ve ikisinden birisinin kütlesinin birkaç onda biri kadar olduğu-nu öneriyordu.<br>MIT'den Seth Lloyd, Richard Feynman'ın kuantum bilgisaya-rının "evrensel kuantum ben-zetimcisi" olma düşüncesinin doğru olduğunu, ve "kuantum bilgisayarları dahil bir kuantum sistemleri çeşitliliğinin dina-miğinin yerel etkileşmelerince belirlenen gelişigüzel kuantum sistemlerinin 'programlanabi-leceğini' kanıtladı (*Science*, cilt 273, s. 1073, 1996).[19] | **1999:** Tepe kuarkın varlığı Fermilab'da doğrulandı. Büyük Gölcük depremi.[14]<br>**2000:** Tau nötrinosu Fermilab'da gözlendi.<br>**2003:** Marta Bugay çifte atlarca sistemi keşfederek genel göreliliğe bir kanıt daha getirdi.<br>**2011:** Japonya'da Tohoku depremi ve tsunami sonrası Fukuşima reaktör faciası.<br>**2012:** Higgs bozonunun varlığı için çok sağlam delil bulundu.<br>**2015:** Kütleçekim dalgalarının yeryüzündeki etkisi ilk kez gözlendi. Aziz Sancar Kimya Nobel Ödülü Aldı<br>**2019:** Covid-19 salgını. |

# Notlar

1 Tavla puluna benzer çömlek malzemesinden.

2 Buna "Babil'in asma bahçeleri" deniliyor: yıllarca ben bunu "üzüm asması" olarak algılamıştım.

3 Aslında azıcık gidiş yönünde olmalıydı; çünkü tepedeyken *D*ünyanın açısal hızından gelen hızı direk boyunun katkısıyla dönmenin gemiye kattığı hızdan azıcık fazladır ama fark direk boyunun *D*ünyanın yarıçapına oranı kadar küçüktür

4 1577'de Takiyyüddin Er-Raşid İstanbul'da ilk gözlemevini kurdu; 1580'de topa tutularak yıkıldı.

5 En ünlü tablolan arasında yok!

6 Bir tür "Halep oradaysa arşın burada" durumu.

7 Darülfünun ***fizik*** dersi ile açıldı.

8 Mustafa (Kemal Atatürk) doğdu.

9 TBBM açıldı. Sevres Antlaşması ve Osmanlı Devleti'nin sonu.

10 Büyük Taarruz ve İzmir'in kurtuluşu; Mudanya Ateşkesi.

11 Lozan Antlaşması, Türkiye'de Cumhuriyet'in ilan edilişi.

12 Türkiye'de üniversite reformu.

13 Atatürk'ün ölümü.

14 Bu ve bundan sonraki tarihler özgün kitabın basımın sonra gerçekleşen olayların çevirmen tarafından hatırlatılmasıdır –yn.

15 Coulomb ünlü deneylerini yaparken sebebini anlamadığı bir durum gözlemişti; yüklediği iletkenler zamanla yük yitiriyorlardı, artık anlaşıldı ki kozmik ışınlar havayı iyonlaştırarak yüklerin kaçmasına yol açıyorlar.

16 "Neutrino" İtalyancada "nötrcük" demektir.

17 Artık ***izospin*** olarak kullanılıyor.

18 1963-66 arasında Prof. Fahri Domaniç'in yönetiminde ve ABD Brookhaven Laboratuarı'ndan Vance Sailor'un danışmanlığıyla ÇNAEM'de hem kendi yaptığımız bir nötron spektrometresiyle hem de Almanya'dan getirtilen nötron difraktometresiyle nötron kırınımı içeren deneyler yaptık. Bu gibi deneyler en az 1960'lara gider. (Ayrıca ben yüksek lisans tezimi 1968'de BNL'de benzer bir sistemle yapmıştım).

19 2000: Tauon nötrinosu Fermilab'da gözlenerek Gell-Mann'ın fikrini tamamladı.
2003: Martha Bugay ilk çifte atarca sistemini keşfederek genel göreliliğin bir diğer keskin kanıtını ortaya koydu.
2012: CERN'de, temel parçacıklara kütle sağlayan Higgs bozonunun varlığına ilişkin çok sağlam deliller bulundu.
2015: LIGO deneyi kütleçekim dalgalarının etkilerini Yeryüzünde gözledi.

JOHN GRIBBIN

# KUANTUM

## ANSİKLOPEDİK SÖZLÜK

Bu kitap, mikro-dünyanın yüz yılı aşan bilimsel incelenişinin hızlı gözden geçirilişini tarihsel bir görünüm içine yerleştirmeyi amaçlıyor. Ansiklopedik bir sözlük şeklinde düzenlenen kitapta tüm teknik terimler alfabetik sırasıyla eksiksiz açıklanmakta. İlk tanışılan atomaltı parçacık olan elektronun 1897'deki keşfinden günümüzdeki Parçacık Fiziğinin Standart Modeline kadar kuantum mekaniğini meydana getiren tüm bileşenlerin yer aldığı kitap günümüzdeki fizik problemlerini de özetliyor.

"Kuantum, Latincede "kemiyet, miktar" anlamına gelen *quantum* kelimesinin, *Max Planck* tarafından ışık için önerdiği enerji "topakları"ndan genelleyerek (ana metnin ilgili maddelerinde de açıklandığı şekilde) *açısal momentum, enerji ve eylem* gibi fiziksel niceliklerin bir sistemde yalnızca *belli yalınık* değerler alışını niteleyen ve Batı dillerinde aynen kullanılan terimin "Türkçeleştirilmişi"dir. Latince çoğulu (İngilizcesi de) *quanta*'dır."

–R. Ömür Akyüz (çevirmen)

"Gribbin yüz yıllık parçacık fiziği kuramlarını A'dan Z'ye anlatmakta."

–*Natural History*

"Bu kitap, kuarkları anlamakta güçlük çekenler ve fizikteki önemli olayların kısa bir özetini arayanlar için muhteşem bir referans çalışması sunuyor."

–*Scientific American*

Pek çok popüler bilim kitabı yazmış olan ünlü İngiliz fizikçi Gribbin'in parçacık fiziğinin karmaşık dünyası üzerine yazdığı bu eser, sıradan okurlar için yazılmıştır. Kitap, konuyu tarihsel perspektife yerleştiren bir giriş makalesinin ardından kapsamlı bir ansiklopedik sözlük ve kısa bir kaynakçayla birlikte, bilim ve tarihteki önemli tarihleri gösteren zaman çizelgelerini de içerir."

–*Library Journal*



ALFA
alfakitap
alfakitap
alfakitap
www.alfakitap.com
9 786254 494024
BİLİM