kuarklardan
kara deliklere

evrenle söyleşiler

Richard T. Hammond



Bilim ve Gelecek Kitaplığı

kuarklardan
kara deliklere
evrenle söyleşiler
Richard T. Hammond



Bilim ve Gelecek Kitaplığı

Bilim ve Gelecek Kitaplığı - 38

Kuarklardan Kara Deliklere
Evrenle Söyleşiler

Richard T. Hammond

Özgün Adı: From Quarks to Black Holes: Interviewing the Universe

Çeviri: Nalân Mahsereci, S. Cansu Özkan, Yusuf Öngel, Turgay Dağıstanlı
Çev. redaksiyonu: Nalân Mahsereci, Zahit Atam, Çağlar Sunay

© World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2001.
Tüm hakları saklıdır. Bu kitabın tümü ya da bir bölümü, kopyalama, kaydetme ya da bilinen ve geliştirilecek olan herhangi bir bilgi saklama ve geri alma sistemi ile, elektronik ve mekanik hiçbir biçimde ve hiçbir amaçla, yayınevinin yazılı izni olmaksızın çoğaltılamaz. Kitabın Türkçe çevirisi, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. (Singapur) versiyonu ile uyumludur.

© 7 Renk Basım Yayım ve Filmcilik Ltd. Şti., 2013

© Türkçe çeviri, Nalân Mahsereci, 2013

Birinci Baskı: Şubat 2014

ISBN: 978-605-5888-37-4

Yayıma hazırlayan: Nalân Mahsereci
Kapak ve sayfa tasarımı: Şule Dede

Baskı: Kayhan Matbaacılık
Davutpaşa C. Güven Sanayi Sitesi B Blok,
No: 244, Topkapı / İstanbul
Tel: 0212.612 31 85

7 Renk Basım Yayın ve Filmcilik Ltd. Şti
Tel: 0216.349 71 72
Caferağa M. Moda C. Zuhal S. No: 9/1, Kadıköy-İstanbul
http://www.bilimvegelecek.com.tr • bilgi@bilimvegelecek.com.tr

kuarklardan kara deliklere

evrenle söyleşiler

Richard T. Hammond

Çev. Nalân Mahsereci, S. Cansu Özkan,
Yusuf Öngel, Turgay Dağıstanlı

İÇİNDEKİLER

Önsöz **11**

Çevirmenin Önsözü **13**

Bir karbon atomuyla söyleşi **17**

Bir elektronla söyleşi **23**

Jüpiter ile söyleşi **29**

Bir kara delikle söyleşi **33**

Bir uranyum atomuyla söyleşi **43**

Bir fermiyon ve bir bozonla söyleşi **53**

Bir yıldızla söyleşi **59**

Bir Wimp ile söyleşi **69**

Bir kuyrukluyıldızla söyleşi **77**

Bir sarmal gökadayla söyleşi **85**

Bir nötrinoyla söyleşi **95**

Bir hidrojen atomuyla söyleşi **107**

Bir nötronla söyleşi **121**

Bir kuarkla söyleşi **129**

Bir takyonla söyleşi **139**

Bir kuasarla söyleşi **143**

Antimaddeyle söyleşi **149**

Bir demir atomuyla söyleşi **155**

Bir muonla söyleşi **165**

Bir nötron yıldızıyla söyleşi **171**

Bir sicimle söyleşi **179**

Boşlukla söyleşi **187**

Sözlük **201**



Bir karbon atomuyla söyleşi

Karbon atomu bize uzak yıldızlardaki doğumunu, Dünya'ya tehlikeli bir yolculukla gelişini, Dünyamız ve Ay'ın oluşumuna dair gözlemlerini ve canlılık üzerindeki rolünü anlatıyor.



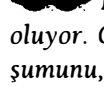
Bir elektronla söyleşi

Elektron 50 yıl önce biçimlenişini betimliyor ve yaşadığı birbirinden çok farklı yaşamları açıklıyor; oksijene ilk yönlenişindeki durağan yaşamını, bir iletkenin içinde bir atomdan diğerine sürekli göç edişini anlatıyor. Aynı zamanda elektrikli ev aletleri içindeki deneyimlerinden ve Avrupa'da yok olma tehlikesinden kıl payı sıyrılmasından da söz ediyor.



Jüpiter ile söyleşi

Bu söyleşide, asla bir yıldız olamayacağı gerçeğine saplanıp kalmış olan, kederli Jüpiter ile tanışıyoruz. Jüpiter bunun nedenini sorgulayıp duruyor. Uydusunu, gelgit kuvvetini, reddettiği büyük kırmızı benekleri açıklıyor ve güzel renkli şeritlere nasıl sahip olabildiğini anlatıyor.



Bir kara delikle söyleşi

Kara delikte ilk keşfettiğimiz şey, matematiğe olan eğilimi oluyor. Gerçekten de kara delik bize, olay ufkunu, kara delik oluşumunu, bir kara deliğin nasıl keşfedileceğini, küçük kara deliklere karşı büyük kara delikleri, kurtdeliklerini ve eğri uzayı, teknik olmayan bir yaklaşımla, ders verir gibi anlatıyor.



Bir uranyum atomuyla söyleşi

Uranyum atomu, bir asteroit çarpmasıyla dünya üzerinde doğuşunu ve onu bekleyen korkunç sonu anlatıyor. Asteroitler ve kuyrukluyıldızlar arasındaki kıskançlığı da sezer gibi oluyoruz. Aynı zamanda radyoaktif maddelerin yarı ömürleri ve nükleer kuvvetler gibi konulara da kısaca giriyoruz. Bizi dehşete düşüren bir gerçekle karşılaşıyoruz; uranyum atomu nükleer bombanın bir kısmını oluşturuyor ve bize biraz bu silahtan da söz ediyor.



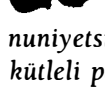
Bir fermiyon ve bir bozonla söyleşi

Bu alışılmadık çift, canlı bir tartışma ortamı oluşturuyorlar. Bu söyleşide, keşfedilmiş olan herhangi bir parçacığın ya bozon ya da fermiyon olacağını anlıyoruz ve bu terimlerin anlamının ne olduğunu zar zor çözüyoruz.

Bir yıldızla söyleşi



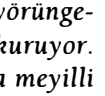
Bize doğumunu, yaşamını ve nasıl öleceğini anlatan bu yıldızın bizim Güneş'imiz olduğunu buluyoruz. Bize özelliklerinden bazılarını, örneğin boyutunu, kütlesini, güneş lekelerini, parlaklığını ve çekirdeğinde süren öfkeli savaşı anlatıyor. Sonra geleceğe uzanıyor, onu bekleyen sonun yanı sıra, kırmızı devler ve beyaz cücelerden de söz ediyor.



Bir Wimp ile söyleşi

Bir nötralino olacağı tutan ve "zayıf" lakabından memnuniyetsizliğini belirtme gereği duyan bu zayıf etkileşimli büyük kütleli parçacık, bize zayıf etkileşimli parçacıkların ne olduğunu açıklıyor, temel parçacıkların esas simetrisini tartışıyor ve süpersimetriyi anlatıyor.

Bir kuyrukluyıldızla söyleşi



Daha önce söyleşi yaptığım kişilere pek benzemeyen kuyrukluyıldızın, son iki binyıldan bu yana bilim tarihinde yaşanan gelişmelerle ne kadar ilgili olduğuna tanık oluyoruz. Kuyrukluyıldız, Dünya üzerindeki bilimsel kazanımlar ile yörüngesinde ilerlerken bulunduğu yerler arasında paralellikler kuruyor. Uranyum atomunun insanın kendi yıkımını hazırlamaya meyilli olmasından duyduğu kaygıları kuyrukluyıldızın da paylaştığını görüyoruz.



Bir sarmal gökadayla söyleşi

Sarmal gökada, büyük sarmal kolları da dahil olmak üzere, kendi yapısını tartışıyor ve bu arada bizim büyük bir gizemimizi de ortaya çıkarıyor. Evren'in dış bölgelerindeki gaz ve yıldızların

deviniminin hesabının nasıl yapılabileceğini açıkladıktan sonra, buna göre gökadayı dolduran büyük miktarda görünmez maddenin olması gerektiğini söylüyor. Kışkırtmalarımıza rağmen karanlık maddenin ne olduğunu anlatmıyor ve bizi gösterip de vermeyen birkaç ipucuyla öylece bırakıp gidiyor.



Bir nötrinoyla söyleşi

Nötrino öncelikle keşfedilmesiyle ilgili heyecan verici deneyimlerini paylaşıyor. Enerji ve madde hakkında bir tartışma başlattıktan sonra, onu bulabilmenin neden 100.000 galon temizleme sıvısına mal olduğunu açıklıyor. Aynı zamanda Güneş etkisiyle oluşan nötrino yapbozundan da söz ediyor ve bunun fizik ve astronomide çözülmemiş gizemlerin başında geldiğini belirtmeyi de ihmal etmiyor.



Bir hidrojen atomuyla söyleşi

Hidrojen atomu, keşfedilişinin hikâyesini anlattıktan sonra, yaydığı radyasyondan övünerek söz ediyor ve ardından bizi atomik ölçekte hüküm süren fiziğin yasalarıyla tanıştırıyor. Süreklilige karşı kesintililik düşüncesini ince ince anlatırken, deterministik dünyaya dair kavramlarımızı da yerle bir ediyor!

Bir nötronla söyleşi



Nötron, kısa bir söyleşi için uğradığında, kendi sonu hakkında oldukça endişeli görünüyor. Donanımından ve çekirdeğe katılma isteğinden söz ettikten sonra parçacıklar ve dalga hakkındaki tartışmaya da kısaca girmeye fırsat buluyor.



Bir kuarkla söyleşi

Kuark, varlığının başlangıçta neden kuşkuyla karşılandığını anlatıyor ve tek başına bir kuarkın gözlenmesinin olanaklı olup olmadığını tartışıyor. Çeşni ve renk üzerine az ve öz konuşuyor, inanç ve güzellikle ilgili tartışmaya giriyor ve doğanın anlaşılmasında kendisinin oynadığı esaslı rolden söz ediyor.

Bir takyonla söyleşi 139
İlkönce söyleşi yaptığımız arkadaşta bazı şüpheci tavırlar görüyoruz. Eğer takyonlar, ışık hızından daha hızlı giden parçacıklarsa, var olabileceklerini anlıyoruz. Sonra nedenselliğin öteden beri bağrımıza bastığımız fikirleri tartışmalı hale geliyor...

143 **Bir kuasarla söyleşi**
Kuasarlar, yıllardır astronomların kafalarını karıştırır; bu söyleşide geçmişin görüntüsünü vermeye onların gücünün yettiğini görüyoruz. Kuasarlar Evren içindeki en enerjik nesneler ve muazzam güçlerini üreten tek bir motorları bulunuyor.

Antimaddeyle söyleşi 149
Bir anti-elektron, antimaddenin özelliklerini açıklamak için uğradığında, anti-hidrojenin laboratuvarda üretilmiş olduğundan söz açıyor. Sohbet antimaddenin roket itici gücü olarak nasıl kullanılabileceğiyle devam ettikten sonra, negatif kütleli parçacıkların izlenmesi tartışmasına dönüyor.

155 **Bir demir atomuyla söyleşi**
Demir atomu süpernova kökenini, dünyaya nasıl geldiğini ve toprak yüzeyine erozyonla çıkışını açıklıyor. İlk dövülmüş demir üretimine katılımını, insan bedeninde oynadığı rolü ve modern üretimli yüksek dayanımlı çelik içine dahil olmasını anlatıyor.

Bir muonla söyleşi 165
Ağır bir elektronla kıyaslayabileceğimiz muonun söyleşiye ayırabileceği çok az zamanı var. Nasıl bulunduğunu özetliyor, değiştokuş parçacıkları ve nükleer kuvvetleri kısaca açıklıyor ve göreli uzunluk büzülmesi tartışmasına geçiyor.

171 **Bir nötron yıldızıyla söyleşi**
Nötron yıldızı, kendisiyle yaptığımız söyleşide, süpernova patlamasını ve kişisel kökenini açıklıyor. Aynı zamanda pulsarlar, X-ışını ve gama ışını patlamalarını ele alıyor.

Bir sicimle söyleşi



Sicim kendisini, temel parçacıkların nokta gibi olduğuna dair genel kanımızla kıyaslıyor ve gördüğümüzden daha çok boyutta nasıl var olabileceğimizi açıklıyor. Aynı zamanda, klasik kuramla kuantum kuramını karşılaştırıyor ve kuantum kütleçekimi kuramını tanımlamanın tek yolunun kendisi olduğunu iddia ediyor. En sonunda tartışma güzelliğe varıyor ve biz sicimin ağzından, standart modelle sicimin dünyasının içten bir karşılaştırmasını işitiyoruz.



Boşlukla söyleşi

Boşluğu çok aktif bir arenada buluyoruz. Kendi benzersiz özelliklerini tanımlarken, biz de onun varlığının ne kadar önemli olduğunu fark etmeye başlıyoruz. Boşluk kendisiyle yaptığımız bu söyleşide, Einstein ve onun kütleçekimi kuramıyla Evren'in genişlemesi meselelerine de ucundan giriyor. Doğa yasaları üzerine yürüttüğümüz araştırmaları hem göklere çıkarıyor, hem yerden yere vuruyor. Söyleşiyi, Evren perspektifinde kendisinin tuttuğu kişisel yeri anlatarak noktalıyor.

Önsöz

Doğal nesnelerle söyleşi yapma fikrinin bana ait olmadığını kabul etmeliyim; karbon atomuyla bir muhabbete girişmeseydim, aslında bunun pek mümkün olamayacağını düşünürdüm. Hidrojen, Evren'in uzak bir köşesinde olağanüstü yaratılışını, bir süpernova patlamasıyla inanılmaz bir biçimde boşluğa salınışını ve Dünya üzerindeki deneyimlerini anlatırken heyecanımı zar zor dizginliyordum. Bu sözde-dinginlik durumunu bir süre koruyabildim, ama neden sonra kendimi gözü dönmüş bir halde notlar alırken buldum. Öylesine harika bir deneyimdi ki, bir an önce yeniden yaşamak isteğimi bastıramıyordum; sırf kendi keyfim için çok daha genç bir elektron buldum; atmosferimizin üst kısımlarında ortaya çıkışına, elektrikli ev aletlerindeki maceralarına, bir parçacık hızlandırıcıda yok olmasına tüyler ürpertici bir biçimde ramak kalmasına dair deneyimlerini paylaşmaya aynı derecede hevesliydim. Jüpiter bir söyleşi için gönüllü olduğunda, bu fırsatın üzerine de balıklama atladım; Jüpiter kendi mutsuz doğasından bihaber biçimde, hâlâ kara kara bir yıldız olmayı beceremeyişi üzerine düşünüyordu.

Başlangıçtaki başarılarımla coşmuş olarak daha ötesi için girişimde bulundum; bir kara delikle iletişime geçtim. Çok zorlayıcı oldu; notlarının çoğu saçmalıktı, ben denklemlerin birçoğunu yanlış yunluş not etmeye çalışırken, kara delik karatahtaya yazıyordu. Ne yazık ki, nesnelerin birçoğunun yıkılışını da gördüm, onları yakın bir görüşme için ikna etmeye uğraşırken, kendi gü-

venliğimden korkmadan da edemiyordum. Uranyum atomuyla söyleşi, farklı nedenlerden dolayı eşit ölçüde şaşırtıcıydı. Kitle imha silahlarının kullanıldığı konusunda derin endişeleri vardı, kendimi karşısında savunma yaparken buldum; bir atomun kaygılarının insanların bazılarından daha baskın olmasına şaşırmıştım.

Şu ana kadar, haber yayılmaya devam ediyordu; kapımı çalan ziyaretçilerim giderek artıyordu. Uzayan kuyruğu azaltmak amacıyla söyleşileri ikişer ikişer yapmaya karar verdim. Ama bunun bir hata olduğunu çok geçmeden anladım; fermiyon terbiyeyi elden bırakmamasına rağmen, onunla birlikte söyleşiye katılan bozon bencil ve kaba davrandı. Gene de doğadaki rolleri üzerine iyi bir tartışma yaptılar.

Söyleşi yaptığım yıldız, kolayca tahmin edebileceğiniz gibi, Güneş'imizdi; ama tahmin edemeyeceğiniz şey, Dünya üzerinde bulduğumuz elementleri bir araya getirmenin Evren'in tümünün milyarlarca yılını aldığını vurguladıktan sonra, bu değerli armağanı israf ettiğimiz için bizi azarlamasıydı. Hidrojen atomu da beni şaşırttı; kuantum mekaniğinin daha somut öngörülerinin yanı sıra felsefi etkilerini de tartıştı. Ancak kuark beni çok daha derinlere götürecek, fizikteki güzellik meselesine dalacaktı.

Bu Önsöz'de söz ettiğim ve etmediğim, söyleştiğim nesnelerin tümü, yaşadığımız dünyaya dair benzersiz bir bakışa sahipti. Sohbetlerimiz sırasında, en mahrem düşüncelerini ortaya serdikleri için onlara teşekkür etmeyi bir borç biliyorum.

Çevirmenin Önsözü

Popüler de olsa, bilim kitabı bildiğimiz bilim kitabıdır; teknik ve sıkıcıdır deyip elinizden bırakmadan önce, lütfen kulak verin: Bu kitapta çocukluğunuzdan anımsayacağınız bir ses var. Size ilk okunan ve sizin de kendi kendinize okuyabildiğiniz ilk kitaplardan. Hani çoğunlukla hayvanların, nadiren bitkilerin ve daha da nadiren nesnelerin insan gibi konuştuğu, insan benzeri duygulara sahip olduğu ve insan gibi düşünüp, insan gibi davrandığı; genel ölçekte "masal", özel ölçekte "fabl" başlığına yerleştirilen anlatı türünden söz ediyorum.

Belleğimizde hemen Ezop ve La Fontaine gibi isimlerle eşleşse de, fabllar, aslında insanlığın ilk yazılı anlatıları arasında yer alıyorlar. Yazıyı keşfeden Sümerler, tabletlerine hayvan masallarını da kazımışlar. Yazılı olmalarından güç alarak bunlardan "ilk" diye söz etmekte beis görmüyoruz; ama insana dair öykülerin doğadaki canlılar ve cansızlar üzerinden anlatılmasının sözlü anlatı geleneğindeki tarihinin, yazıdan çok daha eskiye gidiyor olabileceği güç bir tahmin değildir. İnsanın kendini çevreleyen doğaya, öteden beri kendi örnekliği üzerinden bakmak eğiliminde olduğunu söylemek de yanlış olmayacaktır.

Elinizdeki kitapta da, insansı özellikler, insan düşünce ve davranışları doğaya yüklenmiştir; ama biraz farklı olarak... Yazar Richard T. Hammord, bir anlatı türü olarak fablı, "Evren çapına" çıkarmış ve "atomaltı ölçeğe" indirmiştir. Evren'in en büyük, en küçük ve en ilgi çekici nesnelerini söyleşi formatında konuştur-

muş; kayıt aletini sarmal gökadaya, kara deliğe, Güneş'imize, kuasara, yanı sıra uranyum atomuna, kuarka, sicime ve hatta antimaddeye ve boşluğa da uzatmaktan çekinmemiştir. Küçüklü büyüklü doğal nesneler, kendileriyle yapılan bu söyleşilerde, oluşumları, keşfedilişleri, özellikleri, tarihleri ve kendileriyle ilgili kuramlara dair bilgi verirken; insansı psikolojiler takınmış olarak çıkarlar karşımıza. Jüpiter, bir yıldız olabilecekken ancak bir gezegen olabildiği için, ömrünü bir başarısızlık öyküsü olarak görmeye takılıp kalmıştır; sarmal gökada küçümsendiğini sanarak alınganlık göstermektedir; nötron nötr olmayı özelliksiz olmakla özdeşleştirerek, proton ve elektrona öykünmektedir; bozon ondan üstün olduğunu göstermeye çalıştığı fermiyonla didişmektedir; bir hidrojen bombası üretimine katılmış olan uranyum atomu insanlıktan umudunu kesmiştir...

Yazar, Evren'in en temel cisimlerini ya da atomaltı parçacıkları konuştururken, onlar hakkındaki pekâlâ teknik olabilecek bilgiyi, konuşma dilinin canlılığına, anlaşılırlığına ve yalınlığına ustaca yedirmekte; bilimsel bilgiyi gazetelerin pazar eki söyleşilerinin akıcılığında sunmaktadır. Her bir doğal nesne, milyarlarca yıl süren ve Evren'in bir ucundan diğer ucuna yayılan "yüksek enerjili" ve şaşırtıcı olayların özneleridir ve "kişisel" öykülerini tatlı tatlı anlatırlar. Maddenin yapıtaşı olan atomlar ve atomaltı parçacıklar, Evren'in çok farklı köşelerinde, farklı gökcisimlerinde, evrensel olaylarda ve dünyada yaşadıklarını, bir macera filminin yer yer düşük, yer yer yüksek tempolu sahneleri gibi peşi peşine aktarırlar.

Yazar astrofiziğin büyüklü küçüklü nesnelerini kendi ağızlarından birer birer tanıtırken; her bir doğal nesnenin birbirine ve bütüne sıkı sıkıya bağlandığı geniş ölçekli bir Evren resmi de çıkarır karşımıza. Bizi yaratan atomların uzak geçmişte, milyonlarca yıllık bir süreçte oluştuğunu, çeşitli evrensel süreçlerde işlevleri bulunduğunu, Evren'in aslında bir bütün olduğunu kavrarız. İnsan ve yarattığı uygarlık, Evren'in bu görkemli bütünlüğünün ancak çok küçük ve aslında kıyıda köşede kalmış bir bileşenidir. Bu noktada doğal nesneler söz birliği yaparlar:

İnsanın değeri, bu büyük bütünlük karşısındaki küçüklüğüne, önemsizliğine ve yıkıcılığına karşın, Evren'i ve yasalarını anlama yönünde gösterdiği bitmek tükenmez çabadadır.

Doğal nesneler kendi tarihleriyle birlikte, Evren'in tarihini ve insanın onları anlama çabasının (bilimin) tarihini de kısmen anlatmış olurlar. Böylelikle söyleşileri okumakla temel bir Evren perspektifi edinmekle kalmayız; doğaya nasıl bakılması ve araştırmaların çözülmemiş hangi bilimsel sorulara yoğunlaştırılması gerektiğine dair fikirler de ediniriz. Bilimin nasıl geliştiğini, bir kuramın nasıl ortaya konduğunu, nasıl geçersizleştiğini ya da eksiklerinin nasıl tamamlandığını da örnekler üzerinde görürüz.

Yazar, bütün bu söyleşilerde, fabl geleneğinin bir özelliğini de sürdürür; insana ve insanlığa getirdiği eleştirileri, nesnelerin ağzından yer yer üstü kapalı, yer yer oldukça açık bir biçimde ortaya koyar: İnsanın kendi türünü, dünyayı ve hatta Evren'i gözü kapalı yıkıma götürüyor olmasını; mülkiyet ve çıkar uğruna kan dökmesini, savaşlar çıkarmasını; bilimi salt teknoloji geliştirmek üzere kullanarak, Evren'i anlama çabasına yeterince önem vermemesini de eleştirir.

Bütün bu nitelikleriyle, pencereler açan, keyifli bir okuma vaat eden bir kitaptır elinizdeki.

Yazar, önsözünü de, söyleşileri yapan kişinin ağzından yazarak, kitaptaki kurgusal tutarlılığı korumuştur. Kitabı masaya yatıran bu uzun önsözle, onun kurgusal bütünlüğünü fena halde böldüğümün bilincindeyim. Umarım, bu kitabın Türkçedeki basımına "çevirmen" olarak da katkı koyuyor olmanın bende yarattığı heyecana ve bu heyecanı olası okurlara da bulaştırma arzuma bağlanarak, mazur görülür.

Son olarak şunu söylemek isterim: Bu kitabı, İtalo Calvino'nun *Kozmokomik Öyküler* kitabının ölümsüz kahramanı Ofwfq'a bir selam duruşu olarak da okumak mümkündür. Tanışmış olanlar mutlaka anımsayacaktır, Ofwfq da Evren'in ucu canlılığın evrimine varan tarihinin bütün aşamalarını yaşamış gibi anlatan; karşımıza kâh bir molekül, kâh bir göktaşı, kâh bir denizkabuğu, kâh sudan karaya çıkan ilk nesil balıklardan biri, kâh

dinozorların son temsilcisi kılığında çıkan; Evren'in bütün bu farklı biçimlerine "insanı" taşıyan bir karakterdir. *Kozmokomik Öyküler*'i bilimden iyi anlayan bir edebi usta yazmıştır; *Evrenle Söyleşiler*'i edebiyattan anlayan bir biliminsanı...

***

Herhangi bir metnin bir kitap bütünlüğüne ulaşmasında, çok sayıda insanın katkısı vardır kuşkusuz; kitaplar kolektif eserlerdir bu anlamda; ama bu kitap için ayrıca, çeviri ve çeviri redaksiyonunda da kolektif emekten söz etmeliyiz. 1.- 4. söyleşileri S. Cansu Özkan, 5.-7. söyleşileri Yusuf Öngel ve 8. söyleşiyi Turgay Dağıstanlı çevirmiştir. Geri kalan söyleşiler ve diğer metinler, tarafımdan çevrilmiştir. Aynı biçimde, 10.-12. ve 14. söyleşiler Çağlar Sunay; 9., 13, 15.-22. söyleşiler Zahit Atam tarafından; bunlar haricindeki söyleşiler ve diğer metinler tarafımdan redakte edilmiştir. Her çevirmen ve redaktör, sadece kendi çevirilerinden ve redaksiyonlarından sorumlu olmakla birlikte; kitabın tümündeki olası yanlışlıkların sorumlusunun ben olduğumun altını çizmek isterim.

Keyifli okumalar...

Nalân Mahsereci



Bir karbon atomuyla söyleşi

Size bu söyleşi için çok teşekkür etmeliyim. Bu söyleşi benim için bir ilk; doğru soruları sorup soramayacağımdan emin değilim; dolayısıyla lütfen doğaçlama yapmaktan çekinmeyin. Nerelisiniz diye sorarak başlamak istiyorum...

Bu size şaşırtıcı gelecek belki ama, çok uzun süre önce ve çok uzaklarda olduğu halde, doğumumu gayet iyi anımsıyorum. Sonsuza dek süreceğini sandığım o bekleyişten sonra, nihayet sıram gelmişti. Sayıca ikiden fazla olan ebeveynlerim, sonunda birleşmek için uygun sıcaklığı hissettiler ve doğanın reenkarnasyonu yoluyla üç helyum atomundan bir karbon olarak doğdum.

Bir füzyon ürünü olduğunuzu mu söylüyorsunuz?

Evet, kesinlikle öyle. Ancak yeni hayatımla gelen coşkum, yıldızının soğuması kadar çabuk sönmeye başladı ve bir sürü karbon kopyamdan oluşan, tembel dev bir yıldızın içine hapsolacağını fark ettim. Ama yıldızım, o muazzam kütleçekimi etkisi sayesinde, eşlikçi yıldızımızdan çok sayıda kız kardeş atom çekiyordu ve ortalıkta sakin topluluğumuzun çökeceğine dair söylentiler dolaşıyordu.

Yani yeni karbonlar üretecek helyum kalmayınca füzyon durdu ve siz de yörüngenizdeki bir yıldızın atomlarının aklını çelmeye başladınız, öyle mi?

Evet, sanırım şanslıydım. Söylentiler bizden daha güçlü ve azimli olduklarını kanıtladılar: Sizin zamanı ölçmeye başlama-

nızdan çok önce, öldürücü bir anda, kütleçekimi alanı o kadar güçlü hale geldi ki, hiçbirimiz buna dayanamadık.

Öyle bir ölçeğe çöktük ki, aklıma geldikçe hâlâ tüylerim diken diken oluyor; hiçbirimiz ne olup bittiğini anlamadan, Evren'deki en büyük ve en gösterişli patlamayla paramparça saçıldık. Bu olay beni resmen büyülemişti; sadece ilk kez özgür olduğum için değil; o zamana kadar tüm Evren, hidrojen atomları (benim atalarım), helyum ve karbondan başka bir şey barındırmıyordu; ama şimdi, neredeyse ışık hızına ulaştığım yolculuğum boyunca, bütün ağır ve tuhaf element türlerini görüyordum. Bu yeni oluşmuş korkunç elementlerin, beni bir an bile duraksamaksızın bütün olarak yutabileceklerini kısa sürede öğrendim ve onlardan uzak durmaya çalıştım.

Bir süpernovayı ve sonrasını mı tanımlıyorsunuz?

Evet. Ardından binlerce, milyonlarca ve milyarlarca yıl, bir gün gibi hızla geçti ve ben bir kez daha can sıkıcı bir tekdüzelik içerisinde kaldım. Kendimi, evimden uzakta, daha önceki sıcak çevremin aksine soğuk, kasvetli, ıssız bir genişlikte kapana kısılmış buldum. En yakın komşularımdan, hidrojen atomlarından, iletişim kuramayacak kadar uzaktaydım.

Gerçekten iç karartıcıymış. Bu ruh halinden nasıl kurtuldunuz?

Aradan geçen birkaç milyon yılda, ardımdan gelen önce tek tük, sonra birkaç tane daha komşumu fark edince, umutsuzluğum kayboldu. Çok geçmeden onlarla yeniden eski dostlar gibi geziniyorduk. Aynen o görkemli olayın, yani çöküşün haberini yayan dedikodu kazanının kaynadığı zamanlardaki gibi.

Fakat bu sizin daha önce söz ettiğinizden farklı bir çöküş. Şimdi, bir yıldız oluşumuna dair söylentilerin olduğunu söylüyorsunuz.

Evet, söylentilerin doğru olduğu ortaya çıktı. Sonraki birkaç milyon yıl boyunca, ilerde bir yıldız olacağını hepimizin bildiği şeye doğru, etrafında dönerek yavaş yavaş yaklaşıyorduk. Birçok yeni hidrojen arkadaşım yıldızın içine girebildi, ama ben yörüngede sıkışıp kaldım. Uzaktan yıldızın doğumuna tanıklık etme-

me rağmen, kendimi dışlanmış, çok yaşlı ve yararlı olmak için fazla ağır hissediyordum.

Fazla ağır olmakla kastettiğiniz nedir?

Yeni bir yıldızın içinde, hidrojen füzyonla helyumu üretir ve daha sonra da helyum aynı yolla karbonu üretir. Benim kütlem, hidrojenin kütlesinin 12 katı; gökcisimleri için gerçek bir yakıttan çok, bir son ürünüm.

Ne yaptınız?

Korku, kendime acıyışımın kabuğunu bir fındıkkıran gibi kırıverdi. Yörüngede olmama rağmen yalnız değildim. Birçok ağır element ve hatta şu çirkin moleküller etrafımda toplanıyordu. Yeni güneşin ışıklarını boğarken, elektronlarımı çalmak için uğraşıyorlardı. Kaşla göz arasında katı bir demir ve mineral küresinin derinlerine gömülmüştüm. Her yönden itilip kakılan, sonsuzluktan başka gidecek bir yerin olmadığı, korkunç bir karanlık içine hapsolmuş ve zaman algımı tümden yitirmiş durumdaydım.

Yani Dünya'nın bir parçası haline mi geldiniz?

Evet. Milyonlarca yıl, hurda araba mezarlığına atılmış eski tekerlekler gibi, üst üste yığıldı. Ama sonunda, henüz ortada bir şey yokken, devasa bir sismik şok geldi. Sismik şok o kadar güçlüydü ki, içinde hapsolduğum korkunç kürenin karnını yardı. Kendimi bir kez daha uzayda, üstelik bir değil iki cismin birden yörüngesinde buldum. Kısa süre sonra yörüngem bozuldu, büyük olan cismin yörüngesine girmiştim; bizi etkileyen diğer cisim de aynı yörüngeye dahil oldu. Bir kez daha, uzaydan çok fazla ziyaretçinin uğradığı tuhaf bir topluluğun içindeydim. Bu ziyaretçiler paniğe yol açabilecek bir hız ve şiddetle gezegenime çarpıyorlardı. Büyük oranda su içerdikleri için, onların kalıntıları daha sonra dev okyanusları oluşturacaktı. Bense her binyılda boğulacağımdan korkuyordum.

Sanırım Ay'ımızın doğumunu ve gezegenimizi bombardımana tutan kuyrukluyıldızları anlattınız; fakat boğulabileceğinizi düşünmekte zorlanıyorum.

Sadece şairane bir laftı... Sonra bütün bu olup bitenden daha ilginç bir şey oldu. Evren'de şimdiye dek gerçekleşen belki de

en heyecan verici projenin içinde yer aldım. Füzyon, süpernova, Güneş Sistemi'nin biçimlenişi, Ay'ınızın doğumu ve kuyruklu-yıldız bombardımanı... Hepsi bu eşsiz deneyimin yanında solda sıfır kalır. Önce bir molekülün parçası haline geldim, başta bu beni korkutmuştu; ama sonra biz ve daha birçok molekül, büyük bir karmaşıklıkta biçimlendik. Yukarıya doğru, yani yerçekimine karşı su taşıyan uzun tünelleri ve rüzgârda kanat çırpan yeşil havai sayfaları olan, atalarımın ürettiği güneş ışığını emen, hiç de doğal olmayan bir biçim olduğunu söyleyebilirim. Bu ironiyi sevmiştim ve bu yapının, o ışığa yanıt verecek ve onunla reaksiyona girecek olması gerçeğiyle büyülenmiştim.

Sanki bir tür bitkinin parçası olmuşsunuz gibi anlıyorum, doğru mu?

Evet, bir ağacın. Ne yazık ki, bu harika dönem uzun sürmedi. Kısa bir süre sonra, toprakta özümsenecek su kalmamıştı ve güneş ışığı tepkisiz bir yapının üzerine düşüyordu. Daha önce hiç hissetmediğim kadar büyük, felç edici bir kedere gömülmüştüm. Daha da dibe indim. Evren'deki herhangi bir kuvvet kadar kudretli olan zaman, beni komşularımdan ayırdı. Birkaç hidrojen devşirebilecek (ki, onlardan dördüyle genellikle birlikte gezerdik) olmama rağmen, kendimi güçbela kıpırdanılabilinen, koyu siyah bir çamurun içinde buldum. Bu durum, hatırlayabildiğimden çok daha uzun yıllar sürdü.

Bu kara kasvet, basınçtaki ani değişimle bozuldu. Hepimiz aynı anda basıncı hissettik ve körlemesine yukarıya körükledik. Kendimi tekrar yüzeyde, bu kez, doğanın kendini aştığını düşündüğüm, tuhaf, geometrik bir şekil içinde kapana kısılmış bir halde buldum. Fakat bu daha göreceklerim ve yaşayacaklarımın yanında bir hiçmiş. Her yerde, her boyuttan, açıklanamayacak, dile getirilemeyecek dehşet verici yapılar vardı. Bense arıtıldım, tekrar kullanıldım, terk edildim, kurtarıldım ve genel olarak açıklaması hiç kolay olmayan, çok sayıda nesne ve biçime sokuldum. Her şey çok hızlı olup bitiyordu, olanı biteni kaydetmek için keşke bir günlük tutabilseydim diye düşünüyordum. Ama malum, bu bir karbon atomu için pek olacak şey değil.

Bir dakika lütfen. Öldünüz, yani ağacınız öldü demek istedim; çürüyerek petrole dönüştünüz, peki ya sonra ne oldu? Bir petrol kuyusundan yeryüzüne mi fışkırdınız?

Hı hı. Kendimi bütünüyle insanları anlamaya vermiştim; nesiniz, nereden geliyorsunuz... Hatta bir ara kendimi, tuhaf bir planın parçası olarak, bir kadının ayaklarından beline kadar sarılmış bir halde buldum. Bu dönemde çok acayip şeyler gördüm, anlatılır gibi değillerdi. Aslına bakarsınız, bir parçası haline geldiğim uygulamaların birçoğunu kavramakta güçlük çekiyorum. Füzyonun ilkeleri benim için gayet anlaşılır olmasına rağmen, yakın tarihimde yaşadıklarımın çoğu böyle değil.

Halimden şikayetçi olduğumu sanmayın; böylesine dinamik, tempolu bir yaşamın bir parçası olmaktan dolayı mutluyum. Gerçi ertesi gün, kendimi siyah bir akışkana daldırılmış bulunca; üzerimden endişe bulutları geçmedi değil. Neyse ki bu kez hızlıca bir yayınevine gönderildik ve daha bir "i" bile yazamadan; bir sürecin ortasında ve cümlenin sonunda, işte karşınızdayım. Tanıştığımıza çok memnun oldum.

Ne kadar heyecanlı bir hayatınız olmuş, emekliliğinizde ne yapmayı amaçlıyorsunuz?

Hayatın önümüzdeki on milyar yıl içerisinde bana ne getireceğini düşünmek istemiyorum. Eğer size kalbimin en derinlerini açsaydım, şunu söylerdim; sizin gibi kısa ömürlü bir insanın bir parçası olabilmek için, en içteki elektronumu verirdim. Yıldızlara dokunmak gibi imkânsız bir şey istiyorum belki...

Belki de imkânsız değildir...



Bir elektronla söyleşi

Bana bu söyleşiyi gerçekleştirme fırsatı verdiğiniz için teşekkür ederim. Yola koyulmak istediğinizi biliyorum, bu nedenle...

Yok yok, burada keyfim yerinde. Zaten hep hareket halindeyim, dinlenmek benim için iyi olacaktır.

Peki öyleyse, lütfen kendinizi evinizde gibi hissedin. Söyleşimize başlarsak, bize yaşınızı ve nereden geldiğinizi söyleyebilir misiniz?

Yaklaşık 50 yıl kadar önce burada, ABD'de doğdum.

Doğumunuz nasıl oldu?

Doğrusunu söylemek gerekirse oldukça sıradandı. Güneş'ten kopan bir alfa parçacığı...

Alfa parçacığı mı?

Bir helyum atomunun çekirdeği; bildiğiniz gibi, iki proton ve iki nötronu vardır. Bu parçacık sayısız diğer atomla birlikte Güneş'ten yayıldı. Yaklaşık 250 km yukarıda, bir nitrojen atomuyla çarpıştı. Saniyede yüz milyon metrenin üzerinde bir hızla giderken, atomlardan geriye hiçbir şey kalmadığını söyleyebilirim. Açık bir gecede görünen yıldızlar gibi, protonlar, nötronlar ve diğer parçacıklar gökyüzüne dağıldı. Geride hâlâ çok fazla enerji kalmıştı, ben de bu enerjiden öteki-ben diyebileceğim bir pozitronla birlikte doğdum. Ne yazık ki, o başka bir elektronla çarpışarak yok oldu. Bense, yaklaşık 100 km yukarıda bir oksi-

jen atomu tarafından yakalandım ve sonunda, yavaş yavaş yüzeye indim.

Daha sonra?

Pas.

Pas mı?

Bildiğiniz, oksitlenme. Teksas'ta terk edilmiş eski bir petrol kulesinde. Oksijen molekülüm...

Az önce oksijen atomu dediğinizi sanıyorum...

Aslında evet, ama atmosferde daha aşağılara indikçe, Güneş'in ultraviyole ışınlarından korunur hale geldikçe, başka bir oksijen atomuyla birleştik ve bir molekül haline geldik. Olup bitenden hiç hoşlanmamıştım; iki ayrı atom tarafından paylaşılıyordum, önce birine aitken, sonra diğerinin oluyordum, gerçekten hangi atoma ait olduğumu bilmeden, bir ileri bir geri, bir ileri bir geri gidip geliyordum. Yine de bir süre sonra yeni hayatıma alışmaya başladım, hatta bazen tadını çıkardığım bile oluyordu.

Anlıyorum; oksijen molekülünüz diyordunuz...

Oksijen molekülüm bunu yaparken ne düşünüyordu bilmiyorum, ama bir demir atomuna aşırı yaklaştı; demir atomu da bizi bir kurbağanın sineği yakalaması gibi yakalayıverdi. Eminim o zavallı yaşlı oksijen, hâlâ oradadır.

Peki nasıl oldu da siz oradan kaçma fırsatı buldunuz?

Aslında tüm yaşam tarzım radikal bir şekilde değişti. Oksijenleyken bir evim, iyi komşularım vardı ve zaman zaman heyecan yaşasak da genel olarak sakin bir hayat sürüyorduk. Demirin içindeykense sürekli bir atomdan diğerine itilip kakılıyordum, hiçbir atom bana gerçekten kalıcı bir ev sağlamıyordu, yersiz yurtsuz kalmıştım. En küçük elektrik alanı bile beni bir yerlere yolluyordu; arı kovanında kaynayan arılar gibi uçuşan kardeşlerime çarpıp duruyordum.

Bir elektrik akımını tanımlıyor gibisiniz, peki petrol kulesinden nasıl kurtulmuştunuz?

Orada çok kalmadım. Kuzeyimizden bir fırtına geçti, şimşekler çaktı ve pozitif yük birikimi oluştu. Muhtemelen biliyorsunuzdur, biz elektronların karşı koyamadığı bir şey varsa, o da

pozitif yüktür; o yüke tıpkı arıların çiçeklere doğru çekilmesi gibi gideriz. Bildiğim bir başka şey de, kuzeydeki yer cızırtısının içinde, bir zilyon kardeşimle birlikte olduğumdu.

Bir zilyon mu?

Yani hesaplaması çok zor ve böyle hesapları kafaya da takınam ama, sayıca kesinlikle 10^{25}'in üzerindeydik. Çok tekinsiz bir yolculuk olduğunu da eklemeliyim.

Nasıl yani?

Birçoğumuz atomlar ve moleküllerce kapana kıstırıldığı için üstesinden gelemedi. Neyse olumsuz şeylerin üstünde çok durmak istemiyorum, ben size barınak maceralarımı anlatayım.

Lütfen.

Söylediğim gibi kuzeye giderken, yerel enerji nakil şebekesinin bir parçası haline geldim.

Bir dakika, ticari elektriğin kablolarla gönderildiğini sanıyordum...

Evet ama, aslında bunun yüzde 30 kadarlık kısmı toprak akımlarıyla taşınır; hem benim suçum yok, bunu siz tasarladınız. Neyse, başıma ne geleceğini bilmeden, bir yerleşimin yakınında dolaşıyordum; birden bir evin içine doğru çekildim ve elektrik süpürgesinden renkli televizyona kadar evdeki her elektrikli aletin içinden geçtim.

Bir televizyonun içinde olmak nasıldı?

Tam bir hayal kırıklığı. Beleşe yaşamayı umuyordum ama evin elektrik şebekesine geri gönderildim.

Beleşe yaşamak derken?

Bu duruma böyle diyoruz: Televizyonun resim tüpünde (katot ışınlı tüp) birkaç bin volta hızlanıyorsun ve sonra vakuma püskürtülüyorsun ve sonra ekrana kadar yol alıyorsun. Ben burada yalnızca beleşe yaşamayı değil, aynı zamanda bir oksijen molekülüne, hatta bir nitrojen molekülüne tutunmayı umuyordum. Ama yine şebekeye döndüm. Bu hiç hoş değildi. Siz alternatif akım kullandığınız için, biz de depremin ortasında kalmış jöle gibi bir ileri bir geri sallanıp duruyoruz akımın içerisinde.

Peki nasıl ilerliyorsunuz?

Tamamen irade meselesi.

İrade mi?

Şaka şaka. Şebekede sürekli potansiyel farklar oluşuyor, bu da demek oluyor ki, bir süre için bir yönde diğerinden daha çok gidiyoruz. Bir gün bodrumdaki su pompasından mutfağa, içine girdiğim son alet olan tost makinesine kadar geldim.

Tost makinesinde ne oldu?

Tost makinesini seviyordum, ama sahibi sağ olsun, bir simidi tıkıştırdı makineye ve bir kırıntı ısıtma parçasının çok yakınına geldi. Kıpkırmızı hale gelen parça, beni daha kendimi toparlayamadan buharlaştırdı ve o kırıntının bir parçası oldum. Ondan sonra işler biraz daha çığrından çıktı. Makinenin sahibi beni yedi ve Sibirya'ya sürgüne gönderildim.

Sibirya'ya mı?

Adamın saçlarına; biz oraya Sibirya diyoruz. Çorak arazi gibi işte, anlamışsınızdır ne demek istediğimi.

Evet anladım.

Kafasının arkasında kalmış azıcık saçı da karısı kesti. Saçla yere düştüm, toprak akımına dönebilmek için bir fırsat aradım, ama beni bir kuş kaptı ve bu kez de bir yuvanın parçası haline geldim. Çok berbattı. Sonunda kuş yuvayı terk etti; kış bastırmadan Meksika Körfezi'nde beni Fransa kıyılarına alıp götürecek bir akıma binmiştim. Okyanusta başıma gelenleri anlatan bir kitap yazabilirdim ama çok geçmeden kendimi İsviçre'de buldum ve en büyük korkumla yüz yüze geldim: imha.[1] İnsanların genel olarak CERN'deki müthiş olanaklarla övündüğünü biliyorum, fakat orası bizim için en büyük karabasan.

CERN'ün Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi olduğunu biliyorum, ama sizin orada ne işiniz olduğunu anlamadım...

Tabii ki orada olmak benim tercihim değildi. Emirlere uymak zorunda olduğumuzu unutmayın; elektrik alanları "Marş marş!" dediğinde, yürümekten başka şansımız yoktur. Evet, direnmek için toplanıyoruz; öyle her zaman nerede ve tam olarak ne ya-

1) İmha (annihilasyon): Elektron ve pozitronların çarpışarak yok olması. (ç.n.)

pıyor olduğumuzu bilmenize izin vermiyoruz, ama çoğunlukla bizi yöneten çok kuvvetli alanların karşısında çaresiz kalıyoruz. Kendi aramızda idam mangası dediğimiz bu projenin adı ALEPH'ti.[2] Önce bizi çevresi 27 km olan büyük çemberin etrafında, ışık hızına yaklaşana kadar hızlandırdılar. O hızdayken, tüm bu 27 kilometrelik uzunluk bize 10-15 cm gibi geliyordu.

Göreli uzunluk büzülmesinden söz ediyorsunuz değil mi?

Evet, ama asıl mesele şu; bizim öteki-benlerimiz olan pozitronlar zıt yönde gidiyordu. Doğumumu anlatmıştım hatırlayın, ölümümüz de bunun tam zıttıyla oluyor. Eğer bir pozitrona çok yaklaşırsam, o benim sonum olur. Her ikimiz de, o enerjide, arkamızda bütün diğer parçacık türlerini bırakarak yok oluruz. Bu arada pozitron imhası, yok olmamıza yol açan az sayıda şeyden biridir. Kendi halimize bırakıldığımızda sonsuza dek yaşarız.

Oysa ben kafa kafaya çarpışmaların çok nadir yaşandığını düşünürdüm.

Evet öyle, tam bir karabasan. Bizi defalarca, neredeyse hepimiz yok olana kadar, çılgınlar gibi döndürdüler. Tam bir katliamdı.

Ama yanlış anımsamıyorsam bu deneyler...

Deneyler!

Kusura bakmayın ama Z ve W parçacıklarının yaratılışı, zayıf nükleer kuvvetlere ilişkin kuramı doğrulamak için değil miydi?

Evet, bu doğru; o dönüşlerin kiminde, kaybettiğimiz şehit ve yurtsever yol arkadaşlarımızı gördük.

Sizin açınızdan hiç düşünmemiş olduğumu kabul etmek zorundayım. Belli ki kaçabildiniz oradan. Nasıl oldu bu?

Süperiletken mıknatıslardan biri aşırı ısındı ve manyetik alanı zayıfladı; ben de yolumu kaybedip önce çarpıştırıcının duvarına, oradan da alüminyum kalkan kablosuna geldim, sonra bir aracın restorasyonunda geri dönüştürüldüm ve sonunda kendimi bir uçağın kanadında buldum. O zamandan beri de epey yer gez-

2) ALEPH: CERN'de büyük elektron-pozitron çarpıştırıcısında yapılan parçacık fiziği deneyinin adı. (ç.n.)

dim, tüm bunları bir kitap haline getirebilirdim; ama işte sonunda sizinle bu söyleşiyi yapmayı kabul ettim.

Bize deneyimlerinizi aktardığınız için teşekkür ederim, size gelecekte bol şans diliyorum.

Ben teşekkür ederim. Kitabınızı okumayı dört gözle bekleyeceğim.



Jüpiter ile söyleşi

Genellikle bu söyleşilere, söyleştiğim kişinin doğumunu sorarak başlıyorum. Siz de kendi doğumunuzdan söz edebilir misiniz?

Elbette. Yaklaşık beş milyar yıl önce doğduğum için kimi ayrıntıları unuttum tabii. Ama söylenenlere göre, büyük bir hidrojen bulutu çöküyor ve hızla büzülüyormuş. Küçüldükçe, dönüşü hızlanmış; nihayet büyük bir parça kontrol dışına çıkmış ve sonunda Güneş'in oluşacağı uzak bir yörüngeye sürülmüş. Ben de işte o yörüngeye girmeyi başaramamış, buluttan kovulmuşlardanım.

Bence neşelenmelisiniz artık, insanlar yüzyıllardır sizi hayranlıkla izliyor; size antik Roma tanrılarının en güçlüsünün adı verilmiş.

Ben oluşmayı başaramamış bir yıldızdan başka bir şey değilim.

Oluşmayı başaramamış bir yıldız mı?

Evet. Güneş'iniz gibi ben de büyük oranda hidrojenden oluşuyorum. Eğer daha büyük olsaydım, füzyon başlardı ve ben de gerçek bir yıldız olabilirdim. Ama gördüğünüz gibi tam bir fiyaskoyum.

Neden daha büyük olunca bir yıldız olasınız ki?

Merkezim çok sıcak aslında, ama yeterince değil. Bu doğumum sırasında tüm hidrojenlerin birbiriyle çarpışmasından artakalan ısı. Ama proton ve nötronların kaynaşıp bağlanmasıyla

helyumun oluştuğu füzyonu gerçekleştirmek için, daha iyi bir başlangıç sağlamam gerekirdi.

Daha iyi bir başlangıç derken?

Onları bir araya gelmeye, yakınlaşmaya daha çok zorlamam gerekirdi demek istiyorum. Bunu yapmak için merkezimde daha çok basınç uygulayabilmem ve bunun için de çok daha büyük bir kütleye sahip olmam gerekirdi. Ama yetersiz kaldım ve şimdi başkasının ışığında parlamaya mahkûmum.

Keşke sizi biraz neşelendirebilseydim. Ama şunun altını tekrar çizeyim, Dünya'da çok saygı görüyorsunuz.

Saygı mı, yoksa acıma mı?

Sizi temin ederim ki, acıma değil. Bize biraz daha kendinizden söz etseniz, mesela uydularınızdan...

Onlar benim gurur ve neşe kaynağım, bunu itiraf etmeliyim. Şu harap olmuş hayatımdaki tek tesellim onlar. Galileo'nuz tarafından keşfedilen dört büyük uydum, çocuklarım gibidir. Diğerlerini de seviyorum tabii ama Io, Europa, Ganymede ve Callisto'nun yerini tutamazlar.

Io'nun yanardağları olduğunu biliyorum. Bu Dünya'dan yapılmış büyük keşiflerden biriydi. Io bizim Ay'ımızdan biraz daha ağır olduğu için ölü olabileceğini, yani jeolojik açıdan aktif olmadığını düşünmüştük.

Gelgit kuvvetimle Io'yu sıcak tutuyorum. Yarattığım ısı da yanardağları oluşturuyor.

Dünya'daki yanardağ oluşumlarına benzemiyor, öyle mi?

Hayır hayır, hiç benzemiyor. Bu kasvetli ortamda, elimizdeki bu sefil hayata renk katmaya çalışıyoruz işte, ne yapalım.

Gelgit kuvvetiyle ne kastettiğinizi açıklayabilir misiniz?

Nasıl açıklasam ki, hımm... Biricik uydunuz Ay'ınızın, Dünya'da gelgitler oluşturduğunu fark etmişsinizdir. Ufak tefek gezegeninizin Ay'a daha yakın olan kısmı, uzaktaki kısmından daha fazla kuvvete maruz kaldığı için oluyor tüm bunlar. Bu net etki, gezegeni çekiştirmek eğilimindedir.

Ve bu da Dünya'daki gelgitlerin kaynağı öyle mi?

Evet. Benim Io üzerindeki gelgit kuvvetim onun şeklini bozu-

yor. Elinize bir çay kaşığı alın ve onu ileri geri birkaç kez bükün; ne kadar ısındığını göreceksiniz. Io'nun yaşadığı tam da budur. Yaşadığım boğucu hayattaki sayılı eğlencemizden biridir.

Bir de Satürn'ünki gibi bir halkanız var.

Hayır, Satürn'ünki gibi değil. Benim halkam o denli küçük ve ince ki; 1979'da Voyager adlı uzay aracınız bana şöyle bir uğrayıp geçene kadar onu görmediniz bile. Bu da sefil hayatımın bir özeti gibi, benden geçti artık.

Peki ya Dünyalar kadar büyük kırmızı noktanız, o nedir?

Hımm... O sadece bir fırtına, göz açıp kapayıncaya kadar bitecek.

Herhangi bir gezegenden çok daha çarpıcı renklere sahipsiniz; yüzeyinizde şeritler halinde pembe tonlar, koyu kırmızılar, sarımsı kahverengiler ve canlı sarılar var... Bunlar nasıl oluşuyor?

Sıcak materyal nispeten daha parlak kuşaklarda çıkar. Soğuyan ve alçalan gazlar ise daha koyu renkte, içeriye doğru soğuk kuşaklar oluşturur. Bunların hepsi birbirine bitişik olduğu için sizler onları şeritler halinde görüyorsunuz. Bir bakıma sizin alize rüzgârlarınıza benziyor, ama tabii ki bu hüzünlü, durgun sularda hiçbir zaman sizdeki gibi bir denizci açılamayacak...

Öhö öhö, kusura bakmayın, gıcık tuttu beni sanırım, neyse, bu harika renklerin nedeni ne peki?

Çoğunlukla kükürt. Küçük etkisi uzun sürer.

Anlıyorum... Şöyle bir bakıyorum da, açıkçası çok görkemlisiniz. Keşke keyfinizi yerine getirebilmek için yapabileceğim bir şey olsaydı.

Voyager ve diğer uzay araçları iyiydi aslında. Bu ziyaretler için size minnettarım, ama biraz daha sık yapılsa daha iyi olurdu...

Bu konuda yapabileceğim bir şey varsa, ilgileneceğim...

O zaman size teşekkür ederim.

Ben teşekkür ederim.



Bir kara delikle söyleşi

Uzak durmaya çalışıyorum, kusura bakmayın ne olur... Sizi çok iyi anlıyorum. Aslında ben de sizi, 'Olay ufkuma girmeye kalkışırsanız, kurtulamazsınız' diye uyaracaktım.

Belki bize biraz olay ufkundan söz etmek istersiniz...

Peki, o zaman Einstein'ın genel göreliliğinin alan denklemlerinden başlayalım; bu sınırlandırılmış Riemann tensörü enerji momentumuyla bağlantılıdır.

Şey... affedersiniz... Rica etsem bu konuyu biraz daha az teknik bir biçimde anlatabilir misiniz?

Neden olmasın. Hayal gücünüz nasıldır?

İyi olduğunu düşünüyorum.

Güzel. Büyük bir siyah balon düşünün. Balonun genişliği bir uçtan bir uca 1 m olsun; şimdi de 2 m, yani yarıçapı 1 m. Balonun, yarıçapı önce 10 metreye, sonra 100 metreye, sonra da birkaç kilometreye ulaşana kadar şiştiğini düşünün. Takip edebiliyor musunuz?

Şimdilik evet.

Güzel. Şimdi de Güneş'in bütün kütlesinin bu balonun merkezinde bir noktaya sıkışmış olduğunu düşünün. Gözünüzde canlandırabilecek misiniz?

Evet, uğraşıyorum.

Bu siyah balonun yüzeyinin, dışarıdaki her şeyin içeriye girmesine izin verdiğini, ama içerideki hiçbir şeyi dışarıya bırakmadığını düşünün. Parçacıklar, ışık, hiçbir şey...

Tek yönlü bir zar gibi mi?

Evet, şimdi anlamaya başladınız işte. Balonun bu hayali yüzeyine olay ufku diyoruz. Başka bir görüşe göre, dönüşü olmayan noktadır.

Peki diyelim ki benim çok güçlü roket motorlarım var, yine de kurtulamaz mıyım?

Ne yazık ki. Bir kere olay ufkunun içine girdikten sonra, artık kaderiniz bağlanmıştır. Ne yaparsanız yapın, sonunda kendinizi yine balonun merkezinde bulursunuz. Biz buna tekillik noktası diyoruz; burası çok kötü bir yerdir; tabii ki hayatta kalamazsınız.

Madem hiçbir şey elinizden kurtulamıyor, nasıl keşfedildiniz öyleyse?

Her daim kapımı çalan ziyaretçilerim var. O kadar çoklar ki, mesai çıkışlarındaki köprü trafiğinden beter bir trafik oluşuyor dışarıda. Barut kesiliyorlar. Hatta, etraftaki madde o kadar çok ısınıyor ki, özel bir tür X-ışını radyasyonu yayıyor. İşte sizin gördüğünüz ve ölçtüğünüz şey bu.

Bu yüzden biz aslında sizi değil, olay ufkunuzun dışındaki gazı görüyor ve yalnızca bu şekilde var olduğunuzu biliyoruz, öyle mi?

Hem evet, hem hayır. Bir çift yıldız sisteminin parçası olduğum ortaya çıktı.

Birbirinin yörüngesinde dönen iki yıldızdan veya bir yıldız ve kendinizden mi söz ediyorsunuz?

Evet, olay ufkumdan geçen maddelerin çoğu da bu yıldızdan geliyor. Sizin ilk fark ettiğiniz şey, olmayan bir şeyin yörüngesinde dönen yıldız eşimdi. Tabii ki ben de oradaydım, ama ilk bakışta beni görmediniz. Bu harekete yol açacak büyük bir nesne hesaplayarak X-ışınları aramaya başladınız, gözlem yaptınız, gerisi de oldu bitti işte.

Ama bir yıldızda sizin alabileceğiniz çok fazla şey var. Çiftli sistemin biri yıldızken diğeri nasıl kara delik olur?

Uzun hikâye.

Şahsen benim dünya kadar zamanım var.

Ben de böyle söyleyebilirdim, ama açıklamamda tüm bu zamanı kullanmamaya çalışacağım.

Teşekkürler, biraz abarttım sanırım.

Biliyorum, fakat ben abartmıyordum. Bizler, Jüpiter'in de açıkladığı gibi, Güneş Sistemi'nizin doğumuna benzer bir şekilde, ama daha büyük ölçekli devasa bir hidrojen bulutundan meydana geldik. Bu arada, Jüpiter'i bu kadar hayal kırıklığına uğratan ne? Zavallı çocuk.

Bilmiyorum, onun o kederli hali beni bayağı bir şaşırttı. Neyse, diyordunuz ki...

Ah evet, affedersiniz. Hidrojen bulutu çöktüğü için, biz de ortak kütle merkezimizin etrafında dönen iki yıldız haline geldik. Yıldız eşim, Güneş'inizden kütlece iki kat daha büyüktü; ben de hayatıma Güneş'inizden kütlece üç kat daha büyük, parlak ve çok mutlu bir yıldız olarak başlamıştım. Daha büyük bir yıldız olduğumdan daha hızlı yandım; hidrojenden helyuma, helyumdan karbona... Füzyon durdukça ben de soğumaya başladım, ama yörüngelerimiz bizi çok yakın hale getirdi ve ben de pireleri çeken bir köpek gibi yıldız eşimden madde çekmeye başladım. Şişmanladıkça daha çok çektim, şişmanladıkça daha çok çektim ve sonunda karbon atomları bu muazzam kütleçekimi basıncına dayanamaz hale geldi. Çatır çutur sert nötronlara ayrılarak bir balon gibi patladık. Bir an için soysuzlaşmış nötron tarafından desteklenen bir nötron yıldızı haline geliyoruz diye düşündüm, ama...

Lütfen çok teknik anlatmayın...

Kusura bakmayın, bu konuda daha fazla bilgi almak için bir nötron yıldızı ile görüşmelisiniz aslında. Şöyle diyeyim, kütleçekimi alanı sert nötronlar için bile aşırı kuvvetliydi. Bu yüzden çok büyük bir patlama oldu. Maddenin çoğu, doğal yoğunluğunun ötesinde sıkışmıştı ve genişlediğinde Büyük Patlama'dan bu yana gerçekleşen en büyük patlamayı meydana getirdi. Sadece patlamakla kalmadı, aynı zamanda bu muazzam enerji Dünya'da rastladığınız tüm ağır elementleri de oluşturdu.

Bir dakika, yani demir, uranyum, altın, kurşun, hepsinin bu patlamadan mı geldiğini söylüyorsunuz?

Evet, ya da onun gibi bir başka patlamadan. Aslında söyleşi yaptığınız karbon atomu bunu açıklamıştı, ama açıklaması bana biraz fazla şairane gelmişti.

Peki ya patlamadan sonra?

Patlamadan sonra geride, kütlenin yarısından biraz daha azı kaldı ve çökmeye devam etti. Sonra, bir tuzak yüzey oluştu...

Tuzak yüzey mi?

Ah, özür dilerim yine teknik oldu. Basitçe söylersek, sonrasında tek bildiğim bir olay ufkumun olduğuydu. Ne olup bittiğini anlamam biraz uzun sürdü. Ben dışarıyı görebiliyordum, ama hiç kimse içeriyi göremiyordu. Her neyse, madde bir tekilliğe çöktü, yani tek bir noktaya; böylece ben meydana geldim.

Ne doğum ama! Peki hiçbir şey bu çöküş sürecini durduramaz mıydı?

Hayır, kütleçekimi diğer tüm kuvvetlerin hakkından gelir.

Anlıyorum. Peki kara deliklerin çoğu sizinle aynı büyüklükte midir?

Benim gibi olan çok kara delik var, ama siz büyük olanları bulmak konusunda daha şanslısınız tabii.

Ne kadar büyük?

Ben yaklaşık bir güneş büyüklüğündeyim, ama siz son zamanlarda 10 milyon, 100 milyon güneş büyüklüğünde kara delikler gözlemliyorsunuz. Doğrusu onlar çok daha güvenli.

Daha güvenli mi?

Evet. Olay ufkunun çok yakına gelip yine de çok güvende olabilirsiniz. Ama örneğin benim olay ufkumun yakınına gelseydiniz, daha tam yaklaşamadan gelgit kuvveti sizi çoktan parçalara ayırmıştı.

Gelgit kuvveti mi?

Büzülmüş Riemann tensörü...

Ben gene yaya kalıyorum sanırım. Söz ettiğiniz Jüpiter'in lo üzerinde uyguladığı kuvvet mi?

Evet, aynen öyle. Benim çekim alanım zavallı yaşlı

Jüpiter'inkinden daha büyük olduğu için çok daha fazla hasara yol açabiliyorum. Bakın şimdi size göstereceğim... Hayır hayır, geri kaçmayın, karatahtanızı kullanabilir miyim?

Üzgünüm, ama gerçekten tüm bu denklemleri tam olarak anlayamadım...

Tamam, şöyle anlatayım; eğer olay ufkuma düşseydiniz, gelgit kuvveti yaklaşık iki trilyon ton olacaktı, bu da sizi çekip ayırmaya çalışacak yaklaşık iki trilyon tonluk bir kuvvet demek oluyor.

Olur iş değil, fakat bu büyük bir kara delik için o kadar da geçerli değil, öyle mi?

Hayır, düşmekten dolayı burnunuz bile kanamazdı, hatta içerideki gezintinin keyfini süreceğiniz çokça vaktiniz bile olurdu.

Aklımda olsun. Bu arada, bir de çıplak tekillik diye bir ifade duydum. Bunun hakkında bir şey biliyor musunuz?

Söylediğim gibi, merkezimde bir tekilliğe sahibim.

Belki bir kere daha hatırlatabilirsiniz, tekillik derken neyi kastediyorsunuz?

Peki, buraya tahtaya bakın, yarıçap sıfıra doğru inerken neler oluyor görün.

Anlıyorum, ama basit cümlelerle nasıl açıklarsınız bunu?

Şöyle anlatayım: Sahip olduğunuz büyük miktardaki maddenin, mesela benim durumumda Güneş'inizin kütlesi kadar bir kütlenin, yani 2×10^{30} kilogramın tek bir noktada toplanması, işte tekillik bu. Fakat, olay ufkum onu örttüğü için siz bu tekilliği göremezsiniz. Eğer olay ufkum olmasaydı, tekilliğim dış dünyaya görünür olurdu, bu da tekilliğin çıplak olması işte.

Yani çıplak tekillik, olay ufku olmayan bir tekillik, öyle mi?

Evet.

Peki bu mümkün mü?

Einstein'ın genel görelilik kuramına göre değil. Bir tekillik oluştuğunda mutlaka bir olay ufkunun da olması gerektiği kanıtlandı.

O zaman çıplak tekillikle ilgili bütün bu spekülasyonlar niye?

Kanıt Einstein'ın denklemlerine ve maddenin enerji ve basıncına dair belli varsayımlara dayanıyor. Eğer bu varsayımlar yanlışsa, kanıt da geçerli olmayacak. Biliyorsunuz, bu konularda açık fikirli olmak gerek.

İnsanlar bunlara inanıyor mu, inanmıyor mu?

Çoğunlukla inanmıyorlar. Aslında Roger Penrose bunların kaçınılmaz olduğunu düşünüyor; varlıklarına engel olunmasını anlatmak için bir ifade de uydurmuş: kozmik sansür.

Ben başka bir şeyi merak ediyorum. İki kara delik çarpıştığında ne olur?

Daha büyük bir kara delik oluşur.

Aaa, peki içinize daha fazla madde düşerse ne oluyor?

Daha büyük oluyorum. Olay ufkumun yarıçapı kütle ile doğru orantılı, burada tahtada göstereyim size...

Hayır teşekkür ederim, anlıyorum. Yani büyümeye devam ediyorsunuz, sonra koca bir gökadayı (galaksiyi) yalayıp yutuyorsunuz, ve sonra...

Hayır, bir kere olay ufkumdan uzaklaştığınızda, diğer başka cisimlerde olduğu gibi benim çekim alanım da zayıflar. Ancak, gökadaların merkezlerine yakın olan bazı kara delikler diğer yıldızları ve kara delikleri yutarlar.

Yani, ölçebileceğimiz tek şey bir kara deliğin çekim alanı mı?

Hayır. Açısal momentumumu ve yükümü de ölçebilirsiniz.

Açısal momentumunuzu nasıl ölçebiliriz?

Zor olduğunu kabul etmeliyim, ama biz döndükçe, yalnızca çevremizdeki içeri düşen parçacıkları sürüklemekle kalmıyoruz, biraz uzay da sürüklüyoruz.

Uzayı mı sürüklüyorsunuz?

Evet, siz buna eylemsizlik çerçevelerinin sürüklenmesi (dragging of inertial frames) diyorsunuz, saçma bir isim işte. Ama bu gözlemlenebilir kimi etkilere yol açıyor.

Peki ya yük?

Evet, çoğumuz oldukça nötr haldeyiz, ama net pozitif veya negatif yüke de sahip olabiliyoruz. Elektromanyetik alanlarımızı ölçebilirsiniz.

Kafam karıştı. Hiçbir şey kara delikten kurtulamıyorsa, elektrik alanı nasıl dışarı çıkıyor?

Biz çöktüğümüzde elektrik alan zaten mevcuttur. Bu arada, çevremdeki uzaya hiç etki edemeyeceğimi iddia etmedim. Bir elektrik alan yanı sıra çekim alanım, olay ufkum olmadan önce de vardı. Olay ufkumun oluşmuş olması, Evren'in geri kalanından tamamen koptuğum anlamına gelmiyor. Hiçbir yüküm kaçamaz, içimdeki hiçbir madde kaçamaz, ama alanlarını tıpkı olay ufkum oluşmadan önce olduğu gibi tüm uzayda var olmaya devam eder.

Anlıyorum. Açmak istediğim bir konu daha var.

Buyrun.

"Kara deliklerle bağlantılı kurtdeliği" ve bir de "eğri uzay" gibi ifadeler duydum. Bana bunlar hakkında bir şeyler söyleyebilir misiniz?

Elbette, çok basit. Yalnızca Kruskal koordinatlarını kullanarak maksimum genişlemiş Kerr geometrisini düşünün...

Tekrar özür dilerim, ama söylediklerinizi anlamakta biraz sorun yaşıyorum.

Öyle mi? Kusuruma bakmayın. Peki, o zaman hayal gücümüzü kullanmaya dönelim. Var mısınız?

Tabii ki...

Tamam, şimdi yatay bir davul derisi hayal edin, bu deriyi epeyce genişletelim. Şimdi de bu davul derisinin gerçekten çok ince olduğunu ya da hiç kalınlığının olmadığını düşünün ki, düz, iki boyutlu bir yüzeyimiz olsun.

Yatay derken yere paralel mi demek istediniz?

Evet, peki bu yüzeyin üzerinde bir misket yuvarlanırsa ne olur?

Düz bir çizgi boyunca yuvarlanacaktır değil mi?

Kesinlikle. Şimdi, biraz daha ilerleyelim, bu davul derisinin elastik olduğunu düşünün, böylece mesela onun üzerinde bir yerde durduğunuzda, durduğunuz yer aşağı doğru genişleyecektir ve etrafınız bükülürken uzağınızdaki yerler düz olacaktır...

Takip edebiliyorum sizi.

İşte madde uzayı böyle büker. Bükülmüş iki boyutlu uzayı kolayca gözünüzde canlandırabilirsiniz, çünkü onu, üç boyutlu bir uzayın içine oturtabilme gibi bir lüksünüz var. Madde üç boyutlu uzayı da eğer, ama siz dört boyutlu uzayı gözünüzde canlandıramadığınız için onu göremezsiniz. Bu nedenle yazı tahtasını kullanmak istedim.

Ben de yaptığınız benzetmeyle devam edeyim. Ne kadar ağırsam, zarı o kadar eğebilirim; yani ne kadar çok kütle varsa, uzay o kadar çok eğilir. Doğru mu?

Evet tam da bu, eğer devasa bir kütleniz varsa, bu zar üzerinde çok derin ve dar bir tüp oluşturursunuz ve böyleyken çok yakınınıza bir misket yuvarladığımı hayal edin, tüpün içine düşecek ve bir daha asla oradan çıkamayacaktır. İşte dönüşü olmayan bu nokta da...

Olay ufku! Tüm bunları açıkladığınız için teşekkür ederim, peki ya kurtdeliği nedir?

Korkarım bu gerçekten matematiksel bir keşif ve anladığım kadarıyla siz matematik görmeyi pek tercih etmiyorsunuz?

Mümkünse.

O zaman sadece şunu söyleyeyim, uzayı koordinatlar kullanarak tarif ettiğinizde, çok farklı koordinat sistemleri kullanmakta özgürsünüzdür. Keşif, özel bir koordinat sistemi içinde, bir kara deliğin dışında gözünüzde canlandırdığınız uzayın tümünün, bütün uzayın yarısı olmasıydı. Diğer yarısını göremezsiniz.

Evet sanırım görmüyorum.

Grafik kâğıdı gibi bir parça kâğıt düşünün, bu kâğıdın tümünü koordinatlarla, yatay ve dikey çizgilerle kaplayın. Şimdi bunu ikiye katlanmış olarak keşfettiğinizi ve geride koca bir boş taraf kaldığını varsayalım. Başka bir deyişle, orijinal koordinatlarınız oldukça kötü seçildi, onlar uzayın sadece yarısını kapladılar. Bir kara deliğin dışındaki uzayı gözünüzde canlandırdığınızda, izin verilen uzayın yalnızca yarısını görürsünüz. Şimdi de tıpkı az önce anlattığımız gibi başka bir davul derisi düşünün, sadece çok uzakta olsun. O da merkezinde çok büyük kütleli bir cisme sahip, bu yüzden tüp çok dar ve olay ufku da oluşmuş tabii. Şim-

di bu iki çok ince tüpün birbirine bağlı olduğunu düşünün! İşte bu bağ da Einstein-Rosen köprüsü ya da geçit, ya da kurtdeliği. Diğer kara delik söz ettiğimiz sayfanın öbür yarısı gibidir.

O zaman bir tane kara delik gördüğümüz her seferinde, aslında iki tane mi görmemiz gerekir?

Hayır, birbirlerine yakın olmayabilirler. Diğer kara delik herhangi bir yerde olabilir, farklı bir gökadada da olabilir.

Ama nerede olursa olsun başka bir kara deliğe bağlı olmanız gerekir.

Öyleydi, ama artık değil. Bu kurtdeliği dinamik bir yapıdır. Uzanır ve çimdikler; benim ki uzun süre önce çimdikledi.

Peki, benim için çok aydınlatıcı bir söyleşi oldu. Söz ettiğiniz ziyaretçilerin bazılarını görmeye başlıyorum, içeri giriyorlar ama geri çıkamıyorlar.

Evet, korkarım öyle.

Ve sürekli büyüyorsunuz?

Korkarım öyle.

Vay canına, saate bakın. Benim bir sonraki söyleşi için yola çıkmam gerekiyor. Çok teşekkür ederim anlattıklarınız için.



Bir uranyum atomuyla söyleşi

İyi akşamlar, söyleşimize nasıl şekillendiğinizi anlatarak başlayabilir misiniz?

Bir süpernova patlamasıyla oluştum.

Süpernova, bir yıldız kendi ağırlığıyla çökerken, maddeyi hayal edilemez bir yoğunlukta sıkıştırmasıyla mı oluşur?

Evet, bu sırada madde olağanüstü bir yoğunlukta sıkışır, çok sayıda proton ve nötron baskılanır ve ağır elementler dahil, neredeyse tüm elementler meydana gelir.

Bu aslında kara delik ile yaptığım söyleşide sözü geçen süreç, değil mi?

Evet ama kara delikler o denli matematikseldir ki, işe yarar bir şeyler söyletebilmiş olmanıza bayağı şaşırdım. "Kara delikleri anlıyorsam, Arap olayım" diye düşünürüm. İyi iş çıkarmışsınız.

Teşekkürler, her neyse, bir süpernova patlamasıyla oluştunuz ve buraya kadar gelerek Dünya'nın bir parçası mı oldunuz?

Son tahlilde, evet.

Son tahlilde?

Açıkçası, yolculuğuma burada, Güneş Sistemi'nizde bir moloz artığı olarak başladım.

Moloz artığı?

Küçük bir asteroitin parçasıydım.

O halde asteroit kuşağındaydınız. Buraya nasıl geldiniz?

Aslında, tam olarak Mars ve Jüpiter arasında yer alan asteroit kuşağının bir parçası değildim. Şimdilerde "Dünya'ya Yakın Asteroitler" dediğiniz, daha küçük bir grubun parçasıydım.

Ne kadar yakın?

Çoğumuz Güneş'ten bir ya da iki AU'luk uzaklıktaydık.

AU bir astronomik birim mi?

Evet, Dünya ile Güneş arasındaki uzaklık 1 AU kabul edilir.

Peki, sizi buraya getiren neydi?

Çağrı oldukça kaba bir kuyrukluyıldızdan geldi. Kendini yok etmeye kararlı bir halde, inanılmaz bir hızla Güneş'e doğru giderken, o kadar yakınımda vınladı ki, yörüngem şaştı ve sallanmaya başladım. Bir noktada Dünya'ya fazlaca yaklaştım ve kamikaze yolculuğum başladı. Kuyrukluyıldıza gelince; o Güneş'e çok yaklaştı ve... elveda kuyrukluyıldız. Hak ettiğini buldu.

Bu ne zaman gerçekleşti?

Kesin olmamakla birlikte 8-9 milyon yıl önce diyebilirim.

Asteroitler ile kuyrukluyıldızlar arasında biraz kıskançlık mı seziyorum ne?

Kıskanç değildim ama, o kuyrukluyıldızların, kuyruklarını uzayda bir milyon mil boyunca yayıp, bir tavuskuşu misali kibirle caka satmaları sinirimi bozuyordu.

Bir asteroitin parçası olmuşsunuz ve görünüşe göre bir kuyrukluyıldızla yakın münasebete girmişsiniz; bu durumda kuyrukluyıldızlar ile asteroitler arasındaki farkı anlatmak istersiniz diye düşünüyorum.

Aslında üstünden çok zaman geçti, izninizle biraz düşüneyim. Çoğu asteroit katı mineral türde bir cisimdir; bazıları büyük oranda karbondur ve bunlara karbonlu dersiniz; bazılarıysa daha çok demir içerir, ancak aslında katı maddeden oluşurlar, şu uyduruk gösteriş düşkünü kuyrukluyıldızlar gibi değillerdir. Dünya'ya Yakın Asteroitler biraz daha dışmerkezli yörünge eğiliminde olsa da, çoğu asteroit neredeyse dairesel yörünge çizer.

Dışmerkezli yörüngeler elips şeklindedir, değil mi?

Evet, elips ne kadar uzun ve yassı olursa dışmerkezlilik o kadar yüksek olur. Kuyrukluyıldız yörüngeleri oldukça yüksek dışmerkezlidir. Bazıları 10-30 AU'ya kadar gidebilir ve Güneş'e onu yalayıp geçecek kadar yaklaşırlar, bazıları ise çok daha uzağa gider. Bildiğim kadarıyla onlar Güneş Sistemi'nin baş belaları.

Kuyrukluyıldızlar ile asteroitler arasında başka farklılıklar var mı?

Söylediğim gibi, asteroitler oldukça katıdır, ama kuyrukluyıldızlar eski, kirli kartopulardır.

Öyle mi?

Kuyrukluyıldızlar genellikle, birtakım mineral karışımları içeren buz, sulu buz, amonyak ve karbondioksit buzundan oluşur. Uzaktayken tamamen buz kesilir ve asteroite çok benzer görünürler. Ancak Güneş'e yaklaştıklarında buzlar erir ve süblimleşir...

Süblimleşme nedir?

Katıdan gaza dönüşümdür. Tanecikler buharlaşınca uzaya fırlarlar, ancak hâlâ yörüngede olduklarından kocaman bir kuyruk oluştururlar.

Anlıyorum. Konuyu saptırdığım için üzgünüm ama, size daha kişisel sorular yöneltmeden önce, buraya nasıl ulaştığınızdan kısaca söz etmeniz mümkün olur mu?

İtiraf etmeliyim ki, gafil avlandım. Yıldızınızın yörüngesinde milyarlarca yıl dolandıktan sonra kendimi gezegeninize doğru hızlanır buldum. Yeni evimin nasıl olacağının merakı içindeydim. İlk fark ettiğim şey, dıştan ısınmaya başladığımdı; hayatımda ilk kez görkemli bir görünüm kazanmıştım. Atmosferinizi saatte 32.000 km'den daha büyük bir hızla, dörtnala geçiyorduk ve gökyüzünü Cumhuriyet Bayramı'nın son havai fişekleri gibi aydınlatıyorduk. Fakat bu, çarptığımız zaman olacaklarla hiçbir biçimde kıyaslanamazdı.

Büyüklüğünüz ne kadardı?

Yaklaşık 1 km genişliğindeydim. Gezegeninizin boyutuyla kıyaslandığında, önemsiz küçük bir nokta. Bu yüzden çarpma anında kopardığımız kıyamete ben de şaşırmıştım. Şimdilerde Kanada dediğiniz yere çarptık. 10^{21} joullük kinetik enerjinin ısı ve şok dalgasına dönüşmesi durumunda olabilecekleri hayal etmeye çalışın.

Keşke edebilsem, biraz açar mısınız?

Yere çarpar çarpmaz müthiş bir kinetik enerji, içinde yer aldığım asteroitle birlikte, Dünya'nın onu çevreleyen bölümünü de eritmeye ve buharlaştırmaya başladı. Kısmen eriyik madde, bir

ateş dalgası şeklinde dışarıya yayıldı. Muazzam ısı, yüzlerce kilometrelik alanda her şeyi yakıp yıkan bir ateş fırtınası başlatarak, sıcaklığı kilometreler boyunca binlerce derece artırdı. Bunların hepsi ilk birkaç saniyede oldu ve aslında bu, olanların en sıradanıydı. Patlama artıklarının büyük kısmı küçük parçacıklar halinde atmosfere yayıldı ve alevlerden yayılan duman nitrojen ve oksijenden oluşan atmosferi, nitrojen ve karbondioksit atmosferine dönüştürdü. Hayatın tümü ya da büyük kısmı bu çarpışma ve ardından olanlarla yok oldu.

Ardından neler oldu?

Karanlık ve kasvetli atmosfer güneş ışığını yaklaşık 40 yıl engelledi ve dünya iyice soğudu. Buzul çağı dediğiniz türden bir durum değildi, ancak neredeyse her yer buz kesmişti. Sonunda parçacıklar ve duman atmosferden dağılsa da, yansımış kızılötesi radyasyonun büyük bir bölümünü karbondioksit yakaladı.

Yani bir bakıma sera etkisi yarattı.

Hem de uzun süre. Bundan sonra tüm Dünya kavrulmaya başladı. Öyle ki, bulabilecek olsanız yumurta bile pişirebilirdiniz. Zaman her şeyin ilacı derler ya, öyledir. Dünya artık eskisi gibi değildi ama, yeniden nitrojen-oksijen atmosferi oluştu ve o kuyrukluyıldızlar kadar inatçı hayat yeniden başladı.

İnanılmaz bir hikâye. Sizce aynı şey bir daha olur mu?

Şeeey, kuyrukluyıldızlara güvenilmez. Kuyrukluyıldızlar birbirlerine bile çarpabilecek kadar kabayken, elbette o akbabalardan herhangi biri bir asteroite yine çarpabilir. Bildiğiniz üzere okyanuslarınız bu şekilde meydana geldi. Gezegeninize durmadan, hatta günde birkaç defa bir şeylerin çarptığını belirtmeliyim. Ama bunların çoğu küçük parçacıklardır.

Anlıyorum. Kuyrukluyıldızlar ve asteroitlerle ilgili verdiğiniz bilgiler için teşekkür ederim ama müsaadenizle konumuza geri dönmek istiyorum.

Bana uyar.

Bir konuda beni aydınlatmanızı rica edeceğim. U235 ve U238 hakkında bir şeyler duydum; bunların ikisi de uranyum atomuydu, değil mi?

Evet, ben U238'im. 92 proton ve 146 nötronum var ve tabii ki 92 de elektronum. Ama çekirdeğim, yani nötron ve protonlarımın sayısı 238'dir. Üç nötron eksik olsaydım U235 olacaktım. Kardeşlerim, ya da sizin deyiminizle izotoplarım U232 ile U238 arasında değişiyor.

O halde U235 ile U238 arasındaki tek fark üç nötron.

Evet, ama bu dünyada her şeyi değiştiren bir farktır.

Nasıl yani?

Kararsız olduğumu unutmayınız lütfen.

Evet, bu konuyu açmayı düşünüyordum ben de.

O halde gelin iki konuya birden değineyim ve kayıtlara geçmesi için büyük atomlardan söz edeyim. Protonların birbirlerine yakın duramadıklarını unutmamalısınız.

Bir suçlama getiriyor gibi söylediniz?

Evet. Çekirdekte ne kadar proton olursa, o kadar çatışma oluşur ve er geç bir ya da daha fazlası isyan çıkarır.

Söz ettiğiniz radyoaktivite mi?

Aynen öyle, eninde sonunda daha küçük atomlara ayrışmaya mahkûmum. Ama fazladan üç nötronum olduğu için şanslıyım. Nötronlar, esasında protonları birbirlerinden uzak tutup onlara biraz daha fazla hareket alanı sağlayarak yatıştırırlar. U238'den fazla üç nötrona sahip olduğumdan, çekirdeğim biraz daha az dengesizdir ve bu yüzden doğal olarak daha uzun bir yaşam beklentisi içindeyim.

Ne kadar yaşayacaksınız peki?

Yarı-ömrüm...

Yarı-ömür hakkında bilgilerimizi tazeleyebilir misiniz?

Tabii ki. Bir odanın içinde 1000 tane cisim olduğunu ve bir hafta sonra geriye sadece 500 tanesinin kaldığını düşünelim. Bir hafta daha geçtikten sonra cisimlerin sayısının 250'ye düştüğünü ve bir sonraki haftanın ardından da 125 tane cisim kaldığını... Dahası, söylediğiniz kadarıyla bu cisimlerin hepsi özdeş ve bu yüzden hangisinin yok olduğunu bilme imkânınız da yok.

Bu durumda bu cisimlerin yarı-ömürleri bir haftadır diyebiliriz, değil mi?

Kesinlikle. Bir uranyum atomu olsaydınız, vaktinizin ne zaman dolacağını bilememek içinizi kemirir dururdu. Ben de her an gidebilirim. Sadece, bizden bir sürü olduğu zaman genel olarak ne olduğunu anlatabilirim size.

Anlıyorum, peki sizin yarı-ömrünüz ne kadar?

Benim yarı-ömrüm yaklaşık beş milyar yıl, fakat U235'in yarı-ömrü, bunun onda birinden biraz fazla. Bu da onun bu kadar nadir olmasının kısmi nedenidir.

Bununla, açmaya cesaret edemediğim bir başka konuya geldik...

Buyrun, rahat olun.

Çok iyi bildiğiniz gibi, uranyum atom bombası yapımında kullanılıyor. Gördüğüm kadarıyla bu konudan rahatsızlık duyuyorsunuz, fakat gene de üzerine birkaç cümle söyleyebilir misiniz?

Pekâlâ, size biraz tarihten söz edeyim o halde. Manhattan Projesi sürecinde yeryüzüne çıkarıldım; A, bir savaşta birbirinizi öldürmeye kalkıştınız; B, bu savaşın bir parçası olmayı ben istemedim. Zaten her 997 atomumda, bombalarınızda kullandığınız yaklaşık üç U235 atomu vardır. Bu yüzden madeni arıtıp ilk olarak uranyum ardından da U235 elde edebilmek için her yola başvuruyorsunuz. Saf ya da neredeyse saf U235'i elde ettiniz mi de, bombaya dönüştürüyorsunuz.

Bu konu üzerinde biraz durabilir misiniz?

Size birinci ağızdan bir hikâye anlatabilirim.

Yani bir bombanın parçası olduğunuzu mu söylemek istiyorsunuz? Yalnız U235'in kullanıldığını düşünmüştüm oysa ki...

Katışık bir atomdum. Hepimiz Hiroşima ve Nagazaki'yi duyduk ve afalladık. Hiçbirimiz bizden birilerinin bu kadar büyük çaplı tahribatına şahit olmamıştı. Şaşkınlık ve dehşet içindeydik. Hayatımda ilk defa tekrar bir asteroitin parçası olmayı diledim. Atom bombalarının fiziğini iyice anladım o zaman, fakat birbirinizi bu denli bir tutkuyla nasıl öldürebildiğinizi hiçbir zaman anlayamayacağım. Kimi zaman bana, asıl amacınız Evren'deki yaşamın kökünü kurutmakmış gibi geliyor. Böylesi korkunç bir

senaryoya alet edilmek ve bu kadar canın kaybına neden olmak inanılmaz üzücü bir durum.

Evet, bunun gibi bir başka yıkımı daha önleyebilmek için elimizden geleni yapıyoruz.

Buna inanıyor musunuz gerçekten?

Evet.

Hangimiz daha yoksuluz, siz mi ben mi, bilemiyorum.

Ne demek istiyorsunuz?

Biliyorum ki dilediğim zaman bir çiftlik alabilirim, ama bizimle, sizin kontrolünüzde ve bizim isteğimiz dışında, tüm ırkınız her an yok olabilir.

Ama...

Oradaydım, biliyorum.

Neyi biliyorsunuz?

Duyacaklarınıza hazır mısınız?

Kesinlikle.

O savaşta kullanılmaktan şans eseri kurtuldum. Fakat artakalan tüm radyoaktif madde arıtıldı ve saklandı; yıllar sonra yapılan bir bombanın bir parçası oluverdim. Birkaç yıl depoda tutuldum ve ardından bir bombardıman uçağına yüklendim. Başlangıçta bir tür tatbikat olduğunu düşünmüştüm, fakat etkin hale getirildiğimde, mahşerle aramızda sadece 1,5 km kalmıştı.

Korkutuyorsunuz beni, ne demek istiyorsunuz?

Sizin tabirinizle ateşlenmeye tam olarak hazırdım ve bomba yuvasından tahliye edilmeyi bekliyordum. O noktada yükseklik göstergesi kontrolü ele alır ve ateşleme maksimum yıkım yüksekliğinde gerçekleşir. MDA'nın (ABD Füze Savunma Birimi) 1,5 km üzerindeydik. Biz tahliye edilmeden sadece birkaç dakika önce savaş pozisyonundan çıkıldı.

İnanılır gibi değil, ne zaman oldu bu söylediklerıniz?

Gerçekten bilmek istediğinize emin misiniz?

Sanırım istemiyorum. Niyetim politik konulara girmek değildi.

Uranyum ve politika, tıpkı sodyum ve klor gibi ayrılmaz bir ikilidir.

Anlıyorum. Yine de, atom bombasının nasıl çalıştığına dair bizi biraz bilgilendirir misiniz diye sormadan edemeyeceğim.

Peki. Her an bölünebileceğimi biliyorsunuz. Bölündüğümde enerji açığa çıkarırım. Bu sizin denetimi ele geçirmekte ya da kirli işlerinizde kullanmak istediğiniz enerjidir. Gelgelelim benim ölümüm harekete geçiricidir. Bir yolu, içime bir nötron göndermektir. Eğer doğru hıza sahipse, kesinlikle parçalara bölünmeme neden olur. Parçalara bölündüğümde fazladan bir çift nötron salıyor olmam, bütün sürecin anahtarıdır. Buna cevaben onlar da başka çekirdeklerin uyarılmış fizyona uğramasına sebep olurlar ve onlar da daha fazla fizyonu tetikler ve bu böyle sürer gider. Kaşla göz arasında neredeyse tüm atomlar fizyona uğramıştır.

Biz buna zincirleme reaksiyon diyoruz. Peki bunu nasıl başlatıyorsunuz?

Biz değil, siz başlatıyorsunuz.

Pardon, nasıl başlıyor demeliydim...

Kritik kütle. Çok iyi arıtılmış yaklaşık on kilo U235'i bir araya getirdiniz mi, denetimsiz uyarılmış bozulma sürecini başlatmaya yetecek miktarda nötronunuz olacaktır. Bir bombada, her biri kritik kütlenin altında olan iki parçayı birbirinden uzak tutarsınız. Patlatmak için, bunları genellikle kimyasal bir patlayıcı kullanarak birbirine çarparsınız ve bu sayede kritik kütleyi elde edersiniz. Ardından, boooom.

Hepsi bu kadar mı?

Hepsi bu kadar.

Atom bombasından nasıl kurtuldunuz?

Doğruyu söylemek gerekirse, bir atom bombasının değil, ondan daha beter bir şeyin, bir hidrojen bombasının parçasıydım.

Bağışlayın ama anlamakta güçlük çekiyorum. Atom bombası ile hidrojen bombası arasında nasıl bir fark var?

Daha basit söylersek, bir hidrojen bombasını hidrojene batırılmış bir atom bombası olarak düşünebilirsiniz. Atom bombası patlatıldığında hidrojenin ısısı milyonlarca derece yükselir. Bu da protonların birbirlerine çarpacak enerjilerinin olması demek-

tir. Tabii ki bu süreçte nötronların da önemi vardır, ama asıl amaç hidrojenin, tıpkı yıldızların merkezinde olduğu gibi füzyon geçirerek helyuma dönüşmesi ve bu füzyonun enerji açığa çıkarmasıdır.

Bir dakika durun.

Memnuniyetle.

Uranyum fizyon geçirdiğinde, yani bölündüğünde; hidrojen ise füzyon geçirdiğinde, yani bir araya geldiğinde enerji açığa çıkarır diyorsunuz. Bu fazlasıyla iyi görünüyor.

Ya da fazlasıyla kötü.

Evet, şimdi siz söyleyince... haklısınız galiba. Gerçekten her iki şekilde de oluyor mu bu dediğiniz?

Evet, fizyon üzerine konuşurken ağır atomlardan söz ettiğimi hatırlayın. Füzyon, hidrojenden helyuma, helyumdan karbona ve demire kadar hafif elementlerde görülür. Demirden ağır bir şey fizyon geçirmek ister, demirden daha hafif bir şeyse füzyon.

Neden böyle?

Bir çekirdeği, bir iç savaşın muharebe meydanı olarak düşünelim. Protonlar elektrik itmesi yüzünden birbirlerini iterler, ancak nükleer kuvvet her şeyi bir arada tutar. Elektrik alanı geniş mesafeler boyunca gücünü korur, fakat nükleer kuvvet kısa mesafede daha güçlü olmasına rağmen geniş mesafede zayıftır. Örneğin, benim içimde bir taraftaki proton öteki taraftaki bir parçacık yüzünden nükleer çekimi nadiren hisseder, ancak elektrik itmesinin kışkırtmasını çok iyi hisseder. Bu yüzden eğer atomu yeterince büyük yaparsanız, üzerindeki elektrik itmesi nükleer çekimin üstesinden gelir. Demir orta noktadır, Evren'deki en kararlı atomdur.

Anladım, peki hidrojen bombasından nasıl kurtuldunuz?

Rutin kontroller dış gövdede çatlaklar oluşturdu. Cihaz söküldü ve aynı zamanda atom bombasına bakım da yapıldı. Bu süreçte bir fırsat yakaladım. Beni o tesiste gömülü tutma girişimleri olmasına rağmen atmosferinize kaçtım. Ve işte sonunda sizinle bu söyleşiyi yapmayı kabul ettim.

İnanılmaz bir hikâye. Gelecekle ilgili öngörüleriniz nedir?

Tabii ki daima bir gelecek olduğu umudunu taşıyorum; fakat sorun şu ki, doğal yollarla ölüp ölmeyeceğimi bilmiyorum.

Sizi temin ederim ki birçok insan, doğal olmayan bir ölümü tatmanınız için çok uğraş veriyor.

Fakat birçok insan da tam tersi yönde uğraşıyor. Uzun zaman önce neyin içinde olduğumu biliyorum. Dürüst olmak gerekirse, doğduğum için kendimi şanslı hissediyorum, hatta fazladan üç nötronum olduğu için daha da...

Uranyum, hey uranyum! Nereye kayboldunuz?



Bir fermiyon ve bir bozonla söyleşi

İkinize de ortak bir söyleşiyi kabul ettiğiniz için teşekkür ederim...

Bozon atıldı:

"Başlığınızda fermiyonun adının benimkinden önce gelmesine değinmek zorunda hissediyorum kendimi, hatta itiraz ediyorum."

Affedersiniz, sıralamayı rasgele yaptım, yerlerini seve seve değiştiririm. Sanırım artık başlasak iyi olur. Bir bozon ile fermiyon arasındaki farkı söyler misiniz?

Fermiyon ağzını açamadan bozon yanıt verdi:

"Onun neden burada olduğuna bir anlam veremedim, bozonlar hareketin olduğu yerdedir. Bizler dinamiğiz, etkileşim üretiriz, bir şeyleri gerçekleştiririz. Biz olmasaydık bu sıkıcı fermiyonlar, oldukça sıkıcı bir dünyanın etrafında boş boş gezinirlerdi."

Fermiyon sabırla dinledikten sonra söze başladı:

"İkimiz arasındaki farkı açıklayayım. Öncelikle, gözlenen her parçacık ya fermiyondur ya da bozon."

Bozon araya girdi:

"Gördünüz mü? Fermiyonu ilk sıraya koydu. Pekâlâ, öyle olsun, devam edin."

Fermiyon devam etti:

"Parçacıkların da spini (dönüşü) vardır, tıpkı Dünya'nın kendi ekseninde dönmesi gibi..."

Bozon sözünü kesti:

"Hayır, Dünya'nın kendi ekseninde dönmesi gibi değil, parçacık spini hareketten doğmaz, biz kütle veya yüke doğuştan sahip olduğumuz gibi spine de doğuştan sahibiz."

Fermiyon yanıtladı:

"Doğru söylüyor, benzetme yapıyordum. Her neyse, spin Planck sabitinin 2π'ye bölünmesiyle hesaplanır ve ölçü birimi $\hbar$'dir. Bir veya üç yarım vb.'den oluşan parçacıkların $\hbar$'sine fermiyon; $\hbar$ birimi sıfır dahil tamsayı olan parçacıklara bozon denir. Daha basit bir tabirle, spini kesirli olan parçacıklara fermiyon, spini tamsayı olan parçacıklara ise bozon denir."

Bozon lafa karıştı:

"Yine yanlış. Bu tür kaba genellemeler bir fermiyona özgüdür. Sözünü ettiği spin, genellikle z bileşeni dediğimiz ve bazı eksenlerde hızlı giden bileşendir."

Bu durumda fermiyon haklı mı?

"Evet" diyerek kabul etti bozon.

Fer... Yani bozonlarla fermiyonlara birkaç örnek verebilir misiniz?

Bozon:

"Tabii ki, bir fotonun, bir ışık partikülünün spini birdir ve haliyle bozondur. Zayıf nükleer etkileşimlerin sebebi olan W ve Z parçacıkları bozondur. Kuarklar arasındaki kuvvetin sebebi olan gluonların spini birdir ve tabii ki kütleçekimi alanlarının gravitonlarının da spini ikidir. Bunların hepsi bozondur."

Fermiyon, yüzünde öfke izi olmaksızın ekledi:

"Tüm sabit, bilinen parçacıklar fermiyondur. Örneğin elektronların, protonların, nötronların hep yarım spini vardır ve bu yüzden fermiyondurlar. Keza proton ve nötronları oluşturan kuarkların yarım spini vardır ve fermiyondurlar."

Bozon lafa karıştı:

"Aman, ne büyük marifet! Bozonlar olmadan etkileşime geçemezlerdi. Çekirdeği bir arada tutmaya yarayacak bir güç olmazdı, atomları oluşturan elektriksel güç, manyetik güç olmazdı. Hiçbir şey olmazdı. Evren'de, düz çizgiler halinde hareket eden

bir grup tekil parçacık dışında hiçbir şey olmazdı. Yıldızlar, gökadalar, gezegenler olmazdı; hiçbir şey olmazdı."

Bu gerçekten çok sıkıcı bir Evren olurmuş. O halde bozonların görevi tam olarak nedir?

Bozon söze devam etti:

"İki parçacık arasındaki bir kuvveti, örneğin birbirini iten iki elektronu düşünelim. Bu kuvvet nereden gelir?"

Pekâlâ, birbirini iten yükleri biliyoruz. Anladığım kadarıyla bir elektron elektrik alanı oluşturur ve o elektrik alanı da bir diğer elektron üzerine kuvvet uygular.

Bozon biraz sakinleşmiş bir sesle konuştu:

"Nerelerdeydin sen? Bu görüş boynundaki kravattan bile eskidir. Olan şey tam olarak şudur; bir elektron, değiştokuş parçacıkları, fotonlar oluşturur ve bunlar da diğer elektronlarca emilir. Foton değiştokuşu aralarındaki kuvvetin esas kökenidir."

Tüm parçacıklar foton değiştokuşu yapar mı?

Fermiyon yanıtladı:

"Hayır, yalnızca elektrik yüklü parçacıklar yapar. Ancak proton ve nötronları oluşturan kuarklar gluon değiştokuşu yapar..."

"Ki onlar da bozondur" diyerek araya girdi bozon.

Fermiyon devam etti:

"Evet, onlar da bozondur ve güçlü nükleer kuvvetin nedenidirler."

Bir dakika durun. Onları oluşturan kuarklar, gluon denen parçacıkların değiştokuşunu yaptığı için nötronlar ve protonlar bir arada kalıyor mu diyorsunuz?

Fermiyon, bozondan kıl payı önce davranarak:

"Bu kadar basit olmamakla birlikte, evet" dedi.

Tamam, o halde fermiyonlar, yani elektronlar, kuarklar, protonlar vs. bozon değiştokuşu yaparak birbirleriyle etkileşime giriyorlar. Bana öyle geliyor ki bozon ile fermiyonlar arasındaki fark sadece spinleriniz değil, ikiniz de esasta farklı rollere sahipsiniz.

Bozon, "Ve biz olmadan oldukça fakir bir dünyanız olurdu" diye yumurtladı.

Fermiyon, bozona aldırmadan ve ondan daha iyi açıkladığını düşünerek konuştu:

"Haklısınız. Yaşadığımız Evren'i oluşturmak her iki parçacık türünün de görevi. İkisi de gereklidir ve ikisi de zengin yaşamlara yönlendirebilir. Bozonsuz bir dünyada yaşamak istemezdim, aynı şekilde fermiyonsuz bir dünyayı da hayal edemiyorum."

Bozon fermiyonu kızdırmak ister gibi görünüyordu, yeni bir argüman getirdi:

"Bayan mağrur çok eşitlikçi konuşuyor, ama ona sakın inanmayın! O tam bir züppe, tüm fermiyonlar züppedir."

Züppe mi?

Bozon heyecanla devam etti:

"Sor bakalım inkâr edecek mi? Etmeyecek, edemez. Parçacıklar, gerek bozonlar gerekse fermiyonlar, özel bir kuantum mekaniksel durum içinde olmakla tanımlanırlar."

Kuantum mekaniksel hal mi?

Bozon devam etti:

"Bütün bunlar şu demek oluyor: Doğa yasaları tarafından yalnızca izin verilen belirli enerjilere ve izin verilen belirli momentumlara sahip olabiliriz, vb. Bunların ne olduğunu açıkça belirttiniz mi; buna bizim kuantum mekaniksel durumumuz, kısaca durum denir."

Anladım.

Bozon devam etti:

"Şimdi soruyorum size, verili bir durumda kaç parçacığın izinli olduğunu biliyor musun?"

Üzgünüm, bilmiyorum.

"Peki, anlatayım o halde. Söz konusu olan şayet bozonlarsa, limit yoktur. İstenilen kadar parçacık aynı durumu paylaşabilir. Hiçbir şeyi dışlamayız. Ama sözünü ettiğiniz şu züppe fermiyonlarsa, yanıt birdir, yalnızca bir. Fermiyon bir durumu işgal etti mi başka hiçbirine izin verilmez. Buyrun, sorun bakalım, inkâr edecek mi?"

Fermiyon karşı çıktı: "Tabii ki inkâr etmiyorum, buna Pauli dışlama ilkesi deniyor." Bozona hâlâ aldırışsız, ekledi: "Bu özel-

lik kesinlikle Evren'e bu zengin yapısını kazandıran şeydir. Fermiyon olan tüm elektronlar aynı durumu işgal etselerdi, atomlar güçlükle ayırt edilebilirdi ve gördüğünüz harika ve karmaşık yapınız da olmazdı. Aslında, neredeyse boş bir uzay olduğunuzu hesaba katarsak; bu özellik olmadan o sandalye sizi kaldıramazdı. Bu bakımdan gezegeniniz, en azından mevcut halinde içerdiği şeylerle, hiç var olmayabilirdi.

Bozon yılgınlıkla "Pehh" diye bir ses çıkardı.

Özetlemek gerekirse, fermiyonlar maddenin tuğlası ve bozonlar da harcıdır diyebilir miyim?

İki parçacık aynı anda, "Güzel söyledin" dedi ve son yorum bozondan geldi:

"Ve harç olmadan hiçbir şey inşa edemezdin, tuğlalar işe yaramaz bir yığın olarak öylece yatarlardı."

Pekâlâ, çok enteresan bir söyleşi oldu. İkinize de geldiğiniz ve ikiniz arasındaki farkı anlamama yardımcı olduğunuz için teşekkür ederim.



Bir yıldızla söyleşi

Başlamadan önce okuyucularımıza, sıradan bir yıldız olmadığınızı, biricik Güneş'imiz olduğunuzu söylemeliyim. Bizi kırmayıp söyleşiye katıldığınız için çok teşekkür ederim.

Rica ederim de, daha koyu bir gözlük takınanız sizin için daha iyi olacaktır.

Evet, böylesi daha iyi oldu, teşekkür ederim. Bildiğim kadarıyla, yaklaşık 10 milyar yıl önce büyük bir hidrojen gazı bulutundan şekillendiniz. Doğru mu?

Evet, hayal meyal hatırladığım geçmişime şöyle bir bakınca çoğunlukla karanlık bir boşluk görüyorum. Hidrojen, biraz helyum ve daha ağır bir dizi element, uzayda çöldeki gölcükler misali binlerce ışık yılı boyunca dağılmıştı.

Bu maddenin yarattığı çekim gücünün sizi bir araya getirdiği doğru mu?

Evet, başlangıçta atomlarım, yuvarlak bir dağ zirvesinden kaymaya başlayan kayakçılar gibi çok nazik sürüklenmeler hissetti. Hayatta bir yön edinmenin mutluluğu içinde, fakat başlarına neyin gelmekte olduğundan tamamen bihaber, tanımlanamayan bir merkeze doğru sakince kaymaya başladılar.

Sonra ne oldu?

Bu milyonlarca yıl sürdü fakat sonunda sakinlik yitip gitti. Daha önce nadiren rastlanan atomlar arasındaki çarpışmalar, olağan hale geldi. Atomlar, merkezi bulmak için kavga ediyor

gibiydi ve bir zamanların engin bulutu daralıyor, eski standartlarıma göre oldukça küçük bir boyut alıyordu. Merkezin yakınındaki her şey ısınıyordu ve çarpışmalar o kadar sıklaştı ki, mükemmel bir şey oldu.

Ne oldu?

Kızarmaya başladı.

Sıcak olduğu için mi kızardı?

Ateşteki maşa gibi...

Sıcaklığın nedeni atomlar arasındaki çarpışma mıydı?

Neden, atomların hızıydı. Bir şey ne kadar sıcak olursa, atomları veya molekülleri o kadar hızlı hareket ediyordur. Isıyı, hızın ortalama ölçüsü olarak düşün. Atomlar ve moleküller merkeze yakınlaştığı zaman uzun süredir hızlanınakla kalmamışlardı, madde bir araya toplandığı için kütleçekimi alanı da güçlenmişti, bu yüzden moleküller resmen ilerliyordu.

Yani herhangi bir sıcak cisim gibi kızarmaya başladı.

İnanılmaz bir şeydi. Işık karanlığı kaplamaya başladı; yakınlardaki tüm atomlar ve moleküller heyecan duyuyordu. Geniş bulutun girdap gibi dönen bir diske dönüştüğünü gördük. Disk büzülmeye devam ettikçe dönüşünü hızlanmaya zorluyordu.

Bu açısal momentumun korunumu mudur?

Evet, tıpkı bir buz patencisinin kollarını kendine çekmesi gibi. Kollarını vücuduna çektikçe, dönüşü hızlanır. Ancak ben kendimi çok fazla bir arada tutamadım ve bu yüzden kopan parçalar çevremdeki yörüngeye oturdu.

Gezegenler mi?

Tam üstüne bastınız. Üstelik Jüpiter açısal momentumun büyük kısmını aldı. Aslında Jüpiter'inkine benzer durumlar oldukça yaygındır ve Evren'deki yıldızların en az yarısı, sırf bu nedenden ötürü çift yıldızdır.

Demek istediğiniz, eğer bir yıldız varsa, onun etrafında başka bir yıldız veya gezegen de vardır. Bu da birçok gezegen olduğu anlamına gelir.

Kesinlikle öyle.

Daha sonra ne oldu?

Yükselen ısı giderek daha da yoğunlaştı, fakat kütleçekimi aman vermiyordu. Gittikçe daha da yoğun bir küre halini alıyorduk. Olacakların habercisiymişçesine, titrek bir ışık bir orada bir burada beliriyordu, derken mucizevî ve bizi tamamen gafil avlayan bir sürece hayranlık içinde tanık olduk.

Ne oluyordu peki?

Merkezimiz o kadar ısınmıştı ki, elektronlar, arkalarında çıplak protonlar bırakarak, hidrojen atomlarından koparıldılar. Elektronlar şoktaydı, ışık gözlerini kör etmişti ve protonları tutmaya çalışarak etrafta dört dönüyorlardı, fakat elleri boyuna boş kalıyordu. Dürüst olmak gerekirse, her tür mucizeye tanık olduğumuz için geçici bir sersemlik halindeydik. Birçok molekül, aşırı sıcak plazmayla ilişkili olan sonsuz enerji tarafından oluşturuluyor ve yok ediliyordu ve işte o an olan oldu, başta bir burada bir orada belirdiğini söylediğim titrek ışıklar sıcak kürenin merkezinin her yerinde görülmeye başladı.

Yani?

Füzyon. Hidrojen, helyuma dönüştürülüyordu ve her helyum atomunun oluşumuyla enerji uzay boşluğuna salınıyordu. Aslında dışarı, merkezin dışına salınan enerji o kadar çoktu ki, radyasyon basıncı dediğiniz aşırı miktarda büyük bir basınç yarattı. Bir yıldızın içinde sürekli öfkeli bir savaş vardır; kurtulmaya çalışan radyasyon basıncının dışarıya doğru itişine karşılık, tam bir çöküş görmek isteyen kütleçekiminin içe doğru çekişi. Bu güçler çok büyük olabilirler.

Özgürlüğün gücü tahrip edecek kadar büyük olabilir. Sizin açınızdan, ne kadar büyük?

Kütleçekimine karşı koyabilecek kadar büyük. Söz konusu radyasyonun dışarıya doğru olan basıncı nihayetinde kütleçekiminin içe doğru çekişini dengeledi ve barış anlaşması imzalandı. Yaklaşık on milyar yıldır barış dolu bir dengedeyiz.

Görkemli bir doğumunuz olmuş. Adeta, siyah bir buluttan ışıldayan bir yıldıza başkalaşım geçirmişsiniz.

Çöl için kum neyse, doğa için de başkalaşım odur.

Tüm bunlara rağmen, olanları can sıkıcı buluyor musunuz?

Ruh halime göre değişir.

Yaşamsal istatistiklerinizi gözden geçirmemin sakıncası var mıdır?

Tabii ki yok.

2×10^{30} kiloluk bir kütleniz var. Bunu diğer gökcisimleriyle karşılaştırır mısınız?

Yaklaşık olarak, Dünya'nın kütlesinin 300.000 ya da Jüpiter'inkinin 1000 katı kadardır. Ayrıca yaklaşık 1.600.000 km çapındayım.

Parlaklığınızın da 4×10^{26} watt olduğu notunu düşmüşüm defterime. Bunu açıklamanız mümkün mü?

Yıldız parlaklığı, gücü ifade eden bir başka sözcüktür. Sizin 100 watt'lık ampullerinizin -gördüğüm kadarıyla söndürmüşsünüz- sadece 100 watt gücünde parlaklığı var; ben ise ondan, trilyon kere trilyon kattan fazla parlağım. Sizin nötrino doğru bir açıklama getirmiş.

Anladım, peki kendi ekseninizde mi dönüyorsunuz?

Evet, bir tur yaklaşık bir ay sürüyor. Bu süre, bir devrim yapmak için, ekvator bölgemde biraz daha kısadır.

Çok sıcak olduğunuzu söylemiştiniz de, ne kadarlık bir sıcaklıktan söz ediyoruz?

Merkezdeki sıcaklığım yaklaşık 15.000.000 derece fakat yüzeyimin, yani gördüğünüz kısmının sıcaklığı yaklaşık 6000 derecedir.

Yaydığınız enerjinin tamamı, maddenin enerjiye dönüşümünden meydana geliyor, doğru mu?

Doğru.

O halde, gitgide kütle kaybına uğradığınız ve her geçen gün daha da küçüldüğünüz yerinde bir varsayım mıdır?

Evet, ama endişelenmeyin. Saniyede yaklaşık 5 milyon ton kaybım oluyor. Bu da yılda altı üstü yaklaşık 150 trilyon ton yapar.

Altı üstü?

On milenyum yaşamak, kütlemin milyarda birinden azını götürüyor, inanın bana idare edebilirim. Aslına bakarsanız gi-

derlerimden daha fazlasını alıyorum. Bana inanarak etrafımda yörüngeye giren tüm gezegenlerimi, harika kuyrukluyıldız ve asteroitlerimi ve tabii ki bu söyleşi bir yana, dünyadaki görülmemiş maskaralıkları gözetleme imkânı buluyorum.

Enerjinizin yardımcı olduğu kesin. Görünen o ki, manyetik bir tarafınız da var.

Evet, gezegenleriniz gibi, devinimi olan çoğu şeyin manyetik alanı vardır.

Neden peki?

Tüm bu cisimlerden manyetik alanın nasıl doğduğu tam olarak anlaşılmamıştır; bendeki manyetik alanın kökeni, Dünya'nınki gibi, bir çeşit dinamo etkisidir. Dönme hareketi, esasen muazzam elektrik akımlarının yüksek devrelerde akmasına neden olur ve elektrik akımı da manyetik alan oluşturur, dolayısıyla manyetik bir alanını olur.

Söylenebilecek tek şey bu mu?

Aslında, hikâyede biraz çarpıtmalar var. Daha önce de üstü kapalı söylediğim gibi, ekvatorumdaki materyalin kutuplarımdakinden biraz daha hızlı dönmesi anlamına gelen diferansiyel rotasyona maruz kalırım.

Evet, hatırladım...

Bu düzensiz akım, manyetik alan hatlarını büker ve bazen bu hatlar feci bir arapsaçına döner.

Kötü bir dans gibi...

Bir bakıma öyle. Manyetik alan hatları bazen, yüzeyimde kayıp giden lekelere saplanıp kalırlar. Yüzeyime takılmış ve kahve kupalarınızdakine benzer dev kulplar hayal et.

Bir valizdeki kulplar gibi mi?

Evet, ama sözünü ettiğimiz kulplar gezegeninizden de büyük. Bu kulplar, bir benekten çıkıp bir başka beneğin derinlerine inen son derece yoğun manyetik alan hatlarıdır. Bu kuvvetli manyetik alanlar iç kısmınıdan boşalan enerjinin bir kısmının yönünü değiştirir ve güneş lekelerini, onları çevreleyen materyallerden bin derece daha soğuk kılar.

Daha koyu görünmelerinin nedeni daha soğuk olmaları mı?

Evet, bir şey ne kadar sıcak olursa, o kadar enerji yayar.

Yani güneş lekeleri göründükleri gibi aslında siyah değiller, öyle mi?

Tabii ki değiller, eğer geri kalanımı görmezden gelebilseydiniz güneş lekeleri size oldukça parlak görünürdü.

Daha önce söylediğiniz bir şey takıldı kafama.

Buyrun.

Hidrojeni akıl almaz oranda, enerji kaynağınız helyuma dönüştürüyorsunuz.

Makul oranda.

Şey, demek istediğim bize göre, bayağı bir hızlı.

Pekâlâ.

O halde, siz tamamen helyuma dönüşünce ne olur?

Kurtulmaya çalışan radyasyon basıncının dışarıya doğru itişine karşılık tam bir çöküş görmek isteyen kütleçekiminin içe doğru çekişinin bitmek bilmeyen bir savaş olduğunu söylediğimi hatırlıyor musunuz?

Evet.

Söylemek istediğiniz şekliyle hidrojen yanarken, kütleçekimi zafer kokusu alır ve öldürücü darbeyi vurmak için harekete geçer; çökmeye başlarım.

Sizin için oldukça talihsiz bir durum.

Hayır, tam tersine harika bir durum. Açgözlü kütleçekimi için "Kendi etti, kendi buldu" durumu olur.

Ne demek istiyorsunuz?

Ellerinizi birleştirip sertçe bastırın ve ileri geri ovuşturun.

Nasıl yani?

Durmayın yapın, dört ya da beş sefer yeterli, işte bu. Bir şey fark ettiniz mi?

Ellerim ılık, yok hayır, sıcak.

Sürtünme, nesnelerin ısısını artırır. Bana kalırsa, açgözlü kütleçekimi tüm helyum atomlarını bir arada itince, atomlar ısınıyor.

Onları ayıplayamayacağım.

Şimdi izninizle biraz daha detaylı anlatayım. Zaman geçtikçe

merkezim, hidrojenle çevrelenmiş, ancak hâlâ füzyon geçiren katı helyuma dönüşür. Helyum çökmeye başlar, çünkü daha önce de belirttiğim gibi, kütleçekimi pusuda beklemektedir. Ancak bu her şeyi kızıştırır ve yüzeydeki hidrojen de her zamankinden hızlı yanmaya başlar.

Yanmak derken kastettiğiniz füzyon geçirmek mi?

Evet, o kadar ısınır ki, radyasyon basıncı kütleçekimini etkisiz hale getirir.

Sonra ne olur?

Hidrojen normal yüzeyimin çok ötesine kadar genleşir. Genleştikçe de soğur.

Bizim klimalarımızdakiyle aynı sistem sanıyorum; genleşen gazın ısı kaybetmesi yani.

Aynen öyle. Akkor ısıdan kızıl ısıya dönüşür ve ısı yaklaşık 3000 derece düşer. O noktada çok büyük ve dışta da az çok soğuk olurum. Bu tür yıldızlara "kızıl dev" diyorsunuz.

Bir kızıl dev görmek enteresan olurdu.

Orion'daki eski dostum İkizlerevi'ne (Betelgeuse) bir göz atın, kendisi bir kızıl devdir. Neredeyse kıpkırmızı olduğunu görebilirsiniz.

Mutlaka bir göz atacağım. Peki, ne kadar büyürsünüz?

Çok, ama daha da büyüyeceğim.

Tam olarak demek istediğiniz nedir?

Ellerinizi ovuşturmanızdan ortaya çıkan ısıyı hatırlıyor musunuz? İşte o süreç, çekirdeğimde, helyum füzyon geçirip karbon oluşturacak kadar ısınana dek devam eder. Bu da dıştaki hidrojen yoluyla başka bir ısı dalgası gönderir ve bir kızıl süper dev oluşturur. Bu noktada, belirtmekten üzüntü duyuyorum ama, ne yazık ki gezegeniniz de yüzey alanının içinde kalacak.

Bu yakın zamanda olmayacak, değil mi?

Aşağı yukarı 5 milyar yıl sonra.

Bu biraz rahatlattı. Peki, bu süreç devam ediyor mu? Yani helyumdan karbona, karbondan...

Hayır.

Hayır mı?

Benim için değil. Ben, başta çok sıcak olan, ancak radyasyon yaydıkça soğuyan katı karbon bir küre olarak son bulacağım. Dıştaki hidrojen ve helyum tabakaları ilerlemeye devam edecek ve aslında kütleçekiminden kurtulacak. Karbon kalıntısı bir yıldızın güzel bulutlarca kuşatılmasını bir süreliğine görebilirsiniz. Bana hiçbir anlam ifade etmeyen bir sözcük olsa da siz bu gökyüzü olayına nebula diyorsunuz. Er ya da geç bu madde yıldızlararası uzaya dağılır ve bazen yeni bir yıldızın oluşumunun başlangıcına katkıda bulunabilir.

Yani sonunda bir hayli kütle kaybı yaşayacaksınız.

Evet, sonunda. Ama bu, çocuklarınızı dünyaya dağıtmak gibidir. Parlamak için sıralarının gelmesini umarsınız.

Ve beyaz bir cüce olarak size ne olacak?

Başlangıçta, bana beyaz cüce adını takmanıza neden olacak kadar küçük olmama rağmen oldukça iyi parlardım. Bu enerji sadece ısı olarak depolandığından ve daha fazlasını üretemediğimden hızlı soğurum. Birkaç milyon yıl sonra güçbela parlarım.

Beyaz cüce olarak mı kalacaksınız?

Aynı boyutta kalacağım ama gittikçe soğuyacağım ve bu yüzden de gittikçe kararacağım. Sonunda görünmeme yetecek kadar ışık yayamayacağım ve o zaman bana kara cüce demeye başlayacaksınız.

Böyle heyecan verici bir yaşam için üzücü bir sona benziyor. Öylece ortadan kaybolup gidecek misiniz?

Eski bir asker gibi.

Şimdi, karbon atomunun söylediği bir şeyi anlıyorum.

Neydi o?

Sanıyorum şöyle demişti: "Yıldızım sönmeye başlayınca, bir sürü karbon kopyamdan oluşan, tembel dev bir yıldızın içine hapsolacağımı fark ettim."

Evet, alnına yazılı kara cüceyle yüz yüze gelmiş beyaz cüce evresindeydi, fakat yıldız yoldaşı tarafından kurtarıldı ve süpernova geçirdi.

Biraz açmanız mümkün mü?

Görüyorum ki bir nötron yıldızıyla planlanmış bir söyleşiniz var. Ona sormanızı önersem?

Peki, öyle yapalım. Size son bir soru daha sorabilir miyim?

Buyrun.

En sevdiğiniz gezegenin hangisi olduğunu söyleyebilir misiniz?

Peki. Merkür bana en yakın olanı, ama sanırım onunki tamamen konumsal bir durum. Atmosferi olması için çok küçük; bu yüzden şiddetli ışınlarımı, sıcaklığımı doğrudan hisseder. Dünya ile hemen hemen aynı boyutlarda ama sizin standartlarınızdan çok daha sıcak olan ve kendini ince bir yalıtımla, karbondioksitten oluşan bir atmosferle sarmalayan Venüs'ü seviyorum. Bir düşüneyim, sırada hangisi var...

Dünya.

Ha, evet. Dünya çok özel bir gezegen ama hayal kırıklığına uğratabiliyor.

Nasıl yani?

Sadece benim değil, tüm Evren'in yapmak için uğraştığı birçok şeyi mahvetmekte üstünüze yok.

Görünüşe göre bu tip şeylerde pek yetenekliyiz.

İntikamcı davranıyorsunuz.

Biraz daha açık olabilir misiniz?

Nehirleriniz ve okyanuslarınız, sayısız kuyrukluyıldızın gezeneninize dalarak kendilerini feda etmesiyle -ki bakmaya doyamadığım güzelliklerden biridir- oluştu ve bu milyonlarca yıl sürdü. Size hayat ve güzellik verdiler. Sizin amacınız ise onların var ettiği suyu, gökyüzündeki yıldızların sayısından daha çok atık içeren tarifi zor bir çamura dönüştürmek sanki.

Ortalığı toparlamaya çalışıyoruz.

Petrol kaynağı oluşturmak milyonlarca yılımı aldı, sayılamayacak kadar çok ağaç size petrol verebilmek için büyüdü ve iyonları ayrıştırarak yeraltına gönderdi. Tüm bunlar, siz akaryakıtı devredilmez hakkınızmış gibi hesapsızca harcayasınız diye yapılmadı.

Bunun üzerine de uğraşıyoruz ama bunlar bizim Güneş Sistemi'mizden gelen şeyler. Siz tüm Evren'den mi bahsediyorsunuz?

Tüm dünyanızın ve tabii kuyrukluyıldızların kökeninde, uzak geçmişte patlayan yıldızlar var. Uranyum atomunuzu düşündüm de, hiç sizin perspektifinizden bakmamıştım ona. Bir yıldızın oluşumu inanılmaz miktarda madde ister ve hayat döngüsünü devam ettirmesi için de neredeyse sonsuz miktarda maddeye ihtiyacı vardır. Sonunda, son demlerindeyken az miktarda uranyum ve plütonyum yaratır ve kesilmek üzere olan nefesiyle uzay boşluğuna fırlatır. Kütleçekimi gücü olmadan hem de.

Evet, bu maddeleri kullanabiliyoruz.

Çok hızlı. Onları topluyor, kritik kütleler ediniyorsunuz; ardından kulakları sağır eden bir milisaniyede, insanlığınızı yok edip, geride gezegeninize daha fazla atık bırakarak, onları ortadan kaldırıyorsunuz. Tam anlamıyla kaşla göz arasında alabildiğiniz kadar canı alarak milyarlarca yıllık mirasın tamamını yok ediyorsunuz. Bunlar, görmek istemediğimiz şeyler.

Ne yani, Dünya sevdiğimiz gezegenler listesinde üst sıralarda yer almıyor mu?

Ben öyle bir şey demedim. Beni ve bileşenlerimi anlamakta büyük başarılarınız var; büyük düşünürleriniz var; sanatınız ve müziğiniz eşsiz. Doğrusu, kısa zamanda elde ettiğiniz tüm görkemli başarılarınızın yanında, böylesine karanlık bir yanınız olduğunu görmek beni gerçekten hayal kırıklığına uğratıyor.

Anlıyorum, ya diğer gezegenler?

İki küçük uydusu ve altın kadar ender atmosferiyle orada asılı duran Mars'ı seviyorum; tam bir atlı süvari. Jüpiter'in tüm o uydularıyla ayrı bir yeri var ve halkalarıyla Satürn tam bir haz kaynağıdır. Uranüs ve Neptün kendi halindedir ama şu uzakta ağır adımlarla yürüyen, buzdan soğuk Plüton'a hayran olmamak işten değil.

İçlerinde favoriniz olan yok mu?

Var.

Hangisi?

En sevdiğim gezegen... Saate bak, batırna saatim gelmiş. Üzgünüm gitmem gerek.

Söyleşi için teş...



Bir Wimp ile söyleşi

Öncelikle bana bu söyleşiyi bahşettiğiniz için teşekkür etmek isterim. Çoğu insanın varlığınıza bile inanmadığını fark ettim.

Söyleşiyi kabul etmemin nedenlerinden biri de buna açıklık kazandırmak ve adıma dair görevimi yerine getirmekti. Bana Wimp denmesini pek tercih etmiyorum. Nötralino olarak var oldum.

Saygısızlık etmek istemem ama, belki de en iyisi Wimp ve nötralinonun ne olduğunu açıklayarak başlamanız olacak.

Wimp (weakly interacting massive particle), zayıf etkileşimli büyük kütleli parçacıktır.

Şey... Biraz daha açıklar mısınız lütfen?

Peki. Bildiğiniz üzere doğada dört temel kuvvet var. Gün gibi ortada olanları kütleçekimi ve elektromanyetizmadır, ancak iki tane de nükleer kuvvet var; güçlü ve zayıf nükleer kuvvet.

Evet, bu konuda bir fermiyon ve bozonla ilginç bir diyaloğum oldu.

Kütleçekimi hariç, bunların hepsinin aynı şeyin farklı görüntüleri olduğu konusunda birleşik kuramlar bulunduğunu belirtmeliyim. Örneğin, zayıf nükleer kuvvet ve elektromanyetik kuvvet aynı temel kuvvetin farklı yönleri olarak görülebilir.

Sözünü ettiğiniz elektro-zayıf kuramı mı?

Evet, üstelik bu kuram, elektron arkadaşınızın sözünü ettiği *W* ve *Z* parçacıklarının varlığına dair öngörüde bulunur.

Kütleçekiminin ne olduğuna dair epeyce fikrim var ve elektrik ile manyetizmaya da kısmen aşinayım; ancak şu zayıf ve güçlü nükleer kuvvet diye söz ettiğiniz diğer iki kuvvet üzerinde biraz durur musunuz?

Tabii ki. Karbon atomu size füzyondan söz etmişti; uranyum atomu da çekirdeği bir arada tutan kuvvetleri anlatmıştı. Bu güçlü nükleer kuvvettir. Bu kuvvet, protonun elektrik itmesinden daha baskındır, hatta doğadaki en baskın kuvvettir.

Bir dakika!.. Kara delik, kendisiyle yaptığım söyleşide bana en güçlü kuvvetin kütleçekimi olduğunu söylemişti...

Bunu hep söylerler. Evet, teknik olarak haklı. Zira madde kendini büyük miktarlarda bir araya toplayabilir ve kütleçekimi kuvveti de uzun menzilli bir kuvvettir. Nükleer kuvvet ise, uranyum atomunun açıkladığı gibi çok çabuk yok olur ve kütleçekimi ile büyük ölçekte boy ölçüşemez. Ama "her bir parçacık" temelinde kütleçekimi o kadar zayıf kalır ki, onu göz ardı ederiz!

Pekâlâ, bu konuya açıklık getirdiğiniz için teşekkürler. O halde güçlü nükleer kuvvet proton ve nötronları çekirdekte bir arada tutuyor. Ya zayıf nükleer kuvvet?

Zayıf nükleer kuvvet, ya da kısaca zayıf kuvvet, kütleçekimi hariç tüm kuvvetlerden zayıftır. Ancak yine de önemlidir. Güçlü kuvvet nükleonlar arasında hareket ederken...

Nükleonlar?

Nükleon bir proton veya nötrondan herhangi birini ifade etmek için kullanılır. Dediğim gibi, güçlü kuvvet nükleonlar arasında etkinken, zayıf kuvvet bir elektron ve nükleon arasında etkindir.

Yani elektron güçlü nükleer kuvvete duyarsız, ama zayıf kuvveti hissediyor, öyle mi?

Kesinlikle. Güçlü kuvveti değil de zayıf kuvveti hisseden her parçacığın zayıf etkileşimli olduğu söylenir. Buna lepton da denir.

Bu durumda siz zayıf kuvveti hissettiğiniz için zayıf etkileşimli büyük kütleli parçacıksınız. Peki, burada geçen "büyük kütleli" ne anlama geliyor?

Bu söyleşi bir yana, henüz keşfedilmemiş olduğumu hatırlatırın size. Tamamen kuramsal bir öngörüyüm, kütlemi ölçme imkânınız hiç olmadı. Bir protondan on ila bin kat arası, belki de daha büyük olmamı bekliyorsunuz.

Vay canına, epey ağırmışsınız. Bir Wi... yani zayıf etkileşimli büyük kütleli parçacığın ne olduğunu anladım, ancak nötralinonun ne olduğu konusunda kafam biraz karışık. Biraz açıklamanız mümkün mü?

Tabii ki, harika bir hikâyesi var; ama biraz ara yollara girmemiz gerekiyor. Duymak istediğinize emin misiniz?

Kesinlikle.

Tamam, fermiyon ve bozon arasındaki tartışmayı hatırlayın. Komik olduğunu söylemiyorum ama, birbirlerini kovalayıp durdular.

Bir de benim söyleşi notlarımı görseniz...

Size standart bakışı anlattılar; bozonlar bozondur ve fermiyonlar da fermiyon, nokta. Halbuki doğayı gözlemlemenin, hâlâ kuramsal düzeyde olan başka bir yolu daha var. Şu an burada olsalardı kahırlarından ölürlerdi. Ne olursa olsun, bozonun fermiyona, fermiyonun da bozona dönüşemeyeceği konusunda hemfikirler.

Evet, öyle demişlerdi sanırım...

Bu düşünce, deneysel alanlarda geçerli kabul edilmekle birlikte kuramsal alanda sorgulanmaktadır. Eğer parçacıkların birbirine dönüşme olasılığı kabul edilirse, bazı nahoş matematiksel problemlerden kaçılabilmektedir. Birçok insan bunu aynı zamanda estetik açıdan da memnuniyet verici buluyor.

Yani bir elektronun fotona dönüşme olasılığı var mı?

Hayır, pek yok; elektronun eksi yükünü kaybediyorsunuz, ama yöntem doğru. Şöyle ifade edeyim: Temel parçacıkları ve etkileşimlerini simetri kavramıyla görebiliyoruz.

Islak mürekkeple kâğıda bir şey yazıp sonra da katlamak gibi mi?

Hayır, tam olarak böyle değil. Bu düşünce aslında nötron ve protonla başlamıştır. Güçlü kuvvet devam ettiği sürece bu parça-

cıklar aynıdır ve bundan dolayı biz onları aynı parçacığın iki farklı durumu olarak dikkate almaya başladık, tıpkı tek bir insan olan ama ötekinin kimliğine bürünebilen Dr. Jekyll ve Mr. Hyde gibi. Bu bir simetridir, bazen parçacık simetrisi de denir. Şimdi düşündüm de, bu yönüyle katlanmış kâğıt örneğinize biraz benziyor.

Ama oldukça farklı olduğuna inandırdınız beni...

Kâğıdı tutup 180 derece çevirin. Görüntü aynı, değil mi? Yani bir an gözlerinizi kapatıp açsanız, "Biri odaya girdi ve kâğıdı çevirdi ya da olduğu gibi bıraktı" diyemezsiniz değil mi?

Evet, haklısınız.

Parçacık fiziğinde de aynı şey söz konusu, bir çekirdekte nötron ve protonun yerini değiştirirseniz, yük değişimi hariç, aynı şeyi elde edersiniz. İşte simetri dediğimiz şey tam da bu.

Anlıyorum. Peki başka simetriler var mı?

Yüz puanlık bir soru sordunuz. Yanıtı evet, ama tam olarak ne olduklarını bulmak için uğraşıyorsunuz. Örneğin elektro-zayıf kuvvet kuramından bahsettik. O kuramda, birbirinden oldukça farklı olan elektron ve nötrino, aynı parçacığın farklı durumları sayılmaktadır.

Bir nötrinoyla söyleşi ayarlamıştım ama duramadı. Sanırım önümüzdeki haftalara bir tane daha ayarlamam gerekecek.

İyi olur, size farklılıkları ve benzerlikleri konusunda daha fazla bilgi verebilir. O çok başarılı standart modelde kuarkları, elektronları ve nötrinoyu bu tarzda görürsünüz.

Yani bütün fermiyonlar aynı parçacığın farklı durumları mı sayılmakta?

Bir yerde evet, ama parçacığın değişmez, katı bir kimliğe sahip olduğunu da düşünmemek gerek.

Söylediklerinizi biraz karışık geldi.

Peki, rüyanızda bir meyve parçası gördüğünüzü düşünün. Bu meyve parçası bir noktada elma, ama hemen portakala dönüşüyor, sonra da muza. Aslında her baktığınızda bu meyvelerden biri oluyor, ama bakıncaya kadar hangisi olduğundan asla emin olamıyorsunuz.

Tamam, bunu anladım.

Eğer meyveyi betimlemek isterseniz, onun bir parça elma, muz, portakal ya da kısaca üçünün karışımı bir salata, kısaca "elmuzpor" olduğunu söylersiniz.

Tamam.

Sonra bunu kurallaştırırsınız: "Elmuzpor"a ne zaman baksam elma, ya da muz ya da portakal görüyorum. Bu da rüyanızda işlerin nasıl yürüdüğünü betimlemenin matematiksel bir yöntemi olur. Her bir farklı meyveyi bulmak için bir olasılık bile geliştirebilirsiniz.

Evet, ama bu sadece bir rüya.

İşte çılgınlık tam da burada, bu sadece bir rüya değil. Atomaltı ölçekte işler böyle yürür. Üzerine konuştuğumuz, doğanın aslı olan simetride, elma, muz ve portakal bu şekilde birbirine karışır ya da gerçek şekliyle söyleyecek olursak kuark, elektron, nötrino vd. biçiminde.

Çok etkileyici.

Pekâlâ, parantezimizin sonuna geldik. Şimdi nötralinonun ne olduğunu açıklayabilirim.

Lütfen.

Malumunuz olduğu üzere, dünyayı ya da dünyayı oluşturan temel parçacıkları görüşümüz, özünde farklı parçacıkların karışımı olan simetri kuramlarına dayanmaktadır.

Doğru, ama bana öyle geliyor ki, beraber karışım olarak bahsettiğiniz simetri sadece fermiyonlar. Elektronlar, kuarklar ve nötrinoların hepsi fermiyon.

Aynen öyle. Hemen aklımıza şu geliyor: Peki neden alanı bu kadar dar tutuyoruz? Fermiyonları bozonlara dönüştüren daha genel bir simetri düşünsek ya!

Neden olmasın?

Asıl sebep şu ki, böyle bir şey henüz gözlemlenmedi. Yapılan bunca deneyde bunun gerçekleştiğini görmüş değilsiniz.

O zaman şöyle sormam gerekirdi, peki neden düşünelim böyle bir şeyi?

Söylediğim gibi, bazı nahoş matematiksel ve soyut problemler ortadan kalkıyor. Bu simetriye "süpersimetri" deniyor ve bildi-

ğimiz her parçacık için bir süper-partner öngörülüyor. Süpersimetriyi, fermiyonu bozona, bozonu fermiyona dönüştüren bir işlem olarak düşünebilirsiniz.

Yani fermiyon olan bir elektronun süper-eşi bozon mudur?

Evet, ona selektron diyoruz. Fermiyonik isimleri aynen alıp önüne "s" koyuyoruz. Böylece elektronların, nötrinoların ve kuarkların süper-eşleri ortaya konmuş oluyor (selektronlar, snötrinolar ve skuarklar).

Bozonların da süper-eşleri var mı?

Evet, bu defa da bozonik ismin sonuna "ino" ekliyoruz. Örneğin fotonun süper-eşi fotino, gluonun süper-eşi ise gluinodur.

Peki ya sizin?

Nihayet. Bozonların, birbiriyle karışabilen bir sürü süper-eşi vardır. Fotinodan bahsettim. Z bozonu da vardı, hatırladın mı? Onun da süper-partneri Z-ino. Bir de Higgsino var. Ben bunların birleşimini temsil ediyorum.

Yani siz de bir fermiyonsunuz?

Evet, öyleyim.

Peki, ino parçacıklarından, selektronlardan veya herhangi birinden gözlemlenebilen var mı?

Hayır, yok.

O zaman şunu sormam gerekiyor; süpersimetri gerçek mi yoksa kuramsal fiziğin gördüğü bir hayal mi?

Bildiğiniz gibi, birçoğumuz sizin söyleşi teklifinizi kabul ettik, ama bazı sorular bize fazla kişisel geldi, bu yüzden cevaplamamaya karar verdik. Ayrıca şunu da belirtmek isterim ki, belirli bir mahremiyet taşıyoruz ve bazı şeyleri açığa vurma konusunda serbest değiliz. Bir başka deyişle, belli bir derinliğe inmenize izin var, ama bunun ötesinde bizim kurallarımız işler.

Peki, izninizle şunu sorayım. Bahsettiğiniz tüm varsayımsal süper-partnerlerin içinde en çok rağbet gören sizsiniz. Bunu açıklayabilir misiniz?

Evet, çünkü en hafif ve en küçük kütleyim. Benden daha büyük bir süper parçacık, daha hafif parçacıklara bölünüp yok ola-

bilir. İş bende bitiyor. Hiçbir şeye bölünemiyorum çünkü kütlesi benden daha az olan bir süper parçacık yok.

Şanslıymışsınız.

Çok.

Kusura bakmazsanız, bir şey daha soracağım.

Rica ederim.

Standart modelden bahsettiniz, bunu biraz açar mısınız?

Elinizdeki en temel ve doğru kuram bu. Bütün temel parçacıkların nasıl etkileşime geçtiklerini açıklar, hatta sonradan gözlemlenen parçacıkların varlığını bile tahmin etmiştir. Son zamanlara kadar yapılan her deney, bu kurama tuğla ve harçtan başka bir şey katmamıştır.

Yani?

Yapılan neredeyse her deney, kuramın mükemmel şekilde açıkladığı veriler sağlamıştır. Her deneyde tereyağından kıl çekilmiştir diyebiliriz.

Öyleyse kuram doğru?

Son zamanlara kadar öyleydi.

Ne oldu peki?

Ne yazık ki ayrıntılardan haberim yok, ama muonun düzensiz manyetik çift kutuplu momentumuyla bir ilgisi olduğunu biliyorum.

Biraz daha açıklayabilir misiniz?

Dediğim gibi, doğrudan muona sorsanız daha iyi olur, ayrıntılar benim için bulanık.

Peki, öyle yapacağım, muonla ayarlanmış bir görüşmem var. Bu tatlı sohbet için teşekkür ederim. İyi şanslar.

Teşekkür ederim, size de iyi şanslar.



Bir kuyrukluyıldızla söyleşi

Söyleşiye zaman ayırdığınız için teşekkürler, bize kendiniz hakkında bir şeyler anlatır mısınız?

Bir uçtan bir uca yaklaşık 32 km olarak ölçülen, göreli olarak büyük bir kuyrukluyıldızım; buz, karbondioksit, basit karbon bileşikleri ve Dünya'da da bulunan başka birkaç bileşenden oluşuyorum.

Burada daha önce bulunmuş muydunuz?

Evet, Dünya'yı son ziyaretim sırasında, piramitlerin ve temel metalürjik işlemlerin yavaş yavaş yapılmaya başlandığı dikkatimi çekmişti. Dünya'dan uzaklaşmaya başladığımda, Pisagor müzikal ton frekansının dalga boyu ile ters orantılı olduğunu keşfetmişti. Sonuçlarından ve matematiksel sadelikten ilham alarak, gezegenlerin eşit derecede ahenkli olmaları gerektiğini varsaydı; bu nedenle Güneş'ten tamsayılık uzaklıklarda bulunmalıydılar. Yanlış olduğunu bilmeme rağmen, Evren'i anlamak için yeni başlamakta olan kuramsal atağınızı görmekten memnundum.

Bilimimizle ilgilendiğinizi görüyorum. Geçen ziyaretiniz sırasında dikkatinizi çeken başka şeyler de olmuş muydu?

Ben uzaklaşırken, Demokritos atomların varlığını öngördü ve gelecek 200 yılda Arşimet mekanikte ve suyun kaldırma kuvveti üzerine kayda değer sonuçlara ulaştı. Yaklaşık bir yüzyıl sonra, MÖ 1. yüzyılda, Ptolemy'nin (Batlamyus'un) yansıma ve kırılma üzerine bir dizi ciddi çalışması oldu. Başka birçok şeyin yanı sıra

camın kırılma indisinin suyun kırılma indisinden büyük olduğunu gösteren birtakım sayısal tablolar oluşturdu.

Kırılma indisi, maddenin ışığı bükme miktarı mıdır?

Evet, böyle de düşünülebilir. Keza, Ptolemy, her şeyin Dünya'nın çevresinde döndüğünü varsaydı; bu varsayımda yanlış olmasına rağmen, kozmolojik modeli, binyıldan daha uzun bir süre kullanıldı. Eğer özgür iradeye sahip olsaydım, yalnızca bu olaylar bile beni Dünya'ya geri getirirdi, ama kütleçekiminin manevi parmakları beni sıkı sıkıya kavramıştı, Dünya'ya geri dönmeye yazgılıydım.

Bu noktada neredeydiniz?

Bu sırada, Dünya'nın 500 AB'den[1] biraz daha fazla uzağındaydım. Yörüngemin bu kısmı, Güneş'ten en uzak olduğum nokta, günöte diye adlandırılır. Güneş Dünya'dan göründüğünün 4 milyonda biri parlaklıkta görünüyordu, tıpkı 100 watt'lık bir ampulün 30 m uzaklıktan görülmesi gibi; saatte yaklaşık 300 km'lik bir hızla emekliyordum. Bu hızla Dünya'ya dönmem 27.000 yılımı alırdı, ivmem Newton'un başına düşen elmanın iki milyarda biri kadar olmasına rağmen, kuşkusuz artacaktı, böylelikle hızım da. Benim tek ısı kaynağım Güneş'tir ve günötesinde mutlak sıfırdan yalnızca 15 derece daha sıcak olurum, yani -258 ^{0}C.

İliklerinize dek üşümüşsünüz gibi görünüyor!

Bilimdeki şaşırtıcı gerileme ile bundan daha da fazla üşüdüm. Bana öyle göründü ki, geçen yüzyıllar içinde bilimdeki büyük kazanımlar kaybedilmeye başlandı, kendimi sanki sonsuza dek bilinemez kalmaya yazgılı bırakılmış gibi hissettim. Günöte konumumdan 400 AB'ye gelmem 1300 yılımı aldı. Güneş'e Plüton'dan 10 kat daha uzaktayken, Bağdat'taki Bilgelik Evi'nin (Beytü'l Hikme) açılışını ve burada Yunanlıların erken bilimsel çalışmalarının bir bölümünün çevrilip kaydedildiğini görerek yüreklendim. Orada cebirdeki gelişmelerle birlikte, Güneş hâlâ

---

1) AB: Astronomi birimi, İngilizcesi AU'dur (astronomical unit). Gökbilimde kullanılan bir uzaklık birimidir. Bir AU Güneş'in merkeziyle Dünya'nın merkezi arasındaki uzaklık olan 149,6 milyon kilometredir. (ç.n.)

bana Dünya'dan göründüğünden 6 milyon kez daha soluk görünürken, artık cisimler daha parlak görünmeye başlamıştı. Sıcaklığım sadece birkaç derece artmıştı, ama şimdi saatte yaklaşık 4000 kın'lik hızla seyahat ediyordum.

Uzayın derinliklerinde bu kadar zaman harcadığınıza inanamıyorum. Güzel bir yolculuk geçirdiğinizi umarım...

Evet, 1600'den 1700'e kadar, 5 milyar km seyahat ettim ve bu geçirdiğim en mutlu 5 milyar kilometreydi. Galileo yeni icat edilen teleskopu kullanarak Jüpiter'in dört uydusunu keşfetmişti; daha da önemlisi, Venüs'ün de tıpkı Ay gibi evreleri olduğunu göstermişti. Buradan da haklı bir biçimde, onun da Güneş'in çevresinde döndüğü sonucunu ulaşmıştı. Kepler, Tycho Brahe'nin özenle kurduğu gözlemevinde ulaştığı, gezegen konumlarının hassas ölçümlerini kullanarak, gezegen yörüngelerinin elips şeklinde olduğu sonucunu ulaştı ve ünlü yasasında, gezegenlerin Güneş çevresinde dolaşım sürelerinin karesinin, yarı ana eksenlerinin küpü ile orantılı olduğunu ortaya çıkardı. Kepler'in daha önce ulaştığı sonuçlara dayanarak, neden gerçekte düzgün yüzlü beş geometrik cisim olmasına rağmen, altı gezegen ve bundan dolayı altı olası yörüngenin olması gerektiğini açıklama çabası beni bir hayli keyiflendirdi. Dünya'ya son yakınlaşmamın tersine, bu sıralarda fizikteki gelişmelerin benim artan ivmemi yakalayacağını hissediyor gibiydim.

Fizikte ne tür gelişmeler gördünüz?

18. yüzyıl, Newton'un *Optik*'i yayımlamasıyla (nihayet) sıçramıştı. Newton, ışığın parçacıklardan oluştuğuna inanıyordu; her ne kadar ışık zerrelerinin salınabileceğini düşünse de; bundan dolayı, ışığın dalgalardan oluştuğunu öneren Young'un çalışmalarının kabul edilmesi biraz zaman aldı. Fahrenheit, günümüzde Amerika'da hâlâ kullanılmakta olan sıcaklık ölçüsünü geliştirmişti ve statik elektrik üzerine deneyler yapılmaya başlanmıştı. Halley, Newton'un kütleçekimi kuramını kullanarak, kız kardeşlerimden birinin Dünya'ya 1758 yılında döneceğini doğru olarak öngördü; ama kız kardeşim, Jüpiter'in etkisinden dolayı -ki Jüpiter'in benim üzerimde de önemli bir etkisi vardır- birkaç gün

geç gelmişti. Herschel'in Uranüs'ü keşfetmesi, diğer bütün gezegenlerin yazılı tarihöncesinden beri biliniyor olması yüzünden Dünya'yı salladı ve akıllara şu soruyu düşürdü: "Acaba başka gezegen var mı?" Yüzyılın sonuna doğru Volta, bakır ve çinko diskler arasında alternatif akım üretecek mekanizmayı kurdu, ıslak mukavvalarla ayırdığı bakır ve çinko disklerden ilk pili üretti. Bu sırada ben, Güneş'in Uranüs'e uzaklığından on kat daha ötedeydim, yaklaşık 8000 km/saat ile yolculuk ediyordum.

Bu sizi 19. yüzyıla mı getirdi?

Evet, 19. yüzyıl boyunca, yaklaşık 8 milyar km teptim. John Adams ve Urbain LeVerrier'in Uranüs'ün yörüngesi üzerine kavga ettiklerini gördüm.

Kavgaları neyle ilgiliydi?

Kepler'in diğer gezegenlerin yörüngesinin elips biçiminde olduğunu gözlemesine ve Newton'un kuramı eliptik yörüngeleri öngörmesine rağmen, Uranüs'ün yörüngesi elipse pek yakın değildi. Bu problem gerçekten her şeyi karıştırıyordu.

Nasıl yani?

Şaşkına dönmüştünüz, kimse yörüngenin neden yanlış olduğunu anlayamadı.

Çözüm neydi?

Bazı insanlar, Newton'un kütleçekimi kuramının bazı noktalarına kuşkuyla yaklaştılar. İç gezegenlerde[2] kuram işliyor, belki böylesi büyük uzaklıklarda işlemiyor olabilirdi. Ya da, Güneş'inizin kütleçekimi alanı düşünüldüğünden daha zayıftı. Oradaki kuşku bulutları gökyüzünü kararttı.

Gökyüzü açıldı mı?

Bir süre sonra. Bir başka düşünce de, orada göremediğimiz bir maddenin işbaşında olduğuydu, Uranüs'ü iten ve çeken görünmez maddenin büyük bulutları.

Biraz zorlama gibi duruyor.

Aslında, günümüzde tereddütsüz olarak bu olguya inanıyorsunuz ya da onun bir tür genelleştirilmiş haline.

---

2) Güneş'e yakınlıklarına göre ilk dört gezegen iç gezegenler, son dört gezegen de dış gezegenler olarak bilinir. (ç.n.)

Öyle mi yapıyoruz?

Evren'in büyük oranda görünmez bir maddeyle dolu olduğuna inanıyorsunuz. Bu madde, cisimlerin hareketinde, zaman zaman baskın bir rol oynuyor.

Bunu biraz açıklar mısınız?

Önünüzde bir sarmal gökada randevunuz olduğunu görüyorum; eğer bu soruyu o söyleşi sırasında gündeme getirirseniz, ilk elden bilgi alabilirsiniz.

Peki, gökadaya soracağım. Uranüs sorunu ne oldu?

Son çözüm, Uranüs'ün başka bir gezegen tarafından tedirgin edildiğiydi. Adams ve LeVerrier birbirlerinden bağımsız olarak Neptün'ün varlığını öngördü, bu o güne değin yapılmış en büyük öngörüydü!

Şaşırtıcı! Bu dönemde dikkatinizi çeken başka gelişme yok mu?

Çok fazla var. Aralarında, James Maxwell'in derleyip geliştirdiği elektrik ve manyetizma yasalarının keşfi de var.

Biz fiziği daha çok anladıkça, sizin de daha mutlu olduğunuzu fark ettim. Neden böyle?

Bilmiyorum, belki basitçe anlaşılma tutkusudur.

Bunu çok iyi anlayabiliyorum. Geldik 20. yüzyıla...

20. yüzyılın başlarında Güneş'ten 177 AB uzaktaydım, bu da Plüton'un maksimum uzaklığından yaklaşık 4,5 kat daha fazlaydı. Şimdi saatte yaklaşık 9500 km'lik bir hızla seyahat ediyordum ve 20. yüzyılın sonunda Güneş Sistemi'nin dışına çıkacağını fark etmiştim. 20. yüzyılda fizikteki gelişmelerin artan hızı, benim sürekli ivmelenmemi yakalayacak gibi görünüyordu. O dönemde Merkür'ün yörüngesinin, pek Newton kuramında öngörüldüğü gibi olmadığı anlaşılmıştı. Çözüm için bir kez daha karanlık madde öneriliyordu; yörüngeyi bozan bu kez Vulcan adlı varsayımsal bir gezegendi. Newton'un kuramından yine şüphe ediliyordu, doğru çözümü bulmak uzun sürmedi. 1905'te Einstein'ın birçok başka şeyin yanı sıra $E=mc^2$'yi de öngören özel görelilik kuramıyla fizik yeni doruklara ulaştı. On yıl sonra Einstein Newton'un kütleçekimi kuramının yerini alacak olan genel görelilik kuramı-

nı geliştirdi. Newton'un kendi kuramını yaymasıyla, Einstein'ın kendi kuramını yayması arasında, 26 milyar km seyahat ettim. Bu beni, Merkür'ün yörüngesinin Einstein'in kuramıyla doğru bir biçimde öngörüldüğünü görmenin yeterince yakınına getirdi. Bu yıllar boyunca elektron keşfedildi, Rutherford atomun büyük oranda boşluktan oluştuğunu keşfetti ve Bohr, atom kuramını şekillendirdi. Örneğin, atom ölçeğinde enerji ve momentum gibi şeyler, kesintili paketler halinde oluyordu. Eski Newton-Young tartışması, yani ışık parçacıklardan mı yoksa dalgalardan mı oluşur sorunu, bütün ihtişamıyla geri döndü; ben Güneş Sistemi'ne girene değin de, tartışma parçacıkların lehine yatışmamıştı. Foton adı verilen bu parçacıklar bir arada tıpkı dalga gibi hareket eder, bu da niçin bunların dalga gibi düşünüldüğünü gösterir. Yani Newton haklıydı, ama yanlış nedenlerle!

Ne heyecanlı bir yolculuk, yakın zamanlara gelmişsiniz gibi görünüyor...

Evet, 1950'ye gelindiğinde doğayı doğru biçimde betimleyen kuantum mekaniği sağlam bir şekilde kurulmuştu. Bildiğiniz gibi atom bombaları patlamıştı, giderek daha çok olacaktı. Beni anlamak için kullanacağınız bilgiyi yüzlerce yılda biriktirdikten sonra, onu ve onun soyundan gelenleri yok etme olasılığınızda yatan ironi tüylerimi ürpertti.

Burada bir başka ironi daha var, onu not etmeden geçemeyeceğim.

Nedir o?

Yok olmakla ilgili bir hayli kaygılı olduğunuz görünüyor, pek çoğumuzdan daha fazla; oysa sizin kadar büyük bir kuyrukluyıldız, eğer Dünya'ya çarparsa, yeryüzündeki bütün yaşamı mutlak olarak yok edecek kadar etkili olabilir.

Evet, yapabilirim. Ama sizin kendi kendinizi yok etmeniz çok daha büyük trajedi olur.

Haklısınız. Yolculuğunuza geri dönelim, bugüne geldiğimizde kuyrukluyıldızları artık çok daha iyi anlıyoruz, değil mi?

Evet. Fred Whipple, kuyrukluyıldızların "kirli kartopları" olduğunu ileri sürdü, bu takma addan çok fazla hoşlanmasam da,

daha iyi anlaşılmak içimi ısıttı. Ayrıca yıldızlara minnettarım, somurtkan, yeşil gözlü bir asteroit olmadığım için.

Kuyrukluyıldızlarla asteroitler arasında büyük farklar olduğunu görüyorum. Ne zaman Güneş Sistemi'mize girdiniz?

Sonraki 20 yıl boyunca, 40 AB'den 20 AB'ye kadar yol aldım; Uranüs'ün Güneş'e uzaklığı kadar, oraya 1980'lerin sonuna doğru vardım. Bu dönemde, birkaç köklü gizem aydınlığa kavuştu. Daha sonraki söyleşilerin bir kısmında bunları tartışacağınızı düşünüyorum.

Anladığım kadarıyla, fizikte hâlâ birkaç temel ve çözülmemiş problem olduğuna inanıyorsunuz.

Kesinlikle.

Bu yolculukta dikkatinizi çeken şeyler nerede ortaya çıktı?

Ben Güneş Sistemi'ne girerken, doğaya bakmanın yeni ve derin yöntemlerinin geliştirilmesine başlanıyordu. Parçacıklar, sicimler olarak görülüyordu, farklı salınım tarzları farklı parçacıklar olarak yorumlanıyordu. Bu yeni sicim kuramı bana Pisagor'u ve onun sicim üzerine deneylerini ve bu deneylerden elde ettiği sonuçları gezegenlerin uzaklıklarına genelleştirmesini düşündürttü. Şimdi sicim kuramları, benzer bir biçimde şunu iddia ediyorlar: Titreşen sicimlerin üsttonlarının uyumlu ilişkileri, bütün doğayı oluşturan farklı temel parçacıklardır. Merak ediyorum ışığın titreşen zerrecikler olduğunu ileri süren Newton bu konuda neler düşünürdü. Her neyse, 1994'te Güneş'ten 10 AB uzaklıktaydım.

Bu yaklaşık olarak Satürn'ün Güneş'e olan uzaklığı kadar, değil mi?

Evet, saatte yaklaşık 50.000 km hızla seyahat ediyordum ve sıcaklığım sıfırın altında 300 dereceydi. Bu sıcaklık, sıvı azotun kaynama noktasının üzerindedir; her zamanki gibi soğuktum, belirli gazlar çoktan buharlaşmaya başlamıştı ve yörüngemde benimle birlikte yolculuk ediyorlardı. Fermi Lab'da üst kuark üretildi ve gözlendi; çok geçmeden ben de keşfedilecektim. Fermi Lab'ın keşfi, bir süredir inanılan, doğada altı farklı kuark bulunduğu düşüncesini doğruladı. Ama maddenin neden altı temel

yapıtaşı olduğuna kimse yanıt veremedi. Jüpiter'in yakınlarına gelmek için 5 AB'den daha çok yol almam, iki yıldan daha az sürdü. Sıcaklığım sıfırın altında 233'e yükselmişti, giderek bendeki daha çok gaz süblime oluyordu, sonunda Alan Hale ve Thomas Bopp tarafından keşfedildim. Jüpiter yörüngemi değiştirdi ve periyodumu 2380 yıla düşürdü; bu da beni çok memnun etti. 1997'de, Güneş'ten 1 AB uzaktaydım ve sıcaklığım 45 dereceye yükselmişti.

Fahrenheit olarak mı?

Evet, sıfırın üzerinde 45 derece Fahrenheit. Bu aynı zamanda, Dünya'nın ortalama sıcaklığıdır. Beni terk eden parçacıklar, çekirdeğimden milyonlarca kilometre geri itildiler. Kimisini kaybedeceğim, kimisini Güneş'in yakınından ayrılırken yeniden yakalayacağım.

Yolculuk periyodumun yalnızca yüzde 1'ini Güneş Sistemi'nin sınırları içinde geçirmiş olacağım, bunun da yalnızca onda birini Jüpiter'in yörüngesinde. Bu kısa sürede Dünya'da gördüklerim yalnızca bir fotoğraf karesi gibidir.

Geri dönecek misiniz?

Evet, 3187 yılında geri döneceğim; neler göreceğimi şimdiden merak ediyorum. Eminim ki, fizikte günümüzün deneyleri ve kuramları, o dönemde arkaik görünecek. Yıllar önce, birçok düşünür için temel soru, "Neden altı gezegen var?" sorusuydu. Şimdi, gezegen sayılarının önemsiz olduğunu söylüyoruz, Güneş Sistemi'nin oluşumu sırasındaki bir kaza sadece. O soruyu önemsemiyoruz bile. Artık yeni bir soru onun yerini aldı: "Neden altı kuark var?" Geri döndüğümde, bu son soru da reddedilmiş mi olacak, acaba yerini yeni biri mi almış olacak... Belki de soru kesin olarak yanıtlanmış olacak. Dönmek ve öğrenmek için sabırsızlanıyorum!

Söyleşi için bize ayırdığınız zamana teşekkür ederiz, çok önemli bilgiler verdiniz.

Benim için bir zevkti. Umarım gelecek sefer yakınınızdan geçerken de böyle bir fırsat yakalarız.



Bir sarmal gökadayla söyleşi

Gökadaların (galaksilerin) uzak durmaktan hoşlandıklarını biliyorum, bu nedenle söyleşiye katıldığınız için tekrar teşekkür ederim.

Memnuniyetle katıldım.

Çok sayıda yıldızdan oluştuğunuzu biliyorum, bir gökadada kaç yıldız vardır?

Aslında ben yıldızların toplamından daha fazlasıyım.

Başka nelerden oluşuyorsunuz?

Sizi atomların toplamı olmakla itham etsem, nasıl hissederdiniz?

Pekâlâ, ama özünde atomlardan oluşuyorum...

Ruhunuz yok mu, kalbiniz yok mu?

Elbette var, ama...

Aması maması yok. Nasıl ki, siz atomların toplamından daha fazlasıysanız, ben de yıldızların toplamından daha fazlasıyım.

Tabii ki haklısınız. Densizlik ettiğim için kusuruma bakmayın, amacım sizi küçük görmek değildi. Bize kendinizden söz etmek ister miydiniz?

Elbette, gördüğünüz gibi, bir uçtan bir uca yaklaşık 100.000 ışık yılı uzunluğundayım ve orta bölgemdeki göbeğim hariç düz gibiyim. Buna ek olarak, en basitinden söylersek, çevremde geniş bir küresel dağılım gösteren büyük bir halem var.

Işık yılı, ışığın bir yılda seyahat ettiği uzaklık mıdır?

Evet, yaklaşık olarak 9,5 trilyon kilometredir. Yaklaşık 10 milyar yıldız, geniş hidrojen bulutları, kara delikler, kırmızı devler, beyaz cüceler, sayısız Güneş Sistemi, yıldızsız devasa gezegenler, nötron yıldızları, pulsarlar, göremediğiniz madde, manyetik alan ve zengin yapılar içeriyorum; en belirgin özelliğim de, büyük sarmal kollarımdır.

Nasıl ve nerede biçimlendiğinizden söz eder misiniz?

Her şey Evren çok gençken ve hızla genişliyorken başladı. O zamanlar, yani yaklaşık 10 milyar yıl önce, Evren büyük oranda hidrojen, biraz helyum ve önemsiz birkaç şeyden daha oluşuyordu; hepsi bu kadardı. Evren çok sıkıcı olacakmış gibi görünüyordu; sürekli genişlemekle meşgul karanlık bir uzay. O ilk günlerden bugünkü koşullarımızı tahmin etmek, daha ağaç dikilmeden, yaprağının nereye düşeceğini öngörmeye benziyor.

Sonra ne oldu?

Evren genişlerken içindeki hidrojen düzgün bir dağılım göstermedi. Bazı bölgelerde toplanmıştı; buralarda öteki bölgelerdekinden yalnızca küçük bir miktarda daha yoğundu.

Plajda insanların gruplaşması gibi mi?

Evet, bir farkla, atomlar doğanın yasalarını izler, toplumsal yasaları değil.

Tabii ki, peki sonra ne oldu?

Sonra Evren'in genişlemesi önemsiz hale geldi; yüksek yoğunluklu bölgeler, kendi kütleçekimi alanlarının etkisiyle şekillenmeye başladılar. Tabii ki, iç içe geçmiş şekillenmeler vardı; böylelikle gökada oluşurken, yıldızlar ve güneş sistemleri de oluştu.

Yani oluşumunuz böylece tamamlandı?

Hayır, henüz değil. Bu gökada küçüktü ve ilk gökadaların çoğu gibi, yalnızca yaklaşık 50 milyon güneş kütlesindeydi. Bununla birlikte, yakın çevresinde onun gibi çok sayıda gökada vardı. Bunlar giderek birbirlerine yakınlaşmaya başladılar. Birkaç milyar yıl içinde de bütünleştiler ve... İşte karşınızdayım.

Görüyorum, ama sizin büyük sarmal kollarınızı da merak ediyorum.

Çok hoşlar, değil mi?

Kesinlikle. Onları orada tutan nedir?

Düz düşünüyorsunuz.

Elimden gelenin en iyisini yapmaya çalışıyorum.

Hayır, demek istediğim sarmal kollarımın, bir balerinin dönerken açılan kolları gibi olduğunu düşünüyorsunuz.

Öyle değil mi?

Onunkiler öyle, benimkiler değil. Gerçekte olan şudur: Çevremde bir yoğunluk dalgası yayılır, bu sırada gazları bir bölgede sıkıştırır, bir başkasında seyreltir. Yıldızlar bir sarmal kol bölgesine girerken yavaşlarlar ve birbirlerine doğru itilerek yakınlaşırlar. Bu harika süreç, yeni yıldızların doğumunu tetikler.

Yoğunluk dalganızın ses dalgası gibi olduğunu düşünmek, doğru olur mu?

Kesinlikle, bir araya gelen ya da uzaklaşanların moleküller yerine yıldızlar olduğunu düşünün. Sıcak hava balonuna bindiğinizi ve kıyıda kırılan dalgaların resmini çektiğinizi de hayal edebilirsiniz. Her resim, dalgaları gösterecektir, ama onlar kesinlikle sudan katı yapılar değildir.

Anlıyorum, ama yıldızlar gökadanın merkezinin çevresinde dönmezler mi?

Büyük oranda doğru, ama şişkin merkez bölgemde, tam bir karmaşa egemendir. Yıldızlar durmaksızın değişen bir ortamda zikzak yaparak ilerler; sayısız çarpışmalar yaşanır; yamyam kara delikler, uzanabildikleri her şeyi yerler; sıcak gazlar, X-ışınları yayarlar. İşte, durum budur. Bütün ayrıntıları ben bile izleyemiyorum.

Merkezdeki şişkin bölgenin dışında her şey daha mı sakindir?

Evet, o dış bölgelerde, yıldızlar basitçe, merkezimin çevresinde dönerler; bu gezegeninizin Güneş'in çevresinde dönmesini andırır.

Bir yıldızın yörüngesini tamamlaması ne kadar sürer?

Uzaklığa bağlı, ama örneğin Güneş'inizin bir tam yörünge oluşturması, iki yüz milyon yıl sürer. Daha uzaktaki yıldızlar daha uzun sürede döner. Ama tam da bu noktada size büyük bir

gizem sunacağım; zaten gözünüzü benden alamamanızın nedenlerinden biridir.

Nedir bu gizem?

Bu gizem yalnızca gökbilimcileri onlarca yıl boyunca şaşkına çevirmekle kalmadı, aynı zamanda kuramsal fizikçilerin çalışmalarında da asıl besleyici damar oldu. Kuramsal fizikçiler, süpersicim kuramından büyük birleşik kurama kadar, kuramlarına inandırıcılık sağlayan bu gizemi kullanarak, büyük yol kat ettiler.

Bana gizemin ne olduğunu söyleyebilir misiniz?

Bu sahip olduğunuz en büyük muammalardan biri.

Lütfen,

Tamam, size hikâyeyi anlatıyorum. Yıllar önce, benim kütlemi saptamak için, çevremdeki uzak yörüngelerde bulunan yıldızların hızını ölçmüştünüz.

Hızlarını ölçebildiğimizi bilmiyordum.

Evet, zor olmadı; Doppler etkisini kullandınız.

Doppler etkisi diyerek, dalga boyundaki değişimi mi kastediyorsunuz? Tren giderken düdük sesinin pesleştiğini duyarız, bu da daha uzun dalga boyuna karşılık gelir.

Evet ve aynı ilke ışık için de geçerlidir. Yıldızların neden oluştuğunu bildiğinizden beri, ışığın dalga boyunun ne olacağını da biliyorsunuz. Yıldızlar size doğru gelirken, daha kısa dalga boyuna sahip gibi görünürler, maviye kayarlar; ama sizden uzaklaşırken, daha uzun dalga boyuna sahip gibi görünürler, buna da kırmızıya kayma denir. Aslında hız kırmızıya ya da maviye kayma miktarıyla orantılıdır; işte bu sayede hızı ölçersiniz.

Peki, onların hızını biliyorsunuz, ama bunu gökadanın kütlesini elde etmek için nasıl kullanıyorsunuz?

Siz hesapladınız, ben değil. En azından Kepler yaptı. Gezegenlerinizin Güneş çevresindeki yörüngesini analiz ederek, uzaklığın küpünün yörüngesel periyodunun karesiyle orantılı olduğu ve kütlenin orantısallık sabitine dahil olduğu sonucuna ulaştı. Aklıma gelmişken, bunun her zaman sizin gelişiminizde bir dönüm noktası olduğunu hissetmişimdir. Her günlük gazetenin manşetine bu eşitliği neden çıkarmadığınızı anlayamıyorum.

Tirajı düşük olur.

Tirajı yükseltecek olan nedir?

Onlar Hollywood'un yıldızlarıyla ilgilenirler, göklerdeki yıldızlarla değil. Yörüngenin yarıçapıyla periyodunu bilen Kepler'in, Güneş'in kütlesini öngördüğünü söylediniz. Bu gökadalarda da geçerli midir?

Evet, bütün yapmanız gereken şey, optik ölçümlerden bir yıldızın yörüngesinin yarıçapını bulmak, hızdan periyodu hesaplamaktır. Buradan da gökadanın kütlesine ulaşırsınız.

Peki, gizemli olan nedir?

Kepler yasalarına göre, uzaklık arttıkça ya da merkezimden daha uzaktaki yıldızlarda, periyot daha uzun olmalıdır, değil mi?

Doğru.

Bunun kısmi nedeni, yıldızların daha yavaş ilerlemesinden dolayı periyodun uzamasıdır. Örneğin, Merkür Güneş'inizin çevresinde saniyede yaklaşık 50 km ile döner. Venüs'ün dönüşü saniyede 35 km ile, Dünya'nınkiyse yaklaşık 30 km ile olur. Zavallı, yaşlı Plüton ise yaklaşık saniyede 5 km ile gıdım gıdım ilerler. Uzaklaştıkça, yavaşlama artar.

Yani gökadada, en dıştaki yıldızlar, içteki yıldızlardan daha yavaş ilerlemeli. Bütün bunlar, Kepler'in yasasında mı öngörülüyor?

Evet, bu aynı zamanda Newton'un kütleçekimi kuramından ve Einstein'in genel görelilik kuramından da çıkarılır. Kuram çok iyi kurulmuştur.

Öyleyse, gizemli olan nedir?

Dıştaki yıldızlar içtekilerle aynı hızda ilerliyor! Bu sadece yıldızlar için de geçerli değildir. Dış bölgelerimdeki gazları da ölçebiliyorsunuz. Aslında, dış bölge ölçümlerinin çoğu, gaz ölçümleridir; fakat sonuç aynıdır. Belirli bir uzaklıktan ötesinde, yörüngemdeki bütün nesneler aynı hızla hareket ediyor.

Güneş'in yörüngesindeki gezegenlerden farklı olarak, uzaktaki nesneler, yakındakilerden daha yavaş ilerlemiyor, öyle mi?

Aynen. Eğer bir hız-uzaklık grafiği çizecek olsan, uzaklık arttıkça hızın düşüyor olduğunu değil, hızın aynı kaldığını, yani

düz çizgiyi görürsün. Bazı insanlar buna, düz rotasyon eğrilerinin gizemi diyor.

Bir dakika, dıştaki yıldızların daha düşük hızda olması gerektiğini ispatlayan kuramlara ne oldu? Einstein'ın adını da anmıştınız.

Bu konu üzerinde iki düşünce okulu oluşmuştur. Biri der ki, kuram yanlıştır, hepsi hepsi, gerçekte sadece Güneş Sistemi büyüklüğündeki şeylerde test edilmiştir, halbuki bir gökada bundan çok daha büyüktür. Dolayısıyla, kuramlar küçük ölçekte doğrudur, ama...

Güneş Sistemi büyüklüğüne küçük ölçek mi demek istediniz?

Evet, benim için Güneş Sistemi mikroskobik büyüklüktedir. Yani kuramlar küçük ölçekte geçerlidir, ama büyük ölçekte işe yaramamaktadır. Söz ettiğim bu okul, birçok öğrenci için çekici değildir.

Peki diğer okul ne diyor?

Karanlık madde.

Bunu size sormayı planlamıştım, biraz açabilir misiniz?

Memnuniyetle. Kurama göre, merkezimden uzaklardaki yıldızlar, daha yavaş dönmelidir. Böyle olmalıdır çünkü, kütlenin çoğundan uzaktadırlar. Kütleden uzakta olursanız, kuvvet zayıflar, kuvvet zayıflayınca, ivme de küçük olur. Sonuç olarak, yolculuklarını daha yavaş yaparlar.

Bunu açıklamıştınız.

Evet ama, daha yavaş ilerlemelerinin altında yatan nedenin, kütlenin çoğundan uzakta bulunmaları olduğunu vurgulama gereği duyuyorum.

Anlıyorum.

Öte yandan, eğer görünenden daha çok kütle varsa, bu görünmeyen madde, dıştaki yıldızların ve gazların gözlenen hızları için gereken ek kuvvetleri yaratıyor olabilir.

Bütün bu görünmeyen madde nerede?

Farklı kuramlar var; ama asıl olarak, görünmeyen maddenin bütün gökada boyunca, bütün halem boyunca yayıldığı düşünülüyor.

Bu düz rotasyon eğrilerini açıklayan görünmeyen madde, karanlık madde mi?

Evet.

Ve göremediğimiz için mi ona karanlık madde diyoruz?

Evet.

Ne kadar karanlık madde var?

Kuramlarınızın çoğu karanlık madde miktarının, görünen madde miktarından 10-20 kat daha çok olduğunu öngörüyor.

Karanlık maddenin bildiğimiz maddeden daha mı çok olduğunu söylüyorsunuz?

Çok daha fazla.

Bu inanılmaz. Karanlık madde neden oluşmuştur?

İşte, büyük ikramiyeyi kazandıracak sorumuz da budur.

Bugünlerde buna beş yüz milyar sorusu deniyor.

Her neyse, bu fizik ve gökbilimde yanıtlaması en zor sorulardan biridir.

Neden bilinen bir şey olamıyor, mesela hidrojen gibi?

Benim milyarlarca yıl yaşında olduğumu hatırla. Böylesi devasa miktardaki hidrojen ya yıldızlara çökmüş olurdu ya da bir şekilde sıcak kalarak kendini ayrı tutmuş olsaydı, zaten görürdünüz. Bu durum diğer sıradan maddeler için de geçerlidir.

Peki ya bizim Jüpiter benzeri büyük gezegen tipi nesnelere çökmüşse?

O zaman çok sayıda Jüpiter olurdu.

Ya kara delikler, onları göremiyorsunuz değil mi?

Evet, görebilirsiniz; kara delikle söyleşinizi hatırlayın. Gazların kara deliğin içine düşerken yaydıkları X-ışınlarını görebilirsiniz.

Evet, ama yıldızlar kadar parlak değillerdir, eğer boş bir bölgede olsalardı, orada içlerine düşecek herhangi bir gaz olmazdı...

Evet, haklısınız; ama biz gökadalarda dikkate değer miktarda gaz ve toz bulutu bulunur. Yine de söylediğin şey olasıdır. İşin özü, karanlık maddenin çeşitli baryonik nesnelerden oluşuyor olabileceğini ileri süren spekülasyonlar ve kuramlar vardır.

Baryonik nesneler?

Proton ve nötron içeren sıradan madde demenin fantastik bir yolu. Neyse, bu nesnelere Macho da[1] diyebilirsiniz, Büyük Kütleli Yoğun Hale Nesneleri.

Evet, programımda bir Macho ile söyleşi yapmak da var, gerçekleştirmeye gayret edeceğim.

Güzel, sizi itmesine izin vermeyin. Son 30 yılın bu problemine, bazı fizikçikler ve gökbilimciler belirli türdeki macholar ya da büyük gaz bulutları gibi kabul gören birtakım çözümler ortaya koydular; ama bazıları da bunların çözüm olamayacağını gösterdi.

Eğer karanlık madde sıradan madde olamıyorsa, ne olabilir?

Bu da gizemin bir kısmı. Kütleçekimi kuvveti açısından ele alındığında, sıradan madde gibi davranmalıdır; ama gözlemlerin her türlüsünde de görülemez kalmalıdır; optik, X-ışını, radyo dalgaları ve de başka gözlemlerde.

Peki ne olacak?

Karanlık maddenin bir wimp olduğunu düşünen büyük bir kesim var.

Wimpten oluştuğunu mu söylüyorsunuz?

Evet, siz bir wimp[2] ya da zayıf etkileşimli kütlesel parçacık olan nötralino ile söyleşi yapmıştınız. Adından dolayı kırgın gibiydi, nedenini anlamıyorum, oysa bu sadece bir kısaltma.

Kişiliğiniz gereği bunlara şaşırıyorsunuz. Karanlık madde wimp olabilir mi?

Evet ya da henüz gözleyemediğiniz bir başka egzotik parçacık.

Bütün bunlarla ilgili beni rahatsız eden bir durum var.

Söyleyin.

Gökadadaki maddelerin, dolayısıyla Evren'in yüzde 90'ı ya da daha fazlasının karanlık madde olduğunu söylüyorsunuz.

Evet.

Ve bu madde sıradan bir madde değil; wimp ya da başka bir tür egzotik parçacık.

---

1) Machos: Massive Compact Halo Objects; Büyük Kütleli Sıkı Halo Cisimleri. (ç.n.)
2) Wimp: Weakly Interacting Massive Particle; Zayıf Etkileşimli Kütlesel Parçacık. (ç.n.)

Evet.

Benim problemim işte burada.

Sadece bir tane probleminiz olmasına sevindim, devam edin.

Yüzlerce yıl boyunca sayısız deneyimden çıkartarak yarattığımız bütün fizik yasalarımız sıradan maddeyle yapılmış durumda. Benjamin Franklin ve uçurtmasından CERN hızlandırıcısına kadar. Eğer sıradan madde gerçekten azınlıktaysa, hatta küçük bir azınlıksa bütün bu yasalarımızın doğru olduğundan nasıl emin olabiliriz?

Mağarada oturan biri, sadece gölgeleri gözlemleyerek, gerçekliğin var oluşunun özüne nasıl varabilir diye soruyorsunuz.

Platon mu okudunuz?

Platon'u severim. Kendinize soru sormak zorunda kalırsınız, Evren hakkındaki her şeyi gerçekten öğrendiniz mi? Eğer öyle olsaydı fizikçilerin kuarkları aramayı bırakmaları ve uygulamalı konulara geçmeleri gerekirdi; örneğin daha iyi tost makineleri tasarlamaya çalışmak gibi. Yoksa büyük ve keşfedilmemiş bir denizin varlığını ortaya çıkaran ilk adımı mı attınız?

Sizin beni yanıtlayacağınızı umuyordum...

Size şunu söyleyeceğim: Bütün büyük keşifleriniz bilgisayarın keşfedilmesinden önceydi. Newton'un insanüstü işleri, elektrik ve manyetizma yasalarının keşfi, Einstein'in harika başarıları, kuantum mekaniğinin bütün formülasyonları; istatistiksel mekanikten söz etmiyorum bile.

Bilgisayar kullanmamamız gerektiğini mi söylüyorsunuz?

Hayır. Onu kullanın, geliştirin, ama ona tapmayın. Düşünmek zorundasınız. Ben çok şey gördüm, geçirdim; bütün Evren'deki en harika ve biricik eylem düşünmektir.

Bilgisayarlara çok fazla güvendiğimizi mi söylüyorsunuz?

Sadece bilgisayarlarınıza değil. Bana çok derin bir soru sordunuz, ben de yanıtlamaya çalışıyorum. Her şeyi ya da hemen hemen her şeyi bildiğini söylemek, bırakmaya, sorgulamayı sonlandırmaya karşılık gelir. Sorular olmadan yanıtlar da olamaz.

Anlıyorum.

Anlıyor musunuz? Hatırlayın, önemli olan şu ya da bu maddenin göreli bolluğu değildir. Ne ölçümlerin niceliği ne de araçların niteliği önemlidir. En önemli şey düşünmenin niteliğidir. Beni anlıyor musun?

Evet, bu aynı zamanda bu söyleşiye katılmanızın da nedeni, öyle değil mi?

Kesinlikle.

Benim için çok değerli bir deneyim oldu, teşekkür ederim.

Rica ederim.



Bir nötrinoyla söyleşi

Tanıştığımıza memnun oldum. Kendinizi kısaca tanıtarak başlayabilir misiniz?..

Öncelikle, beni bu söyleşiye davet ettiğiniz için teşekkür etmeme izin verin. Yaptığınız söyleşilerle ilgili söylentileri duyduğumda, benimle de iletişim kurmaya çalışacağınıza dair umutlanmaya başlamıştım.

Burada olduğunuz için neden bu kadar mutlu olduğunuzu sorabilir miyim?

Tabii ki... Doğa beni uzun süredir çok iyi saklıyordu; bir süredir unutulmaya, var olan, ama asla görülemeyecek bir şey olarak kalmaya mahkûm olduğumu düşünüyordum. Bu inanın ki Cassandra'nınkinden bile kötü bir kader. Neyse ki, büyük bir fizikçiniz, yaptığı deneylerden benim varlığımı çıkarsayabildi. Sonra çok zaman harcadınız; yaklaşık 20 yıl sonra beni sinekten yağ çıkarır gibi buldunuz.

Bu fizikçi Wolfgang Pauli miydi?

Evet, başka şeylerin yanında, 1930'ların başında nötron bozunması üzerinde de çalıştı.

Nötron bozunması?

Evet, radyoaktivitenin bir biçimidir. Nötron bozunması üzerinde çalışırken, nötronun proton ve elektrona bozunduğunu gözlemledi. Uranyum atomu size yarılanma ömrünü anlatmıştı, serbest nötronun yarı-ömrü yaklaşık 15 dakikadır.

Resimde yerleşeceğiniz en uygun yeri nasıl buldunuz?

Bu deneylerde bir sorun vardı, en önemli ilkelerinizden biri olan enerjinin korunumu ilkesini çiğniyorlardı.

Enerjinin korunumu derken ne demek istediniz?

Bu durumda bir nötrondan yola çıkarsınız. Nötronun bozunumdan önceki toplam enerjisi, bütün parçacıkların bozunumdan sonraki toplam enerjisine eşitti.

Evet, anlıyorum.

$E=mc^2$'yi unutmayın, dolayısıyla, enerji ile kütlenin her ikisini birden hesaba katmalıydınız.

Burada bir parantez açmanızın sizin için sakıncası olur mu? Belki, söz ettiğiniz ünlü eşitlik $E=mc^2$ hakkında konuşmak istersiniz?

Elbette. Enerji joule ile ölçülür. Örneğin, kullandığınız 100 watt'lık ışığı olan ampul, her saniyede 100 joule harcar. Bir kilogramı bir metre yukarı kaldırırken yaklaşık 98 joule'lük enerji harcarsınız.

Dinliyorum.

Karşılaştırma yoluyla, Güneş'in yaydığı enerji her saniyede yaklaşık 4×10^{26} joule'dür, sizin ampulünüzün yaydığı ışığın 4 milyon kere milyon kere milyon kere milyon katı.

Evet.

Işığın hızı da saniyede 3×10^8 m'dir.

Çok hızlı.

Sizin standartlarınıza göre, evet. Şimdi denklemi kullanabiliriz. Atom bombasından ve nükleer tepkimelerden maddenin enerjiye dönüştüğünü biliyorsunuz.

Evet, bunlar tamam.

Pekâlâ, dönüşüm $E=mc^2$'dir. Örneğin, bir kilogram maddeyi ışık enerjisine dönüştürmek isterseniz, 9×10^{16} joule'lük bir enerji elde edersiniz.

$E=mc^2$'yi kullanarak bu çarpım sonucuna mı ulaştınız?

Elbette, siz de deneyebilirsiniz.

Evet, aynı sonuca ulaştım.

Böylesi bir enerjiyi ancak ampulünüzü hiç kapatmadan 30 milyon yıl boyunca yakarak tüketebilirsiniz.

Bu kısa fizik dersi için teşekkür ederim. Enerjinin korunumundan söz ediyordunuz...

Proton + elektronun toplam enerjisinin, nötronun orijinal enerjisinden daha az olması sorundu. Tabii ki, $E=mc^2$'yi biliyorlardı, denklem hesaba katıldığında gizem ortaya çıkıyordu.

Enerji nereye gitmişti?

Bazı fizikçiler, enerjinin korunumunu araştırmaya giriştiler. Doğru olmayabileceğine yönelik spekülasyonlar üretmeye başladılar. Enerjinin toplam miktarı çok küçüktü.

Ne kadar küçük?

Bir joule'ün 10 trilyonda biri kadar.

Bayağı küçükmüş...

Tek bir yağmur tanesi, fırtınada hiçbir şey değildir; ama sonuçta ortaya çıkan sel yıkıcı olur.

Eğer enerji korunuyorsa, bu kayıp enerjiyi nasıl açıklamalı?

Pauli kayıp enerjiyi taşıyan başka bir parçacığın olması gerektiği sonucuna ulaştı. Ancak bu kuşkuyla karşılandı, çünkü bakılmasına rağmen başka bir parçacık gözlenmemişti.

Pauli bunu nasıl hesapladı?

Saptanmamış olduğum için ancak çok güçlü dedektörlerle gözlemlenebileceğim sonucuna ulaştı. Daha teknik bir dille söylersek, maddeyle etkileşimim çok zayıftır.

Zayıf kelimesi, siz ve diğer parçacıklar arasındaki kuvvetin zayıf olduğu olgusuna mı gönderme yapıyor, ya da bu olgu... Notlarımı gözden geçirmeme izin verin; evet, tamam, yoksa zayıf çekirdek kuvvetiyle etkileştiğiniz anlamına mı geliyor?

Her ikisi de doğru. Söyleşi yaptığınız nötralino gibi, ben de zayıf etkileşimli bir parçacığım. Bu vesileyle, nötralino ile konuşmanız çok hoşuma gitti, özellikle de simetri üzerine tartışmanız. İyi iş çıkarmışsınız.

Teşekkürler. Kendinizi zayıf etkileşimli parçacık olarak tanımladığınızı fark ettim, ama nötralino zayıf etkileşimli büyük kütleli parçacıktı. Bunun nedeni, nötralinonun büyük kütleli olması, sizin de olmamanız mı?

Pauli benim kütlesiz olduğumu varsaymıştı.

Bu nasıl olabilir? Enerjiniz var, ama kütleniz yok!

Bir parçacık kütlesi olmadan da enerjiye ve tabii momentuma da sahip olabilir. Burada tek bir koşul var; eğer parçacıkların sıfır kütlesi varsa, ışık hızında hareket etmeleri gerekir. Fotonlar kütlesizdir, bunun gibi başka parçacıklar da vardır.

Bir dakika bekleyin, $E=mc^2$'ye ne oldu; söz ettiğiniz koşula göre eğer kütle sıfırsa, enerji neden sıfır olmuyor?

O formül, p'nin momentumu gösterdiği, $E^2= m^2c^4 + p^2c^2$ şeklindeki daha genel bir formülün özel bir durumudur. Böylelikle eğer kütle sıfıra eşit olursa, parçacıkların hem enerjisi hem de momentumu olabilir. Her ikisi de ölçülebilir.

Pekâlâ, size inanacağım. Yani siz, foton gibi kütlesiz bir parçacıksınız...

Ne yazık ki bunun tamamına katılamayacağım.

Öyleyse kütleniz var.

Bunun da tamamına katılamayacağım.

Fazla ketum davranıyorsunuz.

Özür dilerim, bu söyleşiyi yapmadan önce, bir SNOB olduğumu kabullenmeliydim. Bu daha çok konuşmamı yasaklıyor.

Bir SNOB mu?

Doğal Nesneler Derneği (The Society for Natural Objects, SNOB). Bizden gerçekten bilgi elde edeceğiniz söylentileri yayıldığında, anlatacaklarımızı sınırlamak konusunda hepimiz anlaşmıştık. Nötralino bunu size üstü kapalı söylemişti.

Eğer kütleniz olsa, bunu bana söylemeyeceksiniz yani?

Söyleyeceğim. Eğer kütlem varsa, herhangi bir başka parçacıktan daha küçüktür ve elektronun kütlesinin yalnızca birkaç milyonda biri kadar hatta daha azı olacaktır. Beni bir kenara bıraktığınızda, en küçük kütleli parçacık elektron olacaktır.

Teşekkürler. Çok sayıda nötrino olduğunu anladım.

Evet, her yıldız her gün çok sayıda nötrino yaratır. Aslında her saniye Güneş'inizin yarattığı nötrinoların bir trilyonu içinizden geçer.

Bunu bilmek rahatsızlık verici.

Eğer başka bir tür parçacık olsaydı, rahatsızlık hissedebilece-

ğiniz kadar uzun süre boyunca buralarda olamazdınız.

Haklı olduğunuza eminim, ama yalnızca gündüzleri bombalandığımı bilmek daha rahat uyumamı sağlayabilir.

Özür dilerim ama, geceleri de gündüz olduğu kadar çok bombalanırsınız.

Ama biraz önce nötrinoların Güneş'ten geldiğini söylemiştiniz.

Evet ve geceleri tıpkı bir asteroitin uzayı yararak ilerlemesi gibi Dünya'nın içinden geçerler.

Eğer her şeyin içinden bu kadar kolaylıkla geçebiliyorsanız, sizi nasıl ölçeceğiz?

Temizleme sıvısıyla.

Temizleme sıvısıyla. Şimdiden sonra duyduğum hiçbir şey benim için sürpriz olmayacak, ama altın ya da kurşun demenizi bekliyorum, hatta su.

Oh evet, suyu, galyum gibi şeyleri ve hatta sıvı helyumu da kullanabilirsiniz.

Sıvı helyum, bu daha da hoş. Bu temizleme sıvısı konusu bana biraz garip geldi.

Öyleyse bunun nasıl çalıştığını açıklayayım. Şunu aklınızdan çıkarmayın, nötrino, nötronun proton ve elektrona bozunumu sırasında oluşuyordu. Pekâlâ, doğada sıklıkla, erkek kaz için kullandığımız sosla, dişi kazı da terbiye ederiz.

Bu ne demek?

Bir nötrinonun bir nötrona çarpıp proton ve elektron oluşturması demek. Aynı fizik, aynı etkileşim. Tahtanızı kullanabilir miyim?

Tabii ki...

Son kez teknik açıklama yaptığımda, gözleriniz kapanır gibi oldu ve saatinize baktınız.

Hayır, gerçekten ilgimi çekiyor, devam edin.

Teşekkürler. Nötronu temsil eden n, protonu temsil eden p, elektronu temsil eden e ve nötrinoyu temsil eden ν'yi alalım, anlaştık mı?

Şimdiye kadar, evet.

Nötron bozunumu şöyle yazılır: $n \rightarrow p + e + \nu$

Sizi takip ediyorum, peki ama serbest kalan enerjiye ne oldu?

Çok dikkatlisiniz. Ben sadece bozunum sürecinde yer alan parçacıkları kaydediyorum. Eklemem gereken başka bir teknik nokta, beta bozunumunda nötrinoların gerçekten anti-nötrino olduğu, fakat bunun ayrıntısına girmemeyi tercih ederim, girersek çıkamayız.

Tamam.

Sırası gelmişken, biz aynı zamanda bu tepkimeye beta bozunumu deriz. Aslında doğada, az sayıda tek yönlü yol bulunur. Bu noktadaki durum, beta bozunumunun tersidir; bu, bir nötrino bir nötrona çarpar ve ondan proton ve elektron yapar demenin gösterişli bir yoludur. Tekrar tahtaya gidersem, tepkime şöyledir: $\nu + n \rightarrow p + e$

Akla uygun geliyor, ama ben hâlâ temizleme sıvısını merak ediyorum.

Merak ettiğinizi biliyorum. Sorun, tahtaya yazdığım son tepkimenin gerçekleşmesinin olanaksızlığından kaynaklanıyor. Bir başka deyişle, tek bir tepkimenin oluşması için bile, çok büyük miktarlarda nötrinonun çok sayıdaki nötronun içinden geçmesi gerekir.

Yani çok sayıda nötrona ihtiyacımız var.

Evet. Tepkimenin gerçekleşme olasılığı, klor atomlarının içinde biraz daha yüksektir. Nötrino klor çekirdeğine dalabilir, nötronların birine vurabilir ve onu protona dönüştürebilir. Elektronlar kendi işlerini yapar, fakat klorun proton sayısı 17'den 18'e çıkmıştır.

O zaman artık klor olmaktan çıkar.

Doğru, gaz halinde argona dönüşür.

Ve temizleme sıvısında klor bulunur!

Evet, tetrakloretilen. Ray Davis ve grubu, Güney Dakota Eyaleti'ne bağlı Homestake'de bir madenin derinliklerine yaklaşık 400.000 litre tetrakloretilen yerleştirdi.

Neden bir madenin derinliklerine yerleştirdiler?

Tetrakloretilenin içine yalnızca nötrinoların girdiğinden emin olmaları gerekiyordu. Bildiğiniz gibi diğer parçacıklar, kozmik ışınlardan güneş rüzgârlarına her tür tepkimeyi tetikleyebilir. Madenin derinliklerinde, Dünya diğer parçacıklar için bir kalkan işlevi görür. Elbette nötrinolar onun içini görür.

Böylelikle, biz de argonları mı saptarız?

Evet.

Ne kadar?

Ayda birkaç atom.

Ayda birkaç atom mu! Bu ne kadar da küçük bir sayı, korkunç!

Pekâlâ, orada 20 yılın üzerinde kaldılar ve düzenli bir akış yolu buldular, bizim deyişimizle damla damla biriktiler.

Böylelikle deney başarılı oldu.

Evet ve hayır.

Her şey giderek zorlaşıyor. Yanıtınızın "evet" kısmı, argonun başarıyla saptanması, peki "hayır" kısmı ne?

Yüzleştiğiniz en büyük gizemlerden birine yol açtı.

Bir dakika bekleyin, gökada büyük gizemlerden biri olarak, dönüş eğrilerinin düzlüğünü ya da karanlık maddenin doğasını açıklamıştı...

Gizemler iyidir.

Belki de, ama gizemler giderek artıyor gibi görünüyor. Sizin kütlenizle ilgili sorunun yanında, nötrinolarla ilgili gizem nedir?

Problem, Davis ve grubunun ölçümündeydi; ortalama günde bir nötrinodan fazlasını yakalayamıyorlardı. Bununla birlikte, kuram, 400.000 litre temizleme sıvısı için, günde yaklaşık iki tane olması gerektiğini öngörüyordu. Buna, güneş nötrino problemi dendi. Oldukça can sıkıcıydı.

Başka bir maddeden yapılma nötrino dedektörleri de kullanıldı, değil mi?

Evet. Davis'in aradığı nötrinolar yüksek enerjili güneş nötrinolarıydı. Güneş'in çekirdeğinde, çok miktarda tepkime meydana gelir. Hidrojen füzyon tepkimesiyle helyuma dönü-

şür ve bu arada gözlediğimiz enerjinin büyük bölümü ortaya çıkar. Fakat Güneş'in çekirdeğinde başka tepkimeler de olur. Bu gerçekten eğlenceli bir yerdir. Küçük bir sürpriz hediye, bor atomlarının üretilmesidir. Bununla birlikte, bunların çok az nötronu olur ve olasılıkla bozunarak berilyuma dönüşürler. Bu bozunum da, temizleme sıvılarında yakalanacak olan nötrinoları üretir.

Bunlardan daha az enerjisi olan nötrinolar var mı dediniz?

Evet, hidrojen füzyona maruz kalarak helyuma dönüşürken, biz de oluşuruz. Bu nötrinoların daha düşük enerjisi vardır, diğer maddelerle daha iyi yakalanır. Örneğin, Roma'daki galyum deneyiniz var, kısaca GALLEX (GALLium EXperiments); bu deneyde nötrinonun galyumun germanyuma değişimini uyardığı gözlenmiştir, bu tam da klorun argona dönüşmesine benzer. Temel fark, germanyumun daha düşük enerjili nötrinolara duyarlı olmasıdır. Dünyada sürdürülen, bir elin parmakları kadar güzel deney vardır.

Nötrino miktarı doğru olarak ölçülebildi mi?

Öngörülen miktarın yarısı ya da biraz daha azı ölçüldü.

Yani bütün deneylerde, kuramda öngörülen nötrino sayısının yalnızca yarısı mı ölçülebildi?

Bulmaca gibi, değil mi?

Bilinmez bilinmezi doğuruyor. Problemin doğru çözümünü bana anlatmaya istekli olduğunuzdan şüphe ediyorum...

Siz olsanız, en büyük gizemlerinizden birini yok eder misiniz? Ben sadece sizin fikirlerinizin bir kısmından söz edebilirim.

Söz ederseniz memnun olurum.

Birisi şudur: Güneş'in merkezinde sürüp gitmekte olanlara ilişkin kesin olduğunu düşündüğünüz kuramınız yanlıştır. Özellikle, güncel kuramın öngördüğünün yalnızca yarısı kadar nötrinonun gerçeklikte üretildiğini formüle eden bir kuramınız var.

Bu fikrin çok da ateşli bir taraftarı olmadığınız anlaşılıyor.

Ben meselenin bir tarafı değilim, ama standart Güneş modelinizin yanlış olduğuna inanacak insan azdır.

O zaman çözüm nedir?

Öncelikle, konuştuğumuz bütün karmaşık etkileşimlerin hepsini gerçekten dört parçacığın -nötron, proton, elektron ve nötrino- oluşturduğunun ayırdına varın. Hem nötronlar hem de protonlar, iki tür kuarktan yapılmıştır: yukarı kuark ve aşağı kuark. Böylelikle her şeyin en temelde yukarı kuarklar ve aşağı kuarklar, elektronlar ve nötrinolardan oluştuğunu söyleyebilirsiniz.

Parçacıkların fermiyon ve bozonlara değişimi tartışması üzerinde durmadık...

Doğru.

Yani, gördüğüm her şey, kendim, kanepe, yıldızlar, bu dört parçacıktan mı oluşur?

Evet.

Peki, parçacıkların değişimi bir yana, bütün Evren, kuarklar, eletronlar ve nötrinolardan mı oluşur?

Aslında, doğanın o kadar da basit olmadığını söylemeliyim.

Bunu söylemenizden korkuyordum.

Parçacık ailesini düşünmek iyidir. Özellikle bütün Evren'i oluşturan, üzerinde tartışmaların sürdüğü dördü, ilk aileyi oluşturur. Hayır, bu çok politik oldu, bir aile diyelim.

Başka aileler de var mı?

Evet. Tılsımlı kuarklar var, acayip kuarklar var, ağır elektron gibi olan muonlar ve diğer nötrinolar var. Nötrino konusuna bir açıklık getirmek için söyleyeyim, şimdiye kadar üzerinde konuştuklarımız elektron nötrinolarıydı; şimdi değindiğimse diğer bir nötrino olan muon nötrinosudur. Bu dört parçacık başka bir aileyi oluşturur.

Kaç tane aile var?

Üç tane, üçüncüsü alt ve üst kuarklardan yapılmıştır. Daha ağır bir elektron gibi diyebileceğimiz tao parçacağı ve tao nötrinolarıdır. Hepsi budur.

Diğer parçacıkları neden göremiyoruz?

Bozunuyorlar. Örneğin, muon bir elektrona ve bir çift hayalet gibi muon nötrinosuna bozunuyor. Muan nötrinolarının elekt-

ron nötrinolarından farklı olduğunu anlamak önemlidir, gücenmeyin ama belki adlandırmalarda birazcık daha yaratıcı olabilirdiniz. Her neyse, muon ya da tao nötrinosu, elektron nötrinosu gibi etkileşime açık değildir.

Bu noktada size bir kez daha inanacağım, geri dönersek, güneş nötrino problemi nasıl açıklanabilir?

Belki öne çıkmaya aday kuramlarınızdan birine göre, elektron nötrinoları, Güneş'in çekirdeğinden çıktıkları yolculuk sırasında, kuvvetlerce kontrol dışına çıkmaya zorlanır, ya muon ya da tao nötrinosundan birine dönüşürler. Böylelikle, dünyadaki dedektörlere ulaştıklarında, hiç fark edilmeden yolculuklarına devam edebilirler. Dünyada elektron nötrinolarının, muon ya da tao nötrinolarına değişiminin ölçümlerini yapmaya gayret ediyorsunuz. Şimdiye kadar şansınız yaver gitmedi.

Evet, bunun hakkında bir şeyler duymuştum. Sizin tanımladığınız kimlikteki değişimi, nötrino salınımı olarak mı adlandırıyoruz?

Evet, çünkü, kuramlarınıza göre, nötrinolar bir aile türünden diğerine değişebilir ya da salınabilir. Bu arada, size söylemeyi unuttuğum bir şey var.

Buyrun...

Kuramlarınıza göre, nötrino salınımları yalnızca kütlemiz varsa gerçekleşebilir.

Aha, yani kütleniz var...

Bunu söylemedim, hatırlayın, nötrino salınımı yalnızca bir kuram.

Pekâlâ, aklıma takılan bir şey daha var.

Buyrun, sizi dinliyorum.

Söylediğiniz gibi, nötrino salınımını bir yana bırakırsak, kütlesiz olduğunuzu varsayabiliriz.

Evet.

Aynı zamanda, Evren'de gördüğümüz maddeden daha çok madde olduğuna inanmak için, çürütülemez kanıtların olduğu anlatılmıştı bana.

Evet.

Belki her iki problemin birden yanıtını bulursunuz. Eğer kütleliyseniz ailenizi değiştirebilirsiniz, Güneş nötrino problemini çözersiniz ve görünmeyen kütleyi hesaplayabilirsiniz.

Belki, ama deneylerinizle kütlemin üst sınırını koydunuz; bazı kuramsal çalışmalara göre, izin verdiğim kütle, kifayetsiz kalacaktır, ama belki yardımı dokunabilir.

Bundan daha fazla ayrıntı vermeyeceksiniz sanıyorum.

Kusura bakmayın.

Peki, bu aydınlatıcı söyleşi için çok teşekkür ederim.

Benim için zevkti.



Bir hidrojen atomuyla söyleşi

Tanıştığımıza memnun oldum, bugün burada ortaya çıktığınız için teşekkürler.

Ben de çok memnun oldum.

Belki Evren'deki en özel atom türüsünüz, sadece en fazla bulunan atom değilsiniz; aynı zamanda yalnızca tek bir proton ve elektrondan oluştuğunuz için en basitisiniz de.

Bana göre çok bol olmakla en basit olmak el ele gider.

Bu yorumunuzu biraz açabilir misiniz?

Maddenin biçimlendiği ilk günlerde, proton ve elektronlar birbirlerine çok yakındılar, doğal olarak sonunda birleştiler. Arı ve çiçekler gibi.

İlk günler derken neyi kastediyorsunuz?

Zamanın başlangıcından birkaç binyıl sonrasını.

Zamanın başlangıcı mı?

Evren'in var olmaya başladığı zaman.

Anlıyorum. Aynı zamanda en hafif elementsiniz.

Evet ve beni kullanmak için hiç zaman kaybetmediniz.

Ne demek istediniz?

Tarih kurdu değilim; ama 1783'te, sanıyorum Lavosier, havanın yakılmasıyla nasıl su elde edilebileceğini göstermişti. Elbette yaptığı basitçe oksijen ve hidrojeni birleştirmekti.

Bütün olup biten bu muydu?

Hakkımda hiç kimsenin bir şey bilmediği zamanlardı. Adım kondu, kimya doğdu; iki ay içinde, hidrojen doldurulmuş bir balon, Champs de Mars'dan havalandı.

Büyüleyici.

Evet, pür bilimlerin iki ay içinde pratiğe uygulanması, sizin güncel teknolojinizin ötesinde de güzel bir şeydir.

Evet, yeterince ironik. Bu hakkınızda okuduğum bir alıntıyı aklıma getirdi, ama yazarını hatırlayamıyorum.

Benim hakkımda mı?

Evet, "Hidrojeni anlamak fiziğin bütününü anlamaktır" diye okumuştum.

Bir fizikçi olmalı.

Evet ama, kim?

Bilemiyorum, ama ondan hoşlandım.

Hoşunuza gidebilir, bu konu üzerinde biraz duralım ister misiniz?

Evet, biraz. Alıntınızın azıcık abartılı olabileceğini düşünüyorum. Bununla birlikte, başka hiçbir varlık, doğanın sırlarını benim kadar ortaya çıkarmamıştır.

Doğanın sırlarını nasıl ortaya çıkardınız?

Birkaç yolla. Örneğin, bildiğiniz gibi hidrojeni ısıtırsanız, başka herhangi bir şey gibi, görünür ya da görünmez ışık yayar.

Evet.

19. yüzyılda, benden yayılan enerjinin sürekliliği olmadığını fark ettiniz.

Bunu açıklayabilir misiniz?

100 watt'lık küçük ampulünüz süreklilik gösteren bir tayfta ışık yayar. Bir prizmanın içinden ona bakarsanız, kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi ve mor renkleri görebilirsiniz. O tayfa dikkatle bakarsanız, ışığın bazı renklerini her zaman görebilirsiniz. Kırmızı ve turuncu arasında siyah bölgeler yoktur, boşluklar yoktur, kademeli bir değişim vardır. Süreklilikten kastettiğim budur.

Sizin yaydığınız ışık sürekli değil mi?

Tam olarak değil, büyük oranda boşluklar var. Eğer dikkatli bakarsanız, sadece dört renk görürsünüz. Güzel bir kırmızım

var, görkemli bir sarı-yeşilim ve hafiften farklı iki morum var; başka da bir şey yok. Harika bir görüntü. Sizin görebildiğiniz gerçek renkler, tayf çizgileri olarak adlandırılır. Her bir elementin, kendine özgü, biricik tayf çizgisi vardır. Fizik ya da astronomi derslerinizin olumlu bir yanı, öğrencilerin korkunç bir güzellikteki ışık gösterilerini görmelerini sağlaması.

Sanırım o gün her şeyi bir yana bırakıp o ışık gösterisini görmeye giderim. Bu tayf çizgilerini görebilmek için bir prizma kullanmak zorunda mıyım?

Evet ya da basitçe çok sayıda küçük yarıkları olan bir kırınım ızgarası da aynı sonucu verir. Çünkü yalnızca belirli renkler ya da dalga boyları gözlenebilir. Siz buna kesikli tayf diyorsunuz.

Bu kesikli tayf nasıl ortaya çıkar?

Bunun yanıtını bulmak için fizik kulaklarını dört açmış, filozoflar keşfetmek için yörüngeye girmiş; elektronik aletlerinizin tümünün temelinde işte bu bilimsel keşif yatar.

İhtişamlı bir yanıt.

Bu sadece işin yarısı.

Biraz daha ayrıntıya girebilir misiniz?

Geriye, 20. yüzyılın başlarına gidelim. Benim de aralarında bulunduğum atomları, elektronları puding topaklarının dış yüzeyine yapışmış kuru üzüm tanelerine benzeterek görselleştirdiniz. 1913 yılında, Rutherford atomun büyük oranda boşluk içerdiğini, protonların merkezde, elektronların da onlardan epeyce uzakta olduğunu keşfetti.

Minyatür bir Güneş Sistemi gibi mi?

Böyle de denebilir, ama bu sonun başlangıcı oldu.

Neyin sonu?

Fiziğe dair bildiğiniz şeylerin sonu.

Bu benzetmede yanlış olan ne?

Protonların pozitif, elektronların negatif yüklü olduğunu ve bundan dolayı birbirlerini çektiklerini biliyorsunuz, değil mi?

Doğru.

O günün en iyi kuramının öngördüğü şey, atomların nanosaniyeden daha kısa sürede çökmesi gerektiğiydi; yani bir saniye-

nin bir milyonda birinin binde birinde. Gene de atomlar, milyarlarca yıldır etrafınızda duruyor, bundan dolayı bu kuramınızın oldukça zayıf bir temeli var.

Bu durumda bir kuramın ortaya çıkmış olduğunu tahmin ediyorum.

Evet ve yeni bir kuram değildi, doğanın betimlenmesinin bütünüyle yeni bir yoluydu. Çok sayıda eski ve kutsallaştırdığınız kavramı yıktı; böylelikle, o kadar önemsediğiniz bilgiyi asla üretemeyecek bir Evren'i arkanızda bıraktınız.

Söz ettiğiniz kuantum mekaniği kuramı, öyle değil mi?

Evet.

Bir dakika geriye gidip size bir şey sorabilir miyim?

Elbette.

Bana, Dünya ve Güneş ile birlikte aynı türden bir durumdaymışız gibi geliyor. Onlar da birbirlerini çekiyor, fakat Dünya uzun süredir kendi yörüngesini koruyor. Protonun yörüngesindeki elektronun da aynı biçimde olduğunu neden düşünmüyoruz?

Çünkü elektron, taşıdığı yükten dolayı enerji yayar. Enerjiyi korumak için protonla yaklaşması ve söylediğim gibi, bir nanosaniye içinde de protonun üstüne düşmesi gerekir. Öte yandan Dünya, ışınım yaymaz, en azından, dikkate alınacak miktarda yaymaz, böylelikle yörüngesi kararlı kalır. Ayrıca, unutmayın ki, bendeki elektronların ivmesini hesaplarsanız, Dünya'nın Güneş'e doğru hissettiği ivmelenmeden on trilyon kere trilyon kat daha büyük olduğunu bulacaksınız.

Hesaplayacağımı sanmıyorum, fakat kuantum mekaniği bu problemi çözdü mü?

Evet, fakat çok büyük bir bedel ödemeniz gerekti.

Nedir o?

Kuantum mekaniğinden önce, deterministik bir dünyanız vardı. Herhangi bir anda Dünya'nın hızını ve konumunu bilirseniz, gelecekte nerede olacağını da öngörebiliyordunuz. Aynı şekilde, odanın karşısına bir elma fırlatırsanız, nereye gideceğini öngörebiliyordunuz.

Bu hesaplar için klasik mekaniğin yasalarını kullanırız.

Evet. Aynı şekilde kimi şeylerin sürekliliği olacağını da düşünürsünüz. Örneğin, bir elektronun enerjisini, hızını ve momentumunu da bilmek isteyeceğinizi varsayalım. Özel olarak hızı ele alalım. Herhangi bir hıza sahip olacağını mı düşünürsünüz?

Evet.

Eski bir meşe gibi derinlere kök salan iki temel anlayış, doğanın deterministik olduğunu ve enerjinin de sürekliliği olduğunu söyler.

Kesinlikle.

Kuantum mekaniği her ikisini de reddeder.

Hadi ya!

Evet, bu kimi fizikçiler için can sıkıcı bir şeydi.

Söylediğiniz şey, bir hidrojen atomu içinde elektronun yerini belirleyemeyeceğimiz mi?

Bu doğru, yapabileceğiniz en iyi şey, belirli bölgeler içinde bulunma olasılıklarını belirlemek.

Belki gelecekte, daha duyarlı aletlerle, tam olarak doğruya ulaşabiliriz.

Hayır, bu, düşük çözünürlük ya da yetersiz ölçüm aletlerinin yol açtığı teknik bir problem değil. Orada ne kadar bilgi olduğuyla ilgili temel bir sınırlamadır.

SNOB'la yaptığınız anlaşmaya mı gönderme yapıyorsunuz, yoksa...

Hayır, bu ondan çok daha derin bir konu. En iyisi, bilginin aslında varolmadığını düşünmektir.

Yani biz, ya da siz, elektronun nerede olduğunu kesin olarak söyleyemeyiz, yalnızca bazı bölgelerde bulunabileceğine dair olasılık mı verebiliriz?

Evet, bunu söylememizin nedeni, doğanın deterministik değil, olasılıkçı olmasıdır. Bu arada bu, örneğin momentum gibi, ölçtüğünüz diğer şeyler için de geçerlidir. Gerçekte ne olduğunu tanımlayamazsınız, yalnızca bazı alanlar içinde olabileceğinin olasılığını verebilirsiniz.

Ama bütün fizikçiler buna katılmıyor, değil mi?

Şimdi katılıyorlar, ama bu anlayış, örneğin Einstein nedeniyle asla tam olarak oturmadı. Einstein doğanın olasılıklı olduğunu çürütmeye çabaladı, ama başaramadı. Bu çileden çıkma içinde, sıklıkla alıntılanan şu yorumda bulundu: "Tanrı zar atmaz."

Evet, bunu duymuştum. Kuantum mekaniğine göre, enerjinin süreksiz olduğundan da söz etmiştiniz.

Enerji, momentum gibi oldukça çok olan şeyler, sürekli değildir.

Bunu biraz açıklar mısınız?

Daha önce tiyatro ya da sinemaya gittiniz mi?

Evet.

Oturma yerlerinin A, B, C... diye numaralandığını varsayalım; A sahneye en yakın sıra olsun, sonra B gelsin, böyle devam etsin.

Peki.

Her bir oturma sırası, bozonunuzun belirlediği kuantum mekaniksel durumlar gibidir.

Bir bakalım, ah evet, demişti ki, "Doğa yasaları tarafından izin verilen yalnızca belirli enerjilere ve yalnızca belirli momentumlara sahip olabiliriz, vb. Bunların ne olduğunu açıkça belirttiniz mi; buna bizim kuantum mekaniksel durumumuz, kısaca durum denir."

Evet, doğa yasaları derken, kuantum mekaniğini kastetmiş. Şimdi, benzetme için hazır mısınız?

Hazırım.

Güzel. Demin varsaydığımız gibi, tiyatrodaki her bir sıra, kuantum mekaniksel durumdur ve siz de benim elektronum rolündesiniz. Elektronlarım herhangi bir durumda olabilir, bu sizin herhangi bir koltuğa oturabileceğinizi söylemek gibidir.

Dinliyorum.

Bir sıradaki bütün koltukların enerjileri aynıdır, fakat B sırası A sırasından daha yüksek enerjidedir, aynı şekilde C sırası da B sırasından daha yüksek enerjidedir, bu böyle gider.

Dinlemeye devam ediyorum.

Şimdi, evde herhangi bir koltuğa otarabilirsiniz, fakat herhangi bir zamanda, yalnızca bir koltuktasınızdır.

Doğal olarak.

Tıpkı benim gibi. Enerji veren elektronum A sırasında olabilir ya da bir miktar daha yüksek enerjisi varsa, B sırasındadır ya da C sırasındadır vb. Fakat asla iki sıranın arasında bulunamaz. Tabii ki, kullandığınız anlaşılması güç sistemde benim enerji seviyelerimin faklı adları var.

Sıraları değiştirebilirler mi?

Evet, elektronlar sahneye yaklaştıkça enerji verirler. Sahneden uzaklaştıkça enerji almaları gerekir.

Bu bizim ölçtüğümüz enerji mi?

Elbette. C'den B'ye giderken kan kırmızı renk verir, sözünü ettiğim gibi. D'den B'ye giderken mavi, çok güzel olduğunu ekleyebilirim, E'den B'ye giderken mor, F'den B'ye giderken koyu mor renk verir.

Böylelikle sizin adlandırdığınız şekilde kesikli tayfınızın oluşu diğer birçok şey gibi enerjinin de paketler (kuanta) halinde olduğunu öngören kuantum mekaniğiyle açıklanıyor.

İyi özetlediniz.

Çok akla yatkın görünmüyor.

Neden?

Ayakkabı kutusu boyunca bir bilye yuvarladığımı varsayalım. Yaptığı hareketin özelliği gereği bir enerjisi vardır, doğru mu?

Evet, buna kinetik enerji diyorsunuz.

Peki, ben bir topu hoşlandığım herhangi bir hızda yuvarlayabilirim; bu demektir ki, enerji benim istediğim kadar olabilir. Yani paketlere ayrılmış değildir.

Özür dilerim, fakat herhangi bir hızda yuvarlanmayacaktır. Tıpkı izin verilmiş enerjisi gibi, izin verilmiş hızı da paket halindedir. Çünkü bilye, tekil parçacıklarla karşılaştırmak için çok büyüktür; enerji seviyeleri ya da durumları, birlikteyken çok yakındır. Bu, bir milimetrenin ufak, çok ufak parçalarıyla birbirinden ayrılmış koltuk sıralarının olması gibidir. Bu durumda, şeyler birbirinden ayrı değil, aksine sürekliymiş gibi görünür.

Yani doğa, atomik düzeyde, onu gözlediğimiz büyük ölçeklere benzemiyor mu?

Bütünüyle değil.

Ama fizik yasalarının temelinde, büyük ölçekler için yaptığımız deneyler var.

Bu neden kuantum mekaniğinin icat edilmesinin gerektiğini gösterir. Daha önce geliştirdiğiniz fizik yasaları, küçük ölçekte tutmaz, birbirlerine yakın değillerdir.

Bu büyüleyici olduğu kadar, moral bozucu da.

Moral bozucu?

Temel inançlarımın hepsini kökünden yıktınız.

Özür dilerim.

Determinizm, süreklilik, ispat; al hepsini pencereden at.

Pencere ne için vardır?

Sanıyorum, ışığın içeri girmesi için.

Kesinlikle.

Peki, anlıyorum. Bir dakika bekleyin, elektron ya da ben, G sırasından B sırasına gittiğimizde, ya da B'den A'ya bu da enerji vermez mi?

Evet.

Ama sadece dört rengi gördüğümüzü söylediniz, eğer diğer geçişler enerji veriyorsa, biz niçin onları görmüyoruz?

Basit, çünkü görünür değiller, görünür spektrumda değiller. Ultraviyole ya da kızılötesindeler; ama dert etmeyin, ölçülebildiler.

Yani, kuantum mekaniğine göre, bilemeyeceğim bazı şeyler var; belirlenememek doğalarında var.

Evet.

Emin olduğum tek şey var, nesnenin içinde bulunduğu kuantum mekaniği durumudur.

Güzel, şimdi başka bir kapı açtınız.

Tamam, bu odaya güzelce girebiliriz.

Hadi, tiyatroda bulunan tek insanın siz olduğunuzu varsayalım; oyun başlamak üzereyken, aktör sizin hangi koltuğa oturduğunuzu gözlemek için perdenin arkasından kaçamak olarak bakıyor.

Peki.

Kararlaştırdığımız gibi, her zaman bir koltukta olacaksınız. Koltuğunuzu herhangi bir zamanda değiştirmenize rağmen, aktör sizi sadece koltuktayken görecek.

Koltuktan koltuğa geçit yok mu?

Geçit yok. Bu paketli (kuanta) durumlar olduğu anlamına gelir, biz yalnızca izin verilmiş belirli seviyeleri gözlemleyebiliriz, ikisinin arasını değil.

Peki.

Şimdi her şeyin iyice tuhaflaştığı yerdeyiz.

Şimdiye kadar ne oldu peki! Yalnızca şimdi mi?

Bir anda, sadece bir koltukta olabilirsin. Yüzde 50 A sırasında, yüzde 25 B sırasında, yüzde 25 C sırasında gibi, kendini dağıtamayacaksın.

Tercih etmem.

Sizi suçlamayacağım, fakat elektronla yaptığımız anolojiyi sürdürmek istiyorsanız, bunu yapmak zorundasınız!

Beni ikna ettiniz. Aktör kaçamak olarak baktığında, sadece bir koltukta oturuyor olacağım.

Ve benim üzerimde ölçüm yaptığınızda, beni yalnızca tek bir durumda bulacaksınız.

Bu çok-kişiliklilik sendromu da neyin nesi?

Bütün ölçümlerinizi açıklayabilmek için, aynı anda, birkaç durumda birden varolabileceğimi farz etmeniz gerekiyor.

İmkânsız.

Hayır, kesin olmak için; yüzde 50 olasılıkla A'da, yüzde 25 olasılıkla B'de, yüzde 25 olasılıkla D'de olduğumu varsayabilirsiniz ya da yüzde 100'e tamamlanan diğer kombinasyonlar olabilir.

Ölçümler yapılırken yalnızca bir durumda olacağınızı söylemiştiniz.

Evet.

Kusura bakmayın ama, açıkça kendinizle çeliştiniz.

Üzerime alınacağım bir durum yok, ama çelişmedim. Ölçüm yaptığınız her seferde beni bir duruma girmeye zorlarsınız. Bu-

nun için akılda kalıcı bir ifade de geliştirdiniz, dalga fonksiyonunun çöküşü.

Öyleyse, ölçüm pasif bir şey değildir; epey teklifsiz bir ilişki olduğunu düşünüyorum.

Fazla teklifsiz.

Benzetme yaparsak, aktör aniden görünür ve beni koltukların arasında yakalar.

Evet. Zaten bu da, bunun yalnızca bir analoji olması kaynaklıdır. Doğa kimseyi koltukların arasında yakalamaz.

Daha önce söz ettiğim alıntıyı anlamaya başlıyorum: "Hidrojeni anlamak fiziğin bütününü anlamaktır." Elbette, söz ettiklerinizin bütün atomlara uygulanabileceğini varsayıyorum.

Çekirdeklere de.

Size başka bir şey sorabilir miyim?

Pek tabii.

Büyük ölçeğe göre, küçük ölçekten bakıldığında doğa neden bu kadar farklıdır?

Bu konu üzerine yalnızca kişisel görüşümü anlatabilirim.

Lütfen buyrun.

Atomik ya da atomaltı ölçekte, eğer olgular klasik ölçekte olduğu gibiyse, Evren'in içinde haddinden fazla bilgi olması gerekir. Bu her türlü gelişmeyi boğacaktır.

Anlayamadım?

Şöyle anlatayım, yeryüzünün hareketinin izlerini koruyabilirsiniz. Örneğin, onun Evren'deki yerini tam olarak saptayabilirsiniz. Herhangi bir momentumdaki hızını net olarak bilebilirsiniz. Varsayın ki bunları bir kitapta rakamlar halinde yazdınız. Bu kitap ne kadar hacimli olurdu?

Sanıyorum ne kadar kesin olduğunuza bağlı.

Güzel yanıt. Şunu kolaylıkla hayal edebilirsiniz ki, kitap bir ansiklopedi büyüklüğünde olurdu.

Haliyle.

Şimdi iki kat daha kesin yanıtlar bulmak istediğinizi varsayalım. Yani, 3,14 gibi bir rakam 3,14159 olarak kitaba girecek olsun. Kitabın hacmi iki katına çıkardı.

Tamam.

Şimdi de şunu varsayın: Onun da iki katı kadar kesin yanıtlar bulmaya çalıştığınızı düşünelim, onun da iki katı kadar kesinlik vardır ve bu böyle devam eder. Sizin gezegeniniz büyüklüğünde bir şey olmaya doğru gider. Hakikaten Güneş Sistemi'niz kadar büyük olabilir, hatta gökadanız, hatta Evren kadar.

Evet, fakat hiç kimse böylesi bir kitabı yapma girişiminde bulunmazdı.

Bununla birlikte, en azından ilke olarak, bilgi orada olacaktır. Şimdi klasik şema içinde bakarsak, Evren'deki her atom için, böyle bir kitap yazmalısınız. Ve siz bilseniz de bilmeseniz de, Evren'de çok fazla bilgi olacaktır.

Anlıyorum, ama bunları yazmak zorunda değilsiniz.

Ama o bilgiler, ilkece orada. Evren bu kadar çok bilgiyi bir araya getirmek istemeyecektir.

Sizi gerçekten anlamıyorum.

Pekâlâ, bu benim kişisel görüşüm.

Bunun üzerinde düşünmem gerekiyor.

Lütfen düşünün.

Tamamen farklı bir şey hakkında bir soru sorabilir miyim?

Elbette.

Uçsuz bucaksızlıkta büyüdüğünüzü anlıyorum, soğuk bulutlar derin uzay boyunca parçalanıp durdu.

Evet, öyle.

Bu bulutlar ne kadar soğuktu?

Sıfırın altında yüzlerce derece.

Eğer bu kadar soğuksanız, sizi nasıl görebiliriz?

Bu mükemmel bir soru. Bildiğiniz gibi, daha soğuk olan bir şey dışarıya daha az enerji verir. Bu bulutlar, kendi 21 santimetrelik radyasyonundan görülebilir. Bazen bunlara radyo emisyonları da denir.

Bunu açıklayabilir misiniz?

Pekâlâ. Beni oluşturan şeylerin her birisinin, zayıf bir mıknatıs olduğunu fark etmek zorundasınız.

Elektron ve proton birer mıknatıstır mı demek istiyorsunuz?

Esasında evet. Kuzey ve güney kutbu olan zayıf bir çubuk mıknatıs gibiler, ve bunların her biri bir manyetik alan yaratır.

Bunu kim varsaymıştı?

Uhlenbeck ve Goudsmith.

Affedersiniz?

Elektronun esasında bir mıknatıs gibi olduğunu, taa 1925 gibi bir tarihte öngörmüşlerdi.

Anlıyorum.

Her neyse. Pusulanın nasıl çalıştığını bilirsiniz. Bir çubuk mıknatıstan başka bir şey olmayan bir iğne, dünyanın manyetik alanıyla -ki onunki de aslında dev bir çubuk mıknatısın manyetik alanından başka bir şey değildir- kendisini aynı hizaya getirmeye çalışır.

Evet.

Pusulayı salladığınızı düşünün. O zaman iğne tam zıt yönü gösterir. Ama kısa sürede kendisini yeniden düzenler, eski hizasına girer.

Evet, denemiştim.

İşte, benim çok geniş ve kasvetli bulutlarının içinde olan da budur. Arada sırada birbirimize çarpıyoruz ve mıknatısın yanlış yönü göstermesine neden oluyoruz. Sonra elektron daha düşük bir enerji düzeyine geçiveriyor.

Bu süreç dışarıya enerji mi verir?

Evet. Enerjinin paketler halinde olduğunu hatırlayın. Fakat söz konusu durumda, bir tiyatro salonundan daha çok bir spor arabaya benziyor.

Sizi gene anlayamıyorum.

Bu durumda yalnızca iki koltuk vardır. Mıknatıs çubukları birbirine paralelken daha yüksek enerji seviyesinde; birbirine zıt yöndeyken daha düşük enerji seviyesindedirler. Ya birinde, ya da ötekinde oturabilirsiniz.

Yani eğer bunlar saf değiştirirse, enerji yayılır?

Evet. Bu enerjinin dalga boyu 21 cm'dir. Bundan dolayı, pek esin dolu olmayan bir adla 21 cm radyasyonu diyorsunuz bu duruma.

Sizin önerdiğiniz daha iyi bir isim mi var?

Bilemiyorum; manyetik sapma radyasyonu ya da hidrojen bulutu radyasyonuna ne dersiniz?

Sanıyorum, 21 cm radyasyonu daha çok şey anlatıyor.

Evet, öyle.

Çok yönlüsünüz, Evren boyunca sayısız yıldız içindeki füzyonlara katılmaktan, yeryüzündeki bileşiklerinizde var olmaya kadar. Güneş'ten bize verdiğiniz enerjiye bağlıyız. Oksijenle yaptığınız suya da bağlıyız. Varlığımızı sizin varlığınıza borçlu olduğumuzu hissediyorum.

Tamamen farklı varlıklar gibi görünen şeyler arasında karşılıklı karmaşık ilişkilerin olduğunu anlamanıza çok memnun oldum. Fakat şunu söylemeliyim ki, asıl biz varlığımızı sizin varlığınıza borçluyuz.

Ne? Bunu nasıl söyleyebilirsiniz?

Bizim üzerimizde bir yüzyıldan fazladır, spektroskoptan teleskopa kadar üretebildiğiniz her türlü bilimsel araçla çalışıyorsunuz. Benim üzerimde en kusursuz ölçümlerin bazılarını yaptınız, hakkımda "yaradılıştan beri" gibi bir sözcüğü bile yaydınız. Evet, bir protonun bir elektronla birleşmesi, siz olmaksızın var olabilirdi; fakat ismimiz olmazdı. Anlaşılamazdık. Ve üretmek için kendimizi feda ettiğimiz bütün o Evren'in ışığı, hayat verilmemiş karanlık içinde kederli bir biçimde kaybolurdu.

Anlıyorum. Söyleşinin en can alıcı yeri burası oldu. Kendiniz ve bağlı olduğunuz yasalar hakkında bu kadar çok bilgi verdiğiniz için teşekkür ederim.

Sizin için daha çok şey yapmak isterdim.



Bir nötronla söyleşi

Tanıştığımıza memnun oldum.

Ben de öyle.

Söyleşiye katıldığınız için teşekkürler.

Rica ederim, ama sizi uyarmak zorundayım, sadece 15 dakikam var. Daha sonra benim için uzatmalar başlayacak, buradan bir an önce ayrılmam gerekecek.

Sonrası için ne planladığınızı sorabilir miyim?

Buradan ayrıldıktan sonra düzgün bir çekirdek arayacağım. Karbon hoş olabilir; söyleşi yaptığınız karbon atomu maceralarından keyifle söz ediyordu. Ya da oksijen ya da nitrojenin içinde olmak... O zaman gerçek bir gaz olurdum, çevrelerinde sıçrardım ve epey bir yolculuk yapardım. Hımm...

Ne düşündünüz?

Bir metalin daha hoş olabileceğini düşündüm; belki alüminyum ya da bakır.

Niçin bir metal?

Bilmiyorum, elektriği taşıyorlar; elektronların sürekli vızıldaya vızıldaya gitmelerini izlemek, çok eğlenceli olurdu. Diğerleri yorgun bir kaplumbağa gibi milim milim ilerlerken, benim rüzgârdan daha hızlı olduğum anlatılırdı. Üstüne üstlük, metal atomları kristal diziler biçimindedir. Bu size bir mekân duygusu verir; nereye ait olduğunuzu bilmek huzur getirir.

Ne demek istediğinizi anlıyorum...

Germanyum ilginç bir seçim olur.

Transistörve katı durum çipleri yapımında kullanılmak için mi?

Evet, renkli televizyon ya da cep telefonunda sonlanabilirim. Silikon da mümkün, o zaman başka ilginç yerlerde sonlanmak söz konusu olabilir.

Size kişisel bir şey sorabilir miyim?

Elbette.

Sadece 15 dakika vaktiniz olduğunu söylediniz, sonra çekirdeğe katılmak istiyorsunuz. Bu ortalama ömrünüzü uzatacak mı?

Evet, serbestken genellikle üç aşağı beş yukarı 15 dakikam vardır, daha sonra bir el bombası gibi patlayarak parçalanırım.

Amanın... Çekirdek içindeyken daha mı dayanıklısınız?

Kesinlikle öyle.

Peki hangi atomu yeğlersiniz?

Bu zor bir karar, her birinin pozitif ve negatif yanları var. Benden önce söyleşi yaptığınız hidrojen atomu gibi bir atoma katılmak üstüne biraz düşündüm; fakat kuantum mekaniği üzerine bütün gün ders vermeye başlarsa, bilemiyorum, çıkışı olmayan bir ön sırada takılıp kalabilirim.

Hidrojenin yalnızca bir proton ve elektronu olduğunu düşünüyordum...

Evet ama ona katılırsam, beni ağırladığına memnun olmakla kalmaz; bu katılım döteryum atomuyla sonuçlanır. Sonra oksijenle ağır suyu oluşturmak için birleşebilir.

Neden ağır su, ağırlığı mı daha fazla?

Evet, yaklaşık yüzde 10 kadar daha fazla. Ama kimyasal olarak gene su gibi davranır.

Onu içebilir miyim?

Bir yudum içecekseniz, tamam; ama sizin yerinizde olsam, dengeli bir diyeti onunla sürdürmezdim.

Neden?

Kimyasal reaksiyonlar ağır su ile yavaş yürür; vücut kimyanız gerektiği gibi işlemeyecektir; bunun ne anlama geldiğini tahmin edersiniz.

Tabii. Az zamanımız kaldığını fark ettim, başka bir soruya geçelim mi?

Lütfen.

Bazı şeylere şaşırıyorum, nötrino ile yaptığım söyleşiyi okuma fırsatı bulmuş muydunuz?

Göz atmıştım.

O zaman nötrinonun sizin elektron ve protona, artı nötrinoya bozunduğunuz yönündeki açıklamasını hatırlayacaksınız...

İşte bu konuşmaktan kaçındığım şey.

Ama doğru, değil mi?

Korkarım öyle.

Yani siz bir elektron, bir proton ve bir nötrinodan yapılmışsınız, öyle mi?

Rutherford bu hattı düşündü, ama bu her zaman doğru değildir.

Peki, neden oluşuyorsunuz ve bu parçalar nereden geliyor?

Bir yukarı, iki aşağı olmak üzere üç kuarktan oluşuyorum.

Bir yukarı kuark ve iki aşağı kuark mı demek istediniz?

Evet, yukarı kuark protonun 2/3 yüküne sahipken, aşağı kuark protonun 1/3 negatif yüküne sahiptir; bunları bir ve iki tane olarak birbirine eklediğinizde, sıfır elde edersiniz. Nötr olmamın nedeni budur.

İsimlerindeki yukarı ve aşağının özel bir anlamı var mı?

Hayır.

Yani bozunduğunuzda...

Hiçbir zaman bozunma sözcüğünden hoşlanmadım, bana çürümeye başlamış bir yaşlı cesedini anımsatıyor. Ben söz konusuyken, her şey hızlı ve canlıdır.

Kusura bakmayın, şöyle diyeyim parçalandığınızda diğer parçacıklar nereden geliyor ve kuarklara ne oluyor?

Pekâlâ, $E=mc^2$'yi biliyorsunuz...

Evet, nötrino bunu bize anlatmıştı...

Yanıt bu formülde. Parçacıklar oluşturulur ve yok edilir, aslında bu her zaman olur. Ben size, bir el bombası gibi patlayarak parçalanacağımı anlattığımda, bu kötü bir analoji olmuştu. Za-

manım geldiğinde, bir noktada elektron ve nötrino ortaya çıkar. Doğa böyle işler.

Şiddeti akla getiriyor.

Doğa sizden daha şiddetli olabilir.

Yaaa...

Özür dilerim, bazen kendimi kısa çöpü çekmişim gibi hissediyorum. Acısını sizden çıkarmak istemedim. Belki sadece canım sıkılıyor.

Ne demek istediniz?

Nötr olmaktan söz ediyorum. Elektronlar kısa mesafe koşucusundan balerine kadar her şey olabilir. Bir hafif elektrik alan, elektronları uzayda uçurur; bir manyetik alan usta bir cerrahın eliyle, hızlarını etkilemeksizin yönlerini değiştirir. Protonlar, pozitif davranışlarının gücüyle, elektronları topluluk içinde tutar, enerjik döllerle geniş bir aile oluştururlar.

Doğru, ama çekirdekcik nötronsuz var olamaz...

Evet ama, biz ailedense gece yatısına gelmiş konuk gibi hissederiz kendimizi. Proton sayısı hangi element olduğunu belirler; bizse tamamen konu dışıyız, sadece protonları birbirine yaklaşmaktan alıkoymak için oradayız.

Fakat nötr olmanın avantajları da var. Biliyorum ki, nötronlar rutin olarak kullanılan araştırma maddesidir, yapısı kontrol edilir, vb. Yüklü parçacıklar, madde içine doğru sizin ayak izlerinizi takip edemeyeceklerdir, yollarından saptırılacaklar ya da hemen yakalanacaklardır.

Bu doğru.

Bu bana bir şey hatırlatıyor... Nötronları anlıyorum ya da herhangi bir parçacığı, bir dalga gibi davranabiliyorlar ve...

Ben bir parçacığım, başka bir şey değil...

Pekâlâ, parçacıkların bazen dalga gibi davrandıklarını söyleyen dalga-parçacık ikiliği hakkında bir şeyler okumuştum...

Cahilliği maskeleyen fantastik sözcükler.

Bunu farklı kitaplarda gördüm.

Dalga-parçacık ikiliği, çürük bir cesettir; cahilliğin karanlık günlerinde doğdu; bir mumya gibi, zerreleri hâlâ korunuyor.

Bunu biraz açıklayabilir misiniz?

Evet. 19. yüzyılın sonunda, elektromanyetizmayı dalga adlandırmasıyla anladınız. Örneğin, ışık dalgaları, radyo dalgaları gibi, bunları öngördünüz ve gözlemlediniz.

Evet.

Dalgalar, parçacık özelliklerine sahiptir. Örneğin, bulaşık yıkar mısınız?

Alışkanlığım değildir, ama yıkarım.

Sabun köpüklerinin, farklı renkleri yansıttığını görmüşsünüzdür. Renklerin kökeni, girişim dediğiniz olaydan gelir; ki girişim, sizin modelinizde dalga benzeri doğadan ortaya çıkar.

Evet, belirli dalga boyları için dalgalar birbirine eklenir, böylece renkleri görürsünüz, fakat diğer dalga boyları için bazı dalgalar yok edilir.

Bu doğru, aynı açıklama otoparklarda yerlerde gördüğünüz yağ lekelerini de kapsar, bazı kuş tüyleri içindeki renkleri de. Bütün renkleri içeren beyaz ışıkla başladınız; fakat köpüğün bir bölümünün içindeki girişim, dalga boylarının birbirine eklenmesini olanaklı kılar, kırmızı renk oluşur; fakat diğer renkler için kimi dalgalar birbirini yok eder. Biraz daha yüksekte, köpüğün daha ince olduğu yerde, mavi dalga boyu birbirine eklenir, diğer renkler için öteki dalgalar birbirini yok eder ve bu böyle sürüp gider. Dalgaların eklendiği yere maksimum, dalgaların birbirini yok ettiği yere minimum deriz.

Anlıyorum.

1927'ye dönersek, bu problem Davisson ve Germer ile başladı. Elektron ışınlarını nikel kristalinin içine ateşlediler ve ışığın yansımasına baktılar.

Bir sürpriz var mıydı?

Vardı demek zorundayım! Tek bir yansıyan ışın yerine, farklı açılarda yansıyan çeşitli ışınlar buldular. İşin özü, maksimum ve minimumları gördüler. Konuya dönersek, sonuçlar sadece elektronların dalga olduğunu ve maksimum ile minimumun da girişimin sonucu olduğunu varsayınakla açıklanabilirdi. Bu nedenle, elektronların dalga gibi davranması gerektiği sonucuna ulaştılar.

Yani, onlar dalgadır.

Hayır, onlar parçacıktır. Ama o zamana geri dönersek, hâlâ klasik mekaniğin ve dalga kuramının kavramlarıyla düşünüyorlardı. Çözüm kuantum mekaniğinde yatıyordu. 1926'da Schrödinger, şimdilerde Schrödinger denklemi denilen, kuantum mekaniğinin kuramsal temelini iyi ortaya koyan denklemi yayımladı. Hidrojen atomunun açıkladığı, paketlenmiş (kuantize) enerji seviyeleri hakkındaki bilgiler, Schrödinger denkleminden kaynaklanır.

Fakat bu denklemin yayımlanmasının tarihi, Davisson ve Germer'den bir yıl öncesi.

Evet, ama insanların Schrödinger denkleminin gerçekten ne anlattığını anlamaları biraz zaman aldı. Önceleri Schrödinger'in kendisi bile bazı yanlış kavrayışlara sahipti.

Schrödinger denkleminin Davisson ve Germer'in sonuçlarını açıklayabildiğini mi söylüyorsunuz?

Evet ve elektronlar parçacık olarak görüldüler, dalga değil.

Fakat dalga gibi davranıyorlar?..

Parçacık gibi davranıyorlar. Parçacıklar, kuantum mekaniğine uyarlar, klasik mekaniğe değil. Hidrojenin söylediklerini hatırlayın, olayları kesin olarak öngöremezsiniz. Yansımış elektronların kesin yönünü tam olarak belirleyemezsiniz, sadece o ya da bu yönde gitme olasılıklarını öngörebilirsiniz. Schrödinger denklemini kullandığınızda, yansıma açısını öngörebilirsiniz, bu size belirli açıların diğerlerinden daha olası olduğunu söyler.

Maksimum ve minimum değerlerini almaya mı benziyor?

Evet, fakat Schrödinger denklemi tarafından öngörülüyorlar ve denklemde, elektronların parçacık olduğu varsayılıyor.

Yani parçacık-dalga ikiliği yok mu?

Doğada yok. Gerçi, bazı kitaplarınızda varlığını sürdürüyor.

Bu bilgi, parçacık gruplarının dalga gibi davrandığını söylemekle yan yana gelebilir mi?

Evet, bir araya gelebilir, doğru noktaya parmak bastınız.

Bize örnek verebilecek misiniz?

Pekâlâ, ışık iyi bir örnektir. Işık, foton denilen parçacıklardan oluşur. Bununla birlikte, loş ışık bile, çok sayıda fotondan oluşur. Fotonlar hep birlikteyken dalga gibi davranırlar.

Anlıyorum.

Bir şey söyleyeceğim, size biraz önce kabalık yaptıysam kusura bakmayın...

"Cahil olmak" ve "çürümüş ceset" şeklindeki ifadelerinizi mi kastediyorsunuz?

Evet, bazen bilmediğiniz şeyi örtmek yönünde bir eğiliminiz oluyor. Çözülmemiş problemler ve gizemler, bilimin yakıtıdır. Bunları gizlemek yerine, keyfini sürün.

Örneğin?

Örneğin, baryon sayısının korunumu.

Nedir bu?

Baryonlar, güçlü nükleer kuvvetleri hisseden parçacıklardır; örneğin, ben, protonlar ve kuarklar baryonuzdur; ama elektron ve nötrinolar baryon değildir.

Evet, anlıyorum.

Sizin sözcüklerinizle söyleyecek olursam, parçacıklar daha hafif parçacıklara bozunur.

Evet.

Öyleyse, örneğin ben niye bir nötrinoya ve belki bir çift fotona bozunamıyorum ya da üç nötrinoya, vb.

Fakat bu olaylar olmuyor, değil mi?

Olmuyor.

Neden?

İlkönce kimse bilmiyordu. Sizin fark ettiğiniz gibi, ben bir baryonum; sözünü ettiğim diğer parçacıklardan değilim. Yani, bana baryon sayısı olarak 1, diğer parçacıklara baryon numarası olarak 0 verdiniz; bu onların baryon olmadıklarını söylemenin süslü bir yoluydu. Sonra, baryon sayısının herhangi bir bozunma olmadan korunması gerektiğini söylediniz.

Yani üç nötrinoya bozunamıyorsunuz, çünkü bu baryon sayısının korunumunu çiğnemek olur.

Evet, söylediğiniz doğrudur.

Anlıyorum.

Anlıyor musunuz? Bozunmanın neden gerçekleşmeyeceği hakkında hiçbir fikriniz yok; ama baryon numarası korunumu diyerek hikmetli bir ifade ürettiğinize göre, bir şeyleri anlamışsınız gibi görünüyor.

Şimdi anlıyorum, ama nesneleri tanımlamak ve sınıflandırmak yararlı bir yoldur. Biz aynı zamanda, örneğin yükün korunumu ifadesini, elektronun neden fotona bozunmadığını tanımlamak için kullanırız..

İyi bir nokta, ama yükün korunumunun kuramsal bir temeli olduğu kadar, gözlemsel bir temeli de vardır. Bu elektrik ve manyetizmanın temel denkleminden türemiştir. Kusura bakmayın, biraz gerginim. Bir an evvel bir çekirdekçiğe yerleşmeye gayret etmeliyim, dakikalarım sayılı.

Anlıyorum, durduğunuz için teşekkürler.



Bir kuarkla söyleşi

Yalnız geldiğiniz için teşekkür ederim, uzaklaşmanın sizin için ne kadar zor olduğunu biliyorum.

"Özgürlüğün gücü tahrip edecek kadar büyük olabilir" demiştiniz; ama burada bulunmaktan çok memnunum.

Kaydetmek için soruyorum, nötronlar ve protonlar kuarklardan mı oluşuyor?

Evet, yukarı ve aşağı kuarklardan. Ben bir yukarı kuarkım.

Yani artık doğaya bakışımız bir zamanlar olduğu basitlikte değil.

19. yüzyılın son on yılında, güzel ve basit bir Evren'de yaşadığımız düşünülüyordu; proton, nötron ve elektronlardan yapılmış bir Evren; ama bu Evren umutların ve düşlerin üzerine kurulmuştu, gerçekliğin değil.

Ve siz gerçeksiniz?

Sizin kadar gerçeğim.

Neden birçok fizikçi başlarda sizin varlığınıza inanmakta gönülsüzdü?

Bazen övünerek ortaya koyduğunuz yeni fikirlere karşı gösterilen kaprisli hoşgörüsüzlüğü anlamak oldukça zordur. Ben o zamanlar köklü iki inanca meydan okuyordum.

Terk etmeye gönülsüz olduğumuz inançlara mı?

Sizi ilerilere taşıyan düşünceleri bırakmak zor olur. Nötron ve protonun atomun temel yapıtaşları olduğu ve bunların daha küçük başka şeylerden oluşmadığı düşüncesinden vazgeçmek,

vücudunuzun bir parçasından vazgeçmeye benziyordu.

Gerçekten de kulağa biraz aşırı geliyor.

Öyle. Nesiller boyunca geliştirilen bir inanç, yemek gibi, su gibi temel hale gelir. Biri olmazsa bedeniniz ölür; öteki olmazsa zihniniz solar.

Yeni buluşlar yapıldıkça Evren modelimiz sürekli evriliyor.

Tuval değişiyor ama şövale (destek sehpanız) hep aynı kalıyor.

Hangi anlamda?

Örneğin süper kütleli bir kara deliği konuk eden genç bir gökada gibi bir kuasarı düşünelim ya da gözlediğiniz enerjiyi açıklamak için başka bir modele başvuralım. Modelleri değiştirmek, tıpkı tuvali değiştirmek gibidir; ama altta yatan fizik, kuramlarınızın temel ilkeleri, tuvalin konduğu şövale gibidir, çok daha az değiştirilir.

Anlıyorum, ama iki temel inanca meydan okuduğunuzu söylemiştiniz.

Diğeri, sizin deyiminizle, kesirli yüklerle ilgilenmemdi.

Kesirli yükler mi?

Protonun temel yük birimini taşıdığını düşünüyordunuz, ona bir yük birimi diyelim.

Ve elektron da bir birim eksi yük taşır.

Evet. 1960'larda ortaya çıkan kuark modeline göre, yukarı kuarkların yükü 2/3, aşağı kuarkların yükü de -1/3'tür. Bunlar tahttaki birim yükün kesirleridir ve birim yükün tahtı bırakmasını izlemek zor olmuştur.

Ne değişti, ya da şöyle söyleyeyim, zihinlerimizi ne değiştirdi?

Direnişin dokusu, giderek artan kuramsal ve deneysel kanıtların ağırlığını göğüslemekte ince kaldı. Belki daha önemlisi, yeni bir güzellik ve yalınlığın ortaya çıkmış olmasıydı.

Bunu açıklayabilir misiniz?

İzlenimciler, ani bir başarı elde etmediler; ama zaman büyüsünü kullandı ve yarattıkları hayranlık uyandırır hale geldi. Fizik de sıklıkla benzeri bir fırçayla resim yapar. Yeni fikirler, nahoş ve yabancı görünürler; ancak teninizden geçip ruhunuz-

da yer ettikten sonra, yeni bir güzellik ortaya çıkar. Bu doğaya bakmanın yeni ve harika bir yoludur. Size sadece daha iyi bir bakış kazandırmaz, aynı zamanda daha derinleri de görmenizi olanaklı kılar.

Sanki güzelliğin fizikte önemli olduğunu söylüyor gibisiniz...

Fizik için güzelliğin anlamı, *F*'nin *ma* için anlamı gibidir.

Bunu biraz açıklar mısınız, lütfen?

Newton'un hareket yasası *F=ma*'dır ya da başka bir biçimde söylersek, kuvvetin, kütleyle ivmenin çarpımına eşit olmasıdır. Bu yasa, en önemli olmasa da bulduklarınızın en önemlilerinden biriydi, ürettiğiniz tek kazançtı.

Fiziğin en önemli kısmının, deneylerin sonuçlarını açıklamak olduğunu düşünüyordum.

Elbette, ama bunu içsel olarak yapacak kadar akıllı değilsiniz.

Ne demek istediniz?

Nehre gelirseniz, köprü inşa edersiniz.

Bazen.

Onu tasarlayabilirsiniz, ama bazı temel ilkelere başvurmak zorundasınızdır, deneyerek bulduklarınıza ya da doğa yasalarına dayanmak zorundasınızdır ve her şeyi matematiksel denklemlere indirgersiniz. Kirişleri ne genişlikte ve halatları ne kalınlıkta yapacağınızı bulmak için bu denklemleri çözersiniz. İlk kez nehre bakamıyorsunuzdur; acilen özellikleri kaydetmeniz gerekir. İçsel derken kastettiğim budur.

Anlıyorum, ama bizim konuştuğumuz güzellikle bunun ne ilgisi var?

Doğayı içsel olarak anlayamadığınız için, yol gösterici ilkelere başvurmanız gerekiyor. Yalınlık, yüzyıllardır size yol gösteren bir ilkedir.

Occom'un usturası gibi.

Evet, ama basit bir seçime gönderme yapmıyorum, bizlere genel bakışınızdaki seçimi tanımlıyorum.

Bize derken?

Yalnızca kuarklara değil, genelde doğaya.

Ve güzellik?

Bu sizin en büyük değerlerinizden birisidir. Yarattığınız bereketli dehşete rağmen, kuramlarınızda büyük bir güzellik vardır. Başarınızı böylesine değerli kılan şey, bizi anlayabilmeniz değildir; güzelliği bir yol gösterici ilke olarak kullanmanız ve gerçeğin limanına onunla gitmenizdir.

Güzellik nedir?

Bunu size söyleyemem; ama talihliyseniz, onu gördüğünüzde anlarsınız.

Güzellik kesinlikle göreli bir kavramdır, birinin güzellik gördüğü yerde, diğeri çirkinlik görebilir.

Elbette, insanoğlusunuz, asla göremeyeceğiniz, hızlarına asla ulaşamayacağınız, enerjilerini hiç anlayamayacağınız ve ölçülerini düş gücünüzün bile kavrayamayacağı parçacıklarla boğuşuyorsunuz. Eğer güzellik bir cümleyle açıklayabileceğim biçimde tanımlı olsaydı, bizi anlamanıza küçük bir yardımı dokunabilirdi. Farklılığa, kendinize meydan okumaya, eski ve yeni kavramları sorgulamaya ve başka birinin çirkinlik gördüğü yerde güzellik görmeye gereksiniminiz var.

Anlamaya başlıyorum.

İyiii.

Güzellikten daha az nasiplenmiş bir soruyu gündeme getirebilir miyim?

Elbette.

Yukarı ve aşağı kuarklardan söz ettiniz, ama gerçekte 6 çeşit kuark var.

Evet, nötrino ile yaptığınız söyleşide hepsinden söz etmişti; yukarı, aşağı, tılsım, acayip, alt ve tepe kuarklar. Farklı çeşitler olduğumuzu söyleyerek, bu ayrımları yapıyorsunuz.

Yani orada altı çeşit var; ama anladığım kadarıyla kırmızı, mavi ya da yeşil gibi farklı renklere de dahil oluyorsunuz aynı zamanda.

Elbette bu renkler değişmez değildir; ama evet, her birimiz sözünü ettiğim yeni güzelliğin bir parçası olan üç farklı nesilden geliyoruz.

Bunu biraz açıklar mısınız?

Sanırım. İlk başlarda ve hatta şimdilerde bile zaman zaman klasik kavramlarınızı farkında olmadan temel parçacıklar diyarına taşıyorsunuz; onlar partinin davetsiz konukları gibi bizim dışımızdalar ve bize ait değiller.

Özel olarak hangi kavramlar?

Örneğin, şuradaki piyanoyu alalım. O bir piyanodur, gitar ya da sedir değildir ve dün olduğu gibi yarın da piyano olmaya devam edecek.

Kesinlikle.

Bu tür bir düşünüş, küçük ölçeklerde geçerli değildir.

Aaaa!.

Beni demir bir levha gibi, tek kimliği olan, tek bir varlık olarak düşünmemelisiniz. Ben ve sözünü ettiğim altı kuarkın her birinin, üç farklı nesilden geldiğini düşünün.

Yani gerçekte üç yukarı kuark var.

Böyle söyleyebilirim, üç farklı yukarı kuarkın herhangi bir kombinasyonunda var olabilirim. Bize verdiğiniz adlar içinde, bir bakıma tuhaf şemanızı takip ederek, üç farklı durumu üç farklı renk olarak tanımlıyorsunuz.

Hangi renktesiniz?

İşin esasını kaçırıyorsunuz.

Özür dilerim, siz üç rengin herhangi bir kombinasyonu olabilirsiniz.

Evet.

Hâlâ şaşırtıcı görünüyor. Bir protonu ele alalım, iki yukarı ve bir aşağı kuarktan oluşuyor.

Devam edin.

Proton, demin sözünü ettiğim kuarklar gibi, üç parçacıktan mı oluşuyor ya da sizin üç farklı renge dahil oluşunuzun sonucu olarak dokuz parçacıktan mı?

Proton üç kuarktan oluşur.

Peki, üç renk bu resme nasıl dahil oluyor?

İşte, güzelliği de burada zaten.

Sanırım takip edemedim.

Protonları üç kuark olarak görüyorsunuz, ama her birimiz üç renkten biri olabiliriz. Yani, örneğin, proton mavi yukarı kuark, kırmızı yukarı kuark ve yeşil aşağı kuarktan oluşuyor olabilir ya da kırmızı yukarı kuark, yeşil yukarı kuark ve mavi aşağı kuarktan oluşuyor olabilir ya da bir başka kombinasyonda olabilir.

Hangi kombinasyonda?

Söyleyemezsiniz.

Çirkin olmaya başladı.

Hayır, güzel olmaya başladı.

Ama...

Lütfen açıklamama izin verin. Parçacığa bakışınızı genişlettiniz, öyle ki üç farklı nesilden ya da renkten geliyor olabilir. Şimdi, işin esas noktası burada, hangi kombinasyonda olursa olsun, protonun değişmeden var olacağında ısrarcısınız. Bunu söylemenin başka bir yolu şudur: Sözünü ettiğim kombinasyonlara geri dönelim; bir mavi yukarı kuark, bir kırmızı yukarı kuark ve bir yeşil aşağı kuarktan oluşan kombinasyona A durumu diyelim. Bir kırmızı yukarı kuark, bir yeşil yukarı kuark ve bir mavi aşağı kuarktan oluşan komibinasyona da B durumu diyelim ve böyle devam edelim. Matematiksel olarak A durumundan B durumuna bir dönüşüm yoluyla geçebilirsiniz.

Bu bizim ölçümlü dönüşüm dediğimiz şey midir?

Evet. Şimdi, bu dönüşüm altında fiziğin değiştirilmeden kaldığını varsayabilirsiniz. Bu sizin renk simetrisi dediğiniz şeydir.

Bu Wimp'in açıkladığı simetriyi akla getiriyor.

Evet, öyle. İşin harika yanı şudur: Fiziği ya da bir başka deyişle simetriyi zorlayarak, temel denklemlerinize, yeni terimler ekleyerek biraz hokkabazlık yapmalısınız.

Bu yeni terimler ne yapacak?

Doğayı açıklayacaklar! Renk simetrisi durumunda, bu yeni terimler kuarkları bir arada tutan yeni bir kuvvetin ortaya çıkmasına yol açar. Bu 20. yüzyıl fiziğinin büyük bir başarısıdır.

Şimdi hatırladım, nötralino bunu bir parça açıklamıştı. Benim fikrim şuydu: Herhangi iki parçacık arasındaki kuvvet, başka bazı parçacıkların değiştokuşuyla oluşuyor.

Doğru.

Kuarkları bir arada tutan kuvvete neden olan renk simetrisiyle ilgili de bazı değiştokuş parçacıkları olmalı.

Evet, bu değiştokuş parçacıklarına gluon diyorsunuz. Bu sözcüğün iyi bir seçim olduğunu düşünmüştüm, "glue" kuarkların adındaki esprili yaklaşımı sürdürürken, "on" klasiğin dokunuşunu barındırıyor.

Peki, benim basit proton görüşüm kesinlikle değişti, ne düşünmem gerektiğini şöyle böyle bilebiliyorum.

Protonu düşündüğünüzde, coşkulu, heyecan verici bir dans içinde, her zaman gluon değiştokuşu yapan, hepsi de aynı ritmde atan üç kuarkı gözünüzün önüne getirin. Gluonların kendi içinde etkileşimli olduğunu düşünün: Mücadeleye katılırlar, kendi gluonlarını yaparlar, bu arada fotonlar da tıpkı bir partide aralarında etkileşim olmaksızın bir konuktan bir başka konuğa doğru yönelen garsonlar gibi, kuarkların yükleri tarafından yaratılır.

Dehşet bir şey!

Evet... ve güzel.

Gönderme yaptığınız güzellik bu muydu?

Evet, protonun yapısını ve diğer birçok şeyi açıklamak için doğayı yeni bir ışık altında anlamanız gerekir. Bir zamanlar farklılık gördüğünüz yerde, şimdi eşdeğerlilik görmek zorundasınız. Doğanın kendi çocuklarına karşı taşıdığı, derin ve gittikçe yayılan, demokratik bakışı anlamanız gerekir. Onun ruhunun iç işleyişini gördüğünüzde, güzel bir şey görüyorsunuzdur.

Anlamaya başlıyorum, gündeme getirmek istediğim güncel bir konu daha var.

Evet?

Sizin ziyaretinizi bir yana bırakırsak, yalıtılmış bir kuark elde edemeyiz.

Doğru.

Bunun neden böyle olduğunu anlatır mısınız?

Bu da doğanın size bir başka harika sürprizidir. Ünlü denklem $E=mc^2$'den önceki söyleşilerde söz etmiştiniz.

Evet, nötrino ile konuşmuştuk.

Bunu aklınızda tutun. Şimdi muhtemelen şunu biliyorsunuzdur: Nesnelerin çoğu birbirinden uzaklaşırken, aralarındaki kuvvet zayıflar. Kütleçekimi kuvveti, elektrik ve manyetik kuvvetler ve hatta bir proton ile bir nötron arasındaki kuvvet, nesneler birbirinden uzaklaşırken zayıflar.

Evet, bunu anlıyorum.

İki kuark arasındaki kuvvet, onlar birbirinden ayrılırken artar. Sanki bir kaynakla birbirlerine bağlıymış gibidirler, onları uzaklaştırmak için çektikçe daha fazla kuvvet uygularsınız, bundan dolayı, daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulur.

Bu ne anlama geliyor?

Şu anlama geliyor: Onları birbirinden ayırmak için büyük bir enerji gerekir. İki kuarkı bir protonun çapı kadar birbirinden ayırabilmeniz için gerekli olan enerji, bir başka kuark çiftini yaratmak için gerekli enerji kadardır. Bundan dolayı bir kuarkı ötekilerden yalıtmak yerine, yalnızca bizden çok daha fazlasını üretebilirsiniz.

O zaman burada tek başınıza nasıl ortaya çıktınız?

Pekâlâ, biraz torpil yaptırdım.

Anlıyorum, şu anda bir fikir geldi aklıma.

Neymiş o?

Önceleri, atomların maddenin yapıtaşları olduğunu düşünüyorduk, sonra bunun yanlış olduğunu anladık; sonra nötronların, protonların ve elektronların yapıtaşları olduğuna inanmaya başladık. Şimdi bunun da kusurlu bir düşünce olduğunu ve nötronlar ve protonların da kuarklardan oluştuğunu görüyoruz. Yani, siz de daha küçük şeylerden oluşuyor olabilir misiniz?

Pek çok şey mümkün.

Hangisinde haklı olduğumuzu nasıl öğrenebileceğiz?

İnanmak zorundasınız. Gerçeğin her bir gramını özümseyene kadar, ondaki müziğe inanarak, kendi modellerinizi dinleyin. Ardından, notaların düzleştiğini hissettiğinizde daha iyi bir şeyler besteleyebilirsiniz, bu onun ruhu olur.

İkinci keredir, bana inanç sahibi olmaktan söz ediliyor.

İnanç, din adamında olduğu gibi, fizikçiler için de güçlüdür; farklılık nerede durduğunuza bağlıdır. Klasik mekaniğin yasalarına, coşkuyla inandınız, inancınız oradaydı ve doğa, Evren hakkında önceki binyıllar içinde gün ışığına çıkartılamamış şeylerden daha fazlasını anlamanıza izin verdi. 19. yüzyıl kendisini 20. yüzyıla aktarırken, inancınız sert krizler yaşadı; kuramlarınız artık sizin yaptığınız gözlemleri açıklayamıyordu. Hiç kimse Güneş'in muazzam gücünün kaynağını anlayamıyordu. Hidrojenin spektrumu diğer atomlarınkiler gibi, çoğu parlak düşünürünüzü şaşkına çeviriyordu. Maddeden yayılan bir enerji bulunmuştu. Bu öylesine gizemliydi ki, bunlara X-ışınları demekten daha iyi bir şey yapamazdınız. İşler o kadar kötüydü ki, kor halindeki sıcak ocak demirinden yayılan ışığı bile açıklayamıyordunuz.

Peki ne oldu?

Sonunda, bazı eski kavramlarınızı terk etmek zorunda kaldınız. İnancınızı doğal düzene uydurmak zorundaydınız. Fakat aynı zamanda fark ettiniz ki, inancınızın bir bölümü, yanlış sunağa yerleştirilmişti.

Neleri koruyup, neleri terk edeceğimizi nasıl bilebiliriz?

Bunların çoğunu bilemezsiniz. Zaman zaman birileri çıkar ve karanlığa bir ışık getiriverir.

Sonra hepimiz onu görebiliriz.

Evet, öyle.



Bir takyonla söyleşi

Editör'ün notu: Söyleşi içindeki bütün yanıtlar soruları önceliyordu. Okuyucunun rahatı için onları yeniden düzenledik, soruları öne aldık.

Of, yakalanmanız çok zor oldu.

Özür dilerim, doğa bizi ayrı tutmaktan hoşlanıyor.

Özür dilerim ama gerçekten sizi göremiyorum; bir takyon olduğunuzu nasıl bilebilirim?

Bana güvenin.

Takyonun ne olduğunu açıklayabilir misiniz?

Işık hızından daha hızlı giden bir parçacık takyondur. Bu söyleşi bir yana, bizi asla gözlemediniz; bizi bulmak için bir nedene sahip değildiniz. İnsanların çoğu, fizikçilerin demek istiyorum, bizim hiçbir biçimde var olmadığımıza inanır.

Niçin?

Birkaç nedeni var. Öncelikle, Einstein'ın görelilik kuramına göre, kütleli hiçbir parçacık ışık hızından öteye hızlandırılamaz ya da geçemez.

Niçin olmasın?

Einstein bunun, sonsuz miktarda enerji gerektiren, ucuza gelmeyecek bir şey olduğunu göstermiştir.

Yani görelilik kuramı doğruysa, siz var olamıyorsunuz?

Bu tam olarak doğru değil, *c*'den daha büyük hızlarda oluşturulabilirim.

***c* ile ışık hızını mı kastediyorsunuz?**

Evet, üzerinde anlaştığımız birkaç şeyden biridir.

Yani, ışıktan daha hızlı oluşturulduysanız, var olmamanız için kuramsal hiçbir neden yok...

Pekâlâ, bu giderek ilginçleşiyor.

Nasıl yani?

Biz var olursak, nedenselliğin ihlal edilmiş olacağı iddia ediliyor.

Biraz açıklar mısınız?

Pekâlâ, siz nedenin sonucu öncelemesi gerektiğine inanıyorsunuz. Uzaktaki arkadaşınıza "hey" diye bağırırsanız, siz söyledikten sonra bunu duyacaklardır.

Doğal olarak.

Bu nedensellik prensibidir.

Pekâlâ, prensibin korunması gerekliliği açıkça görülüyor; bu da beni sizin kim olduğunuzu söyleyen varlığımızdan şüphe etmeye zorluyor.

Kuşku iyi olabilir, ama nerede kuşkucu olmayı amaçladığınıza dikkat etmelisiniz.

Ne demek istediniz?

Küçük örneğimize geri dönelim, arkadaşınızın siz ona seslenmeden önce sizi duyduğunu varsayalım. Bu gerçekten o kadar kötü mü?

Evet, her şeye karşın ben ona seslenmemeye karar vereceğimi varsayarsam... Öyleyse, size göre arkadaşım benim ne dediğimi duydu; ama ben hiçbir şey söylemiş değilim.

Önemli bir varsayımda bulundunuz.

Öyle mi yaptım?

Evet, özgür iradeniz olduğunu varsayıyorsunuz. Bir kere arkadaşınız duydu mu, onu söylemeye yazgılısınız.

Ama özgür irademle hareket edebilirim...

Bunu nasıl biliyorsunuz?

Ona seslenmek ya da seslenmemekten birini seçebilirim. Bu benim kararımdır, arkadaşımın değil.

Az önce bağınızı kopardınız. Bunun kişisel kararınız olduğunu düşündüğünüzü varsayıyorum, fakat bunu nasıl biliyorsunuz?

Şöyle bir post-hipnotik önerme mümkün değil midir: "Hey" gibi özel bir ifade ya da sözcüğü duyar duymaz, bağı kopardınız.

Evet, mümkün olduğunu varsayıyorum, fakat söylediğiniz farklı bir şey. Örneğin, arkadaşım benim "Hey" dediğimi duyduktan bir an sonra, bir keskin nişancı tarafından vurulduğumu ve öldüğümü ve bunu söylemeye fırsat bulamadığımı varsayalım.

Ne kadar korkunç!

Yalnızca bir düşünce deneyi.

Evet, ne olmuş?

Yani, bu mantıksal bir olanaksızlık: Sözcüğü asla söylemediğim halde, benim tarafımdan konuşuluyor.

Özgür iradenizin olması ya da olmaması, yalnızca size bağlı değildir. Evren'in tümü, keskin nişancı ve diğer her şey dahil olmak üzere, bu tür şeylerde birlikte çalışır. "Hey" sözcüğü arkadaşınız tarafından bir kere duyuldu mu, onu söylemeye yazgılısınız.

Özür dilerim ama bunu inanılması zor buluyorum.

Zor olduğunu biliyorum. İnsanların çoğunun bunu kabul edilmez bulduğunu ve varoluşumla bağdaştırmak için sonuçları yeniden yorumlamanın yollarını keşfettiklerini ya da basitçe hiç var olmayabileceğimi varsaydıklarını eklemeliyim.

Varlığınızın, el üstünde tuttuğumuz en önemli düşüncelerimizin birkaçını çiğniyor gibi göründüğünü kabul etmem gerekiyor; gerçek olduğunuza dair zerre kadar kanıt yok.

Kusura bakmayın. Küçük bir kanıt var, zayıf olduğunu kabul ediyorum. Neyse ki, her zaman hafif aralık duran kuramsal kapıdan geliyor.

Hangi kanıtmış o?

Sicim kuramı. Biliyorsunuz ki standart görüntüde, temel parçacıkların uzunluğu, genişliği ya da derinliği olmayan nesneleri gösterdikleri varsayılıyor.

Evet.

Sicim kuramı parçacıkların gerçekten sıfırdan farklı bir uzunluğu olan, gerçekten küçük sicimler olduğunu varsayıyor. Ne yazık ki, birkaç farklı sicim kuramı var; ve fizikçilerin tümü tarafından genel kabul görmüş değiller.

Evet, ana akım fizikçiler topluluğu, onların var olduğunu kabul etmiyor.

Doğru, ama hatırlayın, ana akım içinde yeterince uzun kalırsanız, boğulursunuz.

Bu sizin kişisel yorumunuz mu?

Belki, ama doğru. Yüzyıllar boyunca fiziğin gelişimine bakın. Olağanüstü gelişmeler olmasına rağmen, kayda değer bir doğa görüşü elde edebilmek için akıl almaz temeller kurdunuz. Babanın büyük keşifleri antika haline gelmesine karşın, oğula yanlış girişimler kaldı...

Söylediklerinizi anlayabildiğimden emin değilim.

Isı kuramı buna bir örnektir. Bir süre için, ısının kalori olarak adlandırılan bir madde tarafından taşındığına inanıldı. Sıcak bir kül soğuyunca, kalori onun içinden çevreye akıyordu. Bu antika düşünce şimdi adamakıllı çürütüldü, ama o günlerde ana akımdı. Hidrojen atomunun puding modeli hakkında konuşmak da bir ana akımdı; ama şimdi yalnızca gülümseyerek karşılanıyor, tabii zoraki bir gülüş değilse. Eminim, bir yüzyıl önce, bundan kuşku duymuyordunuz. Fizikçiler gelecekte bugünün ana akımına bakacaklar, yalnızca geçmişten antika bir tuval görecekler.

Böyle bir düşüncem yok.

Olacak.

Sizinle bu konuda anlaşıyoruz, peki ama söz ettiğiniz kuramsal kanıt neydi?

Ah, evet. Bazı sicim kuramcıları benim varlığını öngörüyor, ama o sicim kuramcıları kumsalın yakınında yüzüyorlardı, rotalarını merkeze doğru çevirmek konusunda endişeliydiler, beni öngören kuramı başlarından attılar.

Daha büyük bir destek bulamadığınız için üzgünüm, sonunda SNOB'un bir üyesi mi olacaksınız?

Evet, ama organizasyon ben katılmadan önce şekillenmişti.

Bunu sanırım anlayabiliyorum.

Sonra bu söyleşi çok faydalı oldu.

Salındığımız için teşekkürler, hoşça kalın.

Merhaba.



Bir kuasarla söyleşi

Söyleşiye katıldığınız için teşekkür ederim.

Burada olmaktan ben de memnunum.

Bize kuasar sözcüğünün ne anlama geldiğini anlatabilir misiniz?

Bugünlerde kuasar sözcüğü, "yıldıza benzer" gibi "yıldızsı nesne" anlamı kazandı; ama sizi zamanda geriye götürmeme izin verin. 1960'larda, nesnelerin yaydığı enerjiyi özel bir yolla gözlemlemeye başladınız. O zaman için bu sizin en büyük gizemlerinizden biriydi. Ne olduğum hakkında hiçbir fikriniz yoktu.

Hangi gizemdi o?

Birkaç gizem vardı. Birisi, spektral çizgileri tanımlayamamış olmanızdı.

Hidrojen, her bir elementin, tıpkı parmak izi gibi özgün bir spektral çizgi düzenine sahip olduğunu söylemişti.

Kesinlikle; benimkileri başlangıçta tanımlayamamıştınız.

Neydiler?

Pekâlâ, onlardan bazıları, alışılmış hidrojen çizgilerinde ortaya çıkıyorlardı; ama onları tanımlayamadınız, çünkü çok geniş bir kırmızıya kaymaya sahiptiler.

Bir dakika göz atmama izin verin, evet, gökada kırmızıya kaymayı açıklamıştı...

Biz bu konuda uzmanız.

Biz derken?

Buna birazdan geleceğim. Evren'i bir bütün olarak düşünür-

sek, en uzaktaki nesneler, hareketlerinde en hızlı olanlardır ve bundan dolayı kırmızıya kaymaları çoktur. Bizim geniş kırmızıya kaymamızın iki anlamı vardı: Hızlı hareket ediyorduk ve çok uzaktaydık.

Yani, yüksek hızınız gizemi açıklıyor mu?

Kısmen, fakat bu astronomları bir on yıl şaşkına çevirdi.

Nasıl yani?

Öncelikle, eğer o kadar uzaktaysak, yıldız olamazdık. O uzaklıktaki yıldızlar, bütünüyle görünmez olacaklardır, gölün altındaki eski bir madeni paranın kıyıdan çok sönük görülebilmesi gibi...

Kulağa mantıklı geliyor...

Yani sizin için mantıklı olan, bizim gökada olmamızdı.

Bu neden bir sorundu?

İki nedenle. Sarmal gökadayla bir söyleşi yaptınız, orada olmuş kabul edilen şey şuydu: Ne görüyorsanız, temelde çok sayıda yıldızın sonucudur. Bir diğer anlatımla, dünya üzerinde saptadığınız enerji, aslında 10 milyar yıldızın üretiminin birbirine eklenmesinin sonucundan daha fazla değildir.

Evet.

Kuasarlar farklıdır. Yıldızlardan gelen optik enerjinin yanı sıra çok miktarda kızılötesi ve radyo dalga boyunda enerji ölçtünüz. Normal gökadalar buna sahip değildir.

Anlıyorum.

Güvece biraz daha baharat eklersek, bizim toplam enerjimiz bir gökadadan bin kat daha fazla parlaklık üretir ve hâlâ size en sürprizli özelliğimizden söz etmiş değilim.

Lütfen söz edin...

Bütün bu enerji, uzayın şaşırtıcı derecede küçük bir bölgesinden açığa çıkar ve bu bölge, olasılıkla radyanda bir ışık yılıdır. Bu bütün gökadanızı şimdikinden 100.000 kat daha küçük bir alana sıkıştırmak gibidir.

Bu olanaksız değil mi?

Hayır, eğer gökadanız o boyuta kadar bir biçimde sıkıştırılabilirse, çökerek bir kara deliğe dönüşecek ve karanlık duruma gelecektir.

Kuasar sorununu doğru anlamış mıyım, bir bakalım. Çok fazla enerji yayıyorsunuz, yaydığınız bu muazzam enerjiye göre oldukça küçüksünüz. Ve spektrumunuz yanlış, öyle çok kızılötesi enerji yayıyorsunuz ki, ancak çok sayıda yıldızdan oluşan basit bir küme olsaydınız bu sonuç ortaya çıkardı.

Kesinlikle.

Şu durumda siz nesiniz?

Gökadalarız, ama çok özel bir merkeze sahibiz.

Nasıl bir merkez?

Büyük kütleli bir kara delik.

Ne kadar büyük?

Güneş'inizin kütlesinden bir milyar kez daha büyük bir kara delik.

Eğer gökada bir kara deliğe çökerse, karanlık hale gelecektir dediğinizi düşünmüştüm.

Evet, eğer bütün bir gökada kara deliğe çökerse, görünmez hale gelecektir. Biz biriciğiz. Merkezimizde, bu büyüklükte bir kara deliğe sahibiz, ama gökadanın geri kalanında bolca yıldız var.

Peki, enerji nereden geliyor?

Yıldızlardan farklı olarak, füzyon benim motorumun yakıtı değildir.

Yakıtınız nedir?

Kara deliğe kaçan yıldızlardır. Söyleşi yaptığınız kara delik, bu temel kavramı açıkladı.

Bir bakalım, şöyle demişti: "Her daim kapımı çalan ziyaretçilerim var. O kadar çoklar ki, mesai çıkışlarındaki köprü trafiğinden beter bir trafik oluşuyor dışarıda. Barut kesiliyorlar. Hatta, etraftaki madde o kadar çok ısınıyor ki, özel bir tür X-ışını radyasyonu yayıyor."

Köprü trafiğinin nasıl olduğunu bilmiyorum, ama evet, bu basit bir fikir. Şu var ki, benim böylesine büyük olan kara deliğim, yıldızlar ve toz benzeri çok fazla materyal yakalar ve bunlar deliğin içine doğru girdapla dönerek inerken, sürtünmeden ötürü çok sıcak olurlar ve bu enerjiyi yayınlarlar.

Yayınladığınız bütün enerjinin hesabının içine, çok fazla maddenin çekilmiş olduğunu anlıyorum.

Haklısınız. Her bir gün için aşağı yukarı bir yıldızın kütlesine eşittir.

Büyüleyici, ama bir dakika geri dönebilir miyim?

Tabii ki.

Kuasarların çok uzak nesneler olduğunu söylemiştiniz.

Görebildiğiniz en uzak nesneler arasındadır.

Evren'in bir bütün olarak homojen olduğu izlenimine sahiptim ve bu Evren'de biz özel bir yer tutmuyorduk. Buna karşın, hepiniz bu kadar uzaktaysanız şu açığa çıkıyor ki, biz oldukça özel bir yer tutabiliriz.

İlginç bir nokta, ama bir şeyi unutuyorsunuz. Uzaya baktığınızda, geçmişe bakıyorsunuz.

Uzaya baktığımda geçmişe bakıyorum. Bunun nedeni ışığın bize yolculuğunun aldığı zaman mıdır?

Evet, örneğin, gökyüzünüzdeki en parlak yıldız olan Sirius'a baktığınızda, gördüğünüz ışıklar 9 yıl önce yayınlanmıştır. Size en yakın başlıca gökada olan Andromeda Gökadasına baktığınızda, geçmişte 3 milyon yıl öncesine bakarsınız. Size en uzak kuasara baktığınızda, 10 milyar yıl önce yayınlanan ışığı alırsınız.

10 milyar yıl önce! Evren'in yaşına yakın bir zaman bu!

Evet, bir teleskop gerçekten uzak geçmişe sondaj yapan bir zaman makinesi gibidir.

Yani yeterince büyük bir teleskopa sahip olsaydık, zamanın başlangıcına tanık olabilirdik.

Her şeyin doğumuna mı? Bu gerçekten büyüleyici olurdu, ama hayır, geriye gidebileceğiniz uzaklığın bir limiti vardır, bu Evren'in görünebilir sınırı olarak adlandırılır.

Çok kötü.

Belki, benim hikâyeme geri dönersek, kuasarlara baktığınızda, Evren'in uzak geçmişine bakarsınız. İlerleyen zamanlarda kara delikler -erişebilecekleri yörüngenin dışındakiler haricinde- emebildikleri kadar yıldızı içlerine çekmiş, gökadanın merke-

zinde atıl biçimde fark edilmeksizin yatmaktadırlar. Yakınınızda pek fazla kuasar görmemenizin nedeni, kara deliklerin doymuş olduğu zamandan çok sonrasına bakmanızdır. Bizi ancak derin geçmişin içine bakarsanız görebileceksiniz.

Yani geçmişten öğrenebiliriz...

Evet ve geçmiş, gökyüzünün yıldızlarla dolu olması gibi bilgiyle doludur.

Bütün bu yolu geldiğiniz için teşekkürler, sizinle söyleşmek çok keyifliydi.

Teşekkürler.



Antimaddeyle söyleşi

Günaydın, ne kadar iyisiniz, durdunuz.

Davetiniz için teşekkürler. Kaydettiğiniz için söylüyorum, ben anti-elektron olan bir pozitronum.

Açıklık getirdiğiniz için teşekkürler. Antimaddenin ne olduğunu açıklayabilir misiniz?

Bunun için buradayım.

Harika.

Bildiğiniz gibi parçacıkların ya pozitif ya da negatif yükü vardır; ya da yükü yoktur.

Evet.

Bildiğiniz ve bozon ve fermiyonun da açıkladığı gibi, bir spine sahibiz ve elbette çoğumuzun kütlesi var.

Foton hariç, değil mi?

Evet. Bir elektronla tam olarak aynı kütleye sahibim, ama bütün diğer özelliklerim ona zıttır. Yüküm, elektronun yüküne eşit büyüklüktedir, ama negatif yerine pozitiftir. Eğer bir elektronla aynı zamanda oluşturulmuş olsaydım, spinim, elektronunkinden karşıt bir yöne işaret edecekti. Bu diğer anti-parçacıklarda da aynıdır; anti-proton protonla tam olarak aynı kütleye sahiptir, ama diğer özellikleri ona zıttır. Protonun baryon numarası +1'dir, anti-protonun baryon numarası -1'dir.

Size söz ettiğim söyleşiyi yaptığım elektron, ikiniz karşılaşırsanız, yok oluşun kaçınılmaz olacağını söylemişti. Buna katılıyor musunuz?

Evet, herhangi bir zamanda bir parçacık anti-parçacığıyla karşılaşırsa, daha hafif parçacıklar ya da fotonlar yaratarak karşılıklı olarak yok olacaklardır.

Neden böyle?

Doğa hareketi sever, değişimi sever. Yıldızlarınız bunu taçlandırmıştır.

Bir bakalım, aaa evet, "Çöl için kum neyse, doğa için de başkalaşım odur."

Aynı zamanda şunu düşünüyorum, eğer doğa özgür olabilseydi, her şey her şeyle etkileşim içinde olurdu ve bundan mükemmel bir kaos oluşurdu. Bazı nedenlerle, bizlerden hiçbiri anlayamayız bunu; belirli bir düzen, sıkı takip edilecek kurallar dizgesi vardır. Bu kurallar takip edildikleri sürece belirli gelişmelere engel olurlar; sonra etkileşimler, yok oluş ve yaratılış gerçekleşir.

Biraz daha özelleştirerek anlatabilir misiniz?

Yükün korunumu, spinin korunumu gibi birkaç kural var. Örneğin, bir elektronu yalnız başına oluşturamazsınız, çünkü bu yükün korunumu kuralını çiğneyecektir. Fakat bir elektron ve bir pozitronu oluşturabilirsiniz, çünkü total yük sıfır olacaktır.

Zıt yönlerde iki spininiz olduğunu varsayıyorum; birbirini her zaman sıfıra tamamlıyorlar.

Kesinlikle, böylelikle parçacık ve anti-parçacık birlikte oluşturulduğunda hem yük hem de spin korunabiliyor. Yok oluşta da aynı şekilde; bu nicelikler yine korunacaktır. Hiçbir doğa kuralı çiğnenmez, yani etkileşimli süreçler kuvvetle doludur.

Yani bir elektrona yaklaşırsanız, bu kendi yok oluşunuz mu olur?

Elektronunuzun söylediği gibi, "bu mahvoluştur."

Her parçacık bir anti-parçacığa sahip midir?

Evet, her bir kuarkın bir anti-kuarkı vardır, nötrinonun anti-nötrinosu, vb.

Yani antimadde kuramsal bir spekülasyon değil?

Hiç de değil, onu laboratuvarınızda üretiyorsunuz.

Bunu fark etmemiştim.

Antimaddeden sandalye ya da sepet çıkaracağınızı söylemedim, onu parçacıktan parçacıkla yaparsınız. Aslında CERN'de birkaç anti-hidrojen atomu yaptınız. Elektronunuzun CERN hakkında hoş anıları olmadığını anımsıyorum.

Yoktu gerçekten. Büyük bir enerji kaynağı olacakmış gibi görünüyor.

Hapsetmek sorununu çözebilirseniz...

Demek istediğiniz, onu çevreleyenleri yok etmesin diye antimaddeyi hapsetmek mi?

Hayır, demek istediğim onu kendi yok oluşuna karşı sınırlamaktır.

Oooh.

Evet, fakat sözünü ettiğiniz hapsetme de bir sorundur. Buna karşın yapılabilir.

Nasıl?

Manyetik alanlar, nötrinonuz bütün yüklü parçacıklar için doğru olduğunu söylemişti, "Bir manyetik alan usta bir cerrahın eliyle, hızlarını etkilemeksizin yönlerini değiştirir." Bir manyetik alanla, anti-parçacıkları kapana kıstırabilir ve onları uzayın küçük bir bölgesinde tutabilirsiniz.

Bu manyetik şişe olarak mı adlandırılıyor?

Evet, siz aynı zamanda onu parçacıkları tutmak için kullanıyorsunuz.

Madde antimadde roket motoru hakkında bir şeyler duymuştum...

Evet, NASA metalinden yapılmış değildi, bir spekülasyon üzerine inşa edilmişti; fakat kuramsal olarak olasılık dahilinde.

Antimadde itici gücü, şimdilerde kullandığımız katı ve sıvı yakıtlardan daha mı üstün?

Çok fazla alana gerek kalmaksızın, çok daha fazla enerjiye erişilme olasılığı var. Bir kere hapsetme sorununun üstesinden gelirseniz, Evren sizindir.

Hangi anlamdaki hapsetmeye göndermede bulundunuz?

Gerçeği bulma itici gücünden çok daha fazla olanına.

Evet, sanıyorum. Ama beni hayrete düşüren başka bir şey var. Bir anti-protonla rastlaştığınızı varsayın, birlikte bir anti-hidrojen atomunu oluşturabileceğinizi söylemiştiniz...

Evet. Aslında, yaydıkları ışığa bakarak, hidrojen ve anti-hidrojen arasında ayrım yapamazsınız.

Anti-hidrojen, hidrojenin tanımlandığı spektrumla tam olarak aynı spektrumda mı yayın yapacak?

Kesinlikle.

Antimadde, daha büyük nesneleri yapmak için birlikte mi şekillenecek?

Evet, gökadaları ve yıldızları yapmak için birlikte şekillenecek. Gördüğünüz bazı gökadalar ya da Evren'in bazı geniş bölgeleri ya da antimaddeden yapılanlarla ilgili bir spekülasyon vardı.

Bunun kanıtları var mı?

Fiziksel kanıtları yok, ama felsefi argümanlarınız var.

Hangi argümanlar?

Simetriden faydalanarak doğayı anlamakta muazzam bir gelişme gösterdiniz. Doğada saklı ve görebildiğiniz birçok simetri olduğuna inanıyorsunuz.

Simetriler Wimp gibidir, nötralino demek istiyorum, katılıyor musunuz?

Evet, onlar ve diğerleri gibidir. Anti-parçacığın neredeyse bir parçacık gibi olduğunu göz önünde tutarsak, neden Evren'de bu kadar çok madde ve bu kadar az antimadde var? Simetri düşüncesi sizi, Evren'de eşit miktarda madde ve antimadde olduğuna inanmaya yönlendiriyor.

Eğer eşit miktarda madde ve antimadde olsaydı, sonrasında birbirlerini yok edeceklerdi diye düşünüyorum.

Bunu söylemekle, bu soru üzerine düşünmek için de burada olmayacağımızı ima etmiş oluyorsunuz.

Şimdi bundan söz ederseniz, evet.

Her neyse, Evren'in ilk zamanlarında, madde ve antimadde miktarının birbirine oldukça yakın olduğuna inanılıyor; fakat zaman geçtikçe, aradaki hafif dengesizlik bugünkü durumumuza doğru büyüdü. Neyse ki burada başka bir olasılık var.

Söyleşiler yaptıkça, her zaman başka bir olasılığın var olduğuna inanmaya hazır hale geldim.

Bunu duyduğuma sevindim.

Diğer olasılık nedir?

Evren'in bütünü eşit miktarda madde ve antimaddeye sahip olabilseydi, bir madde gökadası olacaktık. Ortalamanın üstündeki bütün gökadalar antimadde olsaydı, her birinin miktarı eşit olabilecekti.

Bir gökadanın bütünü antimadde olsaydı, bunu söyleyemezdiniz.

Hayır, bir madde gökadasıyla çarpışana kadar söyleyemezdim.

Sonra ne olur?

Güm pat...

Güm pat?

Muazzam bir enerji boşalması alacaksınız...

Ne kadar?

Bir kuasarın 100 milyon yılda yaydığı kadar kuvvetli.

Anlıyorum. Başka bir şey sormama izin verir misiniz?

Bunun için buradayım.

Bir anti-parçacık bir parçacığın zıt özelliklerine sahiptir; kütle hariç, yükün karşıtı, spinin karşıtı, vb.

Evet.

Peki, neden kütlenin karşıtı değil? Bir diğer anlamda, neden negatif kütlesi olmasın?

Bunu size söyleyemem, ama negatif kütleli parçacıklar oldukça farklıdır.

Negatif kütleli parçacık var mı?

Onları kesinkes gözlemiş değilsiniz, ama ilkece varlar.

Negatif kütleli ve pozitif kütleli parçacıklar birbirlerini geri mi püskürtür?

Hayır.

Negatif kütleli ve pozitif kütleli parçacıklar birbirlerini çeker mi?

Hayır.

Hayır mı?

Hayır, negatif kütleli parçacık, pozitif kütleli parçacığı kovalar. Birlikte oldukça hızlı yarışırlar.

Büyüleyici.

Daha da fazlası var. Kaleminizi tutup duvara karşı fırlatırsanız, ne olur?

Duvar, kalemi durduracaktır.

Doğru, çünkü duvar kaleme yavaşlamasına yol açan bir kuvvet uygular.

Evet.

Şimdi kalemin negatif kütleli olduğunu ve duvara vurduğunu düşünün. Aslında, kütlenin negatif olması ivmenin zıt yönde olmasıdır; yani duvara çarpınca hızlanır.

İnanılmaz.

Belki, fakat daha sonra ne olacağını hayal edin. Şimdi oldukça hızlıdır, ne zaman bir sonraki duvara çarpsa, yeniden hızlanacaktır ve artık gerçekten hareket ediyordur.

Eğer duvar yüksek düzeyde çelikten yapılmışsa ne olur?

Kalem üzerindeki kuvvet artacaktır ve ivmesi daha büyüyecektir. Tabii ki kalem harap olacaktır, fakat neler olabileceğini görüyorsunuz.

Bunun hapsetme problemi olduğunu söylemeyin bana...

Öyle, bütün negatif madde kovulacaktır; aslında negatif maddeyi neden hiç bulamadığınızı açıklayacak olan da budur. Askeri gücünüz negatif kütleyle gerçekten ilgileniyor, zırhlı delici malzeme parçalarına para yatırıyorlar.

Doğru yolda olduğumdan emin olalım. Antimadde gerçektir, laboratuvarda yapılmıştır, pozitif kütlesi vardır ve itici güç olarak kullanılabilir. Negatif kütle ise farklıdır ve asla gözlenmemiştir.

Tam olarak böyle.

Bu meseleleri açıkladığınız için teşekkürler.

Rica ederim.



Bir demir atomuyla söyleşi

Burada bulunabilmek için uzun bir yol kat etmeniz gerekti sanıyorum.

Evet, oldukça kütleli bir yıldızda yaklaşık 10 milyar yıl önce şekillendim ve yıldızın süpernova patlamasından sonra uzaya fırlatıldım.

Oldukça sıkıcı bir yolculuk olduğunu varsayıyorum. Karbon atomu demişti ki, "Ardından binlerce, milyonlarca ve milyarlarca yıl, bir gün gibi hızla geçti ve ben bir kez daha can sıkıcı bir tekdüzelik içerisinde kaldım. Kendimi, evimden uzakta, daha önceki sıcak çevremin aksine soğuk, kasvetli, ıssız bir genişlikte kapana kısılmış buldum. En yakın komşularımdan, hidrojen atomlarından, iletişim kuramayacak kadar uzaktaydım".

Hayır, hiç de değil; benim harika bir yolculuğum oldu.

Bize yolculuğunuzu anlatır mısınız?

Elektronlarıma zorlukla inanabileceğim kadar hızla uzayın içinde zumlandım, ama bunun her milenyumundan hoşlandım.

Neler gördünüz?

Evren o günlerde epey farklı bir yerdi, gökadalar daha küçüktü, yıldızlar daha parlaktı, havalar daha temizdi ve birliği, beraberliği daha iyi hissederdik.

Hava temizdi derken...

Evet, sözün gelişi. Evren daha gençti ve maddenin çoğu gökadalar içinde birlikte iç içe düzenlenmişken, çok fazla süpernova oluşmamıştı, yani gökadalar arası madde daha azdı.

Anladım. "Birliği, beraberliği daha iyi hissederdik" dediniz, bunun nedeni Evren'in bu kadar genişlememiş olması mıydı?

Evet. Yıllar geçerken, çoğunu anlayamayacağım çok sayıda harika manzara gördüm. Kara nesneler kalp atışı gibi düzenli gerçek bir darbe enerjisi için çok küçüktüler; yıldızlar hiçbir yerde görülmeyen eşlikçilerinin civarında çıldırmış gibi fırıl fırıl dönüyorlardı; uçsuz bucaksız hidrojen bulutları çöküşün komplocu fısıldaşmalarıyla doldu ve başkaldıran madde külteçekimsel zincirlerinden kurtuldu. Gördüğüm her şeye hayrandım, ama sonra jübile günlerimin yaklaşmakta olduğundan korktum.

Ne oldu?

Yalnızca aşağı yukarı bir milyon yıl sonra, bir gökadanın merkezine doğru yöneldiğimi fark ettim. Zaten beni kalbine doğru götüren yumuşak bir çekimi hissetmeye başlamıştım.

Ne oldu?

Bunun mümkün olduğunu düşünmüyordum, fakat durum daha da kötüleşmeye başladı ve korkak tavrımı aşamadım. Gökadaya yakınlaşmış ve gerçekten hızlanmaya başlamışken, ışığından biraz emdim ve iki elektron kaybettim.

Yani pozitif iyon haline mi geldiniz?

Evet, fakat işe bakın ki, beni korudular.

Nasıl?

Pekâlâ, iyonize hale gelir gelmez, beni gökadadan uzaklaştıran, dönmeye zorlayan yan bir kuvvet hissetim. Bunu fark etmeden önce, gökadanın yörüngesinde dönüyordum ve onun görkeminden hoşlanmaya başlamıştım.

Sizi çevresinde döndüren şey neydi?

Gökadanın manyetik bir alanı vardı ve manyetik kuvvet beni bir süreliğine yörüngede tuttu.

Devamında ne oldu?

Gelişini hiç görmediğim bir başka atomla çarpıştım, iki elektronumu yeniden geri kazandım ve sepetlendim. Nötr hale gelir gelmez, manyetik alanı hissedemez oldum, fakat bana eklenen hız beni gökadanın tutabileceğinden hızlı yaptı, böylece yeni bir yöne doğru yola koyuldum, Evren boyunca göç ettim.

Yolculuğunuz heyecan verici görünüyor.

Birkaç diğer fırtına boyunca da gemim yolculuğunu sürdürdü, fakat sonunda durgun denizler buldum. Bu, rüzgârı yitirdiğimi fark ettiğim sıralarda oldu.

Ne demek istiyorsunuz?

Yavaşlıyordum.

Uzaydaki yolculuğunuzda mı yavaşladığınızı söylemek istiyorsunuz...

Bana etkiyen hiçbir kuvvet olmasaydı, asıl hızımla sonsuza kadar gidebilirdim. Bununla birlikte, arada sırada, diğer atomlar ve toz zerrecikleri gibi olağanüstü şeylerle çarpışıyordum ve onlar beni yavaşlatıyordu. Bir süre sonra bunun nedeninin, yeterli miktarda parçacık ve hidrojenin doğum dansıyla birlikte biçimlenmek için toplanmaları olduğunu fark ettim.

Karbon atomunun anlattığı Güneş Sistemi'mizin doğumuna mı gönderme yapıyorsunuz?

Evet, karbon atomunun bütün bunlar hakkında ilginç bir bakış açısı vardı. Şanslıydım, dünyanız biçimlenir ve yeniden biçimlenirken, yüzeyin çok yakınını boyladım, ama bunu bilmiyordum. Karbon atomunuzun neden böyle söylediğini anlıyorum: "Kaşla göz arasında katı bir demir ve mineral küresinin derinlerine gömülmüştüm. Her yönden itilip kakılan, sonsuzluktan başka gidecek bir yerin olmadığı, korkunç bir karanlık içine hapsolmuş ve zaman algımı tümden yitirmiş durumdaydım."

Evet, anımsıyorum.

Şimdi bunun üstüne düşünüyorum, karanlığın içine karbon atomundan çok daha uzun bir dönem için fırlatılmıştım. Gene de, bir zaman sonra, ışık aralıklardan sızdı, ortaçağ çatısından yol bulan su gibi. Işıkla etkileşmeyeli çok uzun zaman olmuştu, kuralları güçbela anımsayabiliyordum, ama oyuna geri döndüğüm için çok hoşnuttum ve yeraltındaki geçici konaklamam, sonuna yaklaşmıştı.

Ne oldu?

Çukur kazan bir arkeolog gibi, rüzgârın ve suyun güçlü elleriyle birlikte zamanın narin parmakları da kuvvetlere katıldı,

toprak engelini titizlikle seyrelttiler ve sonunda harika ama bir o kadar da zararlı olan gün yüzünüze çıktım.

Yüzeye erozyonla geldiğinizi mi söylemek istiyorsunuz?

Bunu başka şekilde söylüyorum.

Zararlı olan kısım?

Oksijen. Bu konudaki fikrinizi biliyorum, ama bizim için oksijen parazit gibidir. Kavrar, asla gitmez, sizi ayrı düşene kadar yıpratır.

Pastan mı söz ediyorsunuz?

Bunu başka şekilde söylüyorum.

Bizim en yaşamsal elementimiz sizin cezanız...

Evet, ama maceranın bütün yeni elemanları hazırda bekliyordu. Yıldızlar boyunca süren göçüm sırasında tanık olduğum bütün olan bitenden farklı bir biçimde, asla kuşkulanmadığım bir yolla dahil oldum...

Neye dahil oldunuz?

Siz adlandırın.

Bana biraz ipucu verebilecek misiniz?

Anımsadığım ilk şey, bizden çok miktarda bir disk içinde dövülmeye başlandığı, sonra merkezimizde bir delik açıldı; hayvan derisinden bir sicim bu delikten geçirildi ve atalarınızdan birinin boyun çevresine asıldık. Onlar bizi kutsallaştırdılar. Onları koruyacağımızı ve onların gökleri ve yeri anlamalarına yardım edeceğimizi düşündüler.

Bir gerdanlık için mi üretildiniz?

Evet ve onları anlamaya başlamışken, onlar da beni anlamaya başladılar. Bütün varoluşumun en mutlu dönemlerinden biriydi.

Sonra ne oldu?

Türünüzün bir başka yüzünü gördüm. Zamanla, insan beni kan dökmek için tutmaya başladı. Bana acı ve dehşet veren olaylar, kısmen benim yüzümden başıma geliyor.

Neden sizin yüzünüzden?

Bu harika insanlar demiri sevdi, onu mücevherlerinde, yiyecek kaplarında, basit tarım araçlarında kullandılar. Demir Çağının doğuş günlerindeydik, şafaktı, ama güneş bu kültürün üzerinde

batmak üzereydi. Çok geçmeden demirin bronzdan daha sert olduğunu fark ettiniz, beni ve diğerlerini yumuşak ve kırmızı kora dönüşene kadar ilkel fırınlara fırlattınız. Sağlam bir biçim içinde çekiçlerle işlenirken, ısım gibi neşem de dibe vurmuştu.

Ne oluyordu?

Bir başka ziynet eşyası olmayı ummuştum ya da bir tabak, hatta saban; ama yaşamı koruyacak bir şey olamayacaktım.

Ne oluyordu size?

Bir kılıca dönüştürüldüm. Bütün varoluşumu "sonsuzluktan başka gidecek bir yerin olmadığı, korkunç bir karanlık içinde" geçirmeyi, bu dönem boyunca yaptıklarıma yeğlerdim. Oh, demir! Ne güzel, demir!

Geçmişte bazı şiddet zamanları yaşadığımız doğru...

Geçmişte mi? Gördüğüm kadarıyla, her yüzyılda daha da kötüye gittiğinizi söyleyebilirim ve bu 25 yüzyıldır böyle.

Özür dilerim.

Evet, biliyorum. Her neyse, ironi[1] benimle artmıştır. Sonunda oksijen bizi olumsuz olarak etkiledi ve kurtardı. Bir zamanların korkunç ganimeti olan kılıç, paslandığı için kullanılamadı. Birçok demir atomu, oksijenle zor yoluyla evliliğe maruz kalmasına rağmen, korkunç paslı aletleri görmekten son derece hoşnut olur.

Başınıza sonra neler geldi?

Kendimi zemine oturmuş buldum, günlerimin sayılı olduğunu biliyordum. Su, nötrino akıntısı gibi üzerimden akıp geçti, fakat su nötrinodan farklı olarak oksijen kaplamayı sever ve ben bir demiroksit molekülü haline geldim.

Çok kötü.

Pekâlâ, burada büyük bir ironi var. Bütün yaşamımı bu kaderden korkarak harcadıktan sonra, moleküler yaşamı daha konforlu buldum. Bunun bir tür ironik anlamda emeklilik olduğunu düşünmeye başladım.

Farklı koşullarda olmak size keyif verebiliyor.

---

1) Yazar, metin boyunca "irony" kelimesinin sesdeş olan iki ayrı anlamından da yararlanıyor; hem "alaycılığa" hem de "demirimsiliğe" birden göndermede bulunuyor. (ç.n.)

Hepsi veriyor, korkunç ölüme aracı olmak dışında.

Sonra ne oldu?

Sizin toprağın üstü dediğiniz, gezegeninizin yüzeyini boyladım. Tohumlarınızı toprağa ekmenizi ve ekini toplamanızı seyrettim. Dünyanın sarsılışlarını hissetim ve gezegeninizin üreteceğini tahmin ettiğimden daha şiddetli fırtınalara tanıklık ettim. Yolların yapılışını ve lanet olası binaların dikilişini gördüm, yaşamın gelişini ve yaşamın gidişini gördüm. Derken emekliliğimde göreve çağrıldım.

Ne oldu?

Ispanak gibi yeşil ve yapraksı bir şeyler tarafından emildim ve genç bir kadının yemeği oldum.

Sağlıklı olmak için sizden eser miktarı almaya gereksinimimiz var, evet.

Eser miktar? Sizin bedeninizde, Evren'deki yıldız miktarından çok daha fazla demir var.

Bu pek mümkün görünmüyor.

Yeterince sağlıklı görünüyorsunuz, içinizde, olasılıkla yaklaşık 5 x 10^{22} demir atomu var, belki daha fazlası. Bu Evren'deki yıldız sayısından daha fazla olabilir, belki de değildir, ama yakındır. Yeri gelmişken, size sağlıklı olmaktan çok daha fazlasını sağlarız, bizsiz yaşayamazsınız.

Evet, bizim için temel element olduğunuzun farkındayım. Bedenin içinde olmak neye benziyor?

İlkönce, hidroklorik asit tarafından saldırıya uğradım ve oksijen atomlarından birini kaybettim, geride yalnızca ikisi kaldı. Ardından seri üretim hattına katıldık.

Seri üretim hattı?

Nasıl hissedilirse öyledir. Ben bir hemoglobin molekülü ile bağlandım, ciğerlerden dokulara oksijen taşıdım ve karbondioksit ciğerlere geri döndü. Uzun ceza dönemim için bir taksi haline gelmiştim, artık sizin müttefikinizdim. İronik değil mi? Burada ilginç birkaç etkinlik vardı, daha önce düşündüğümden çok daha karmaşık aşamalarmış; iş benim fark ettiğimden çok daha zormuş.

Zor bir iş olarak bu ulaştırma işini mi buldunuz?

Korlaşmak için ateşe tutulmak istiyorsanız, ilkönce kömürü küremeniz gerekir.

Onsuz yaşayamayacağımız element olan demirin, uzak bir bölgede, uzak bir geçmişte bir dizi şaşırtıcı birleşmenin içinde şekillenmiş olmasını büyüleyici buluyorum, deyim yerindeyse, en şiddetli kozmik patlamalarımızdan biriyle uzay içine fırlatılmasını...

Amaçlı bir geridönüşüm.

Sonra?

Karbon atomunuzun göndermesini hatırlıyorum, "felç edici bir kedere gömülmek". Bu harika etkinlikten birkaç ay sonra, ben de bunu hissettim ve bedenden ayrılarak tekrar toprağı boyladım. Hayatının tadına sahip olduğumu hissetmiştim ve şimdi cansızlığa mahkûmdum, ama hata yaptım.

Ne oldu size?

Toprakta bir ya da iki nesil harcadım, ama yüzyıllar geçerken kendimi yığınla konuğu olan bir reenkarnasyon çevriminde buldum. Bir galaktik aylaktan hayat dolu gayretli emekçiye, geçirmek zorunda kaldığım büyük değişimleri yansıttım.

Anlıyorum ve sonra ne oldu?

Bir noktada temizlendim ve eski müttefik kuvvetlerime katıldım ve çevrime yeniden dönmeden önce bir potada eritildim. O zamanlar Magna Carta yeni imzalanıyordu, ben bir fare kapanı içine yerleştiriliyorken Magna Carta yüz mil uzakta bile değildi.

Bir fare kapanı? 800 yıl önce var olduğunu bilmiyordum.

Benim için şanstı, kapan kötü üretilmişti, ya da belki ortaçağ fareleri akıllıydı; her neyse, onun sefil yakalama oranı beni eritme potasına geri gönderdi. Uzun bir şeyin içinde biçimlendirildim, eğildim ve meşeden kalın bir kapının dış yüzeyine eklendim.

Kapı tokmağı mı oldunuz?

Evet, pek çok elin gücünü hissetim, ailelerin çocuklarını büyütmesini seyrettim; doğumun neşesini ve ölümün çaresiz ıstı-

rabını gördüm. Orada çok mutluydum ama ilerlemenin endüstriyel parmakları uzandı ve kaptı beni yeniden.

Ne oldu?

Maden eritme ocağı icat edildi. Bununla, ilk kez, gerçekten erimiş demir yapabildiniz, artık beni çok sayıda farklı karışık biçimler içinde olmaya zorlayabiliyordunuz. 1500'lerde, Avrupa her yıl 50.000 tonun üzerinde demir ve çelik üretiyordu.

Ve siz?

Ben ilkel bir kilit mekanizmasının içini boyladım ve yalnızca sizin türünüzün üretebileceği bir dizi başka belanın ortağı olmaya zorlandım.

Neydi bunlar?

Çoğunlukla altın olan bazı metal paralar, elmas formundaki karbon ve sizin deyiminizle bazı pahalı mineraller içeren bir kutunun kilitlenmesine yardım ettim. Bu kutuya açgözlüce sahip olmak isteniyordu; nesiller boyunca ara ara, uğruna insanların öldüğü mücadeleler yapıldı, komplolar kuruldu. Benim kafamı karıştıran kutunun içindekilerin asla kullanılmaması ve gün ışığına hemen hemen hiç çıkmamasıydı; buna rağmen, dünyada çekilen ıstıraplar, bunların mülkiyet umudu üzerinde yükseliyor.

Tek bir atomun yaşayabileceği heyecandan çok daha fazlasını nasiplenmişsiniz.

Daha fazlası var. Bir süre sonra İspanya'yı boyladım ve mutluluğun ne olduğunu bilemeden, Yeni Dünya'ya doğru yelken açan bir tekneye yüklenmiştim.

İlk kâşifler, Kuzey ve Güney Amerika yerlileriyle birlikte bazen incik boncuk ticareti de yaparlardı.

Aslında, ben hiç yapmadım.

Ne oldu?

Tekne, bir yerin yakınında çapasını aşağıya saldı, Kuzey Carolina olduğunu söyleyebilirim. Gelgit kesildi, tekne dibe vurdu, teknenin omurgası bütünlüğünü kaybetti ve 12 saat sonra sadece balıklar teknenin karaya ulaştığını biliyordu.

Tekne battı mı?

Dibi boylamaktan daha fazlası oldu. Parçalarına ayrıldı ve geride, bu ölümcül görevin son izleri olarak dağılmış parçalar kaldı.

Yani siz de dibe mi battınız?

Batma kelimesini kullanmayacağım, çünkü ilk zamanlar bundan hoşlanmıştım. Bununla birlikte, deniz suyu kaplamalarımı aşındırdı, geleceğimden bir parça kaygılanmaya başladım, fakat bir kez daha imdadıma yetiştiniz.

Nasıl?

Bir balıkçı teknesi, ağıyla çekti beni. Ben ağın içinde gevşek gevşek sallanırken menteşeler koptu, parıldayan sular içinde yol alırken yıpranmış sandık ağla birlikte hareket etmeye devam etti ve içindekileri yavaşça bıraktı; denizin dibinde hiçbir yeri işaret etmeyen dev bir parmağa benzeyen mücevherden bir yol oluşturarak...

Balıkçı sizi tuttu mu?

Hayır, ağ içinde keşfedildiğimde, halkalarının gerçekten neden yapıldığına dair bir-iki söz duydum ve hızlı bir şekilde geri-dönüşüm kutusunun içine fırlatıldım.

Maden eritme ocağına geri mi döndünüz?

Kendimi Pennsylvania'da bir çelik fabrikasında buldum. Daha önce hiç bu kadar ısıtılmamış ve rafine edilmemiştim; doğru miktarda karbonla demlendirme yönteminizle rafine edildim, yüksek düzeyli bir çelik haline geldim ve cerrah neşteri olarak kullanılmaya başladım.

Bu harika, bir kılıçtaki umutsuzluk günlerinizden yaşam kurtarmanın moral veren günlerine...

Herhangi bir yaşamı kurtarmadık, çok yiyen insanların yağlarını kestiğimiz Kaliforniya'yı boyladım.

Ah.

Bu durum uzun sürmedi; hukukçularınız cerrahlarınızdan daha keskin araçlara sahip.

Ne demek istiyorsunuz?

Benim cerrah yanlış yüz üzerinde iğrenç yara izleri bıraktı; çok pahalı bir dava kaybetti ve bu onun aletlerini kaybetmesine

neden oldu. Söyleşilerinizi duyduğumda, buraya en kısa sürede gelmeye çalıştım.

Durduğunuz için teşekkürler, herhangi bir gelecek planınız var mı?

Evet, New Jersey'de, benimle birlikte bakır, selenyum, çinko ve diğer elementlere gereksinim olduğu söylentileri var. Planım bir çift oksijen yakalayıp mümkün olduğunca hızla ayrılmak.

Neler olacak?

Bir vitamin hapı üreticisinin, ürününe tamamlayıcı olarak daha çok mineral koymak planı var. Yol boyunca rastlayacağınız fırsatlar asıl yerlerden başka alanlarda kullanılmanızı sağlayabilir, ama hayatta bir amacın olması iyi bir şeydir.

Katılıyorum. Yolculuğunuzda size iyi şanslar.

Teşekkürler, size de.



Bir muonla söyleşi

Durduğunuz için teşekkürler, boşa geçirecek pek fazla zamanınız olmadığını biliyorum.

Kesinlikle, kısa bir ömrüm var; her an gidebilirim.

Bize kendiniz hakkında bir şeyler anlatmak ister misiniz?

Kazara bulundum, ama zaten doğada pek çok harika keşif tesadüfen olmuştur.

Nasıl yani?

Her şey gerçekten 1930'larda Yukawa ile başladı. Onunki sadece harika bir fikir değildi, aynı zamanda doğanın yeni yüzüne bir göz atıştı; doğanın yüzü, bir kez tam olarak açığa çıktığında, tüm güzelliğini sergiledi.

Devam edin, lütfen.

Yukawa nükleer kuvvetleri anlamaya emek harcıyordu ve bu gücün pion olarak adlandırılan kütleli parçacığın değiştokuşundan kaynaklandığını varsayıyordu.

Evet, bozon ile kuark bu fikri tartışmışlardı.

Pekâlâ, Yukawa çimlendirdiği bu tohumu ekti.

Değiştokuş parçacıklarının kütlesiz olduklarını düşünürdüm...

İki tür değiştokuş parçacığı var; graviton, foton, gluon gibi kütlesiz olanlar, W ve Z parçacıkları gibi kütleli olanlar. Kütlesiz parçacıklar, uzun erimli denilen kuvvetlere, yani elektromanyetizm ve kütleçekimi gibi uzaklığın karesiyle ters orantılı olarak değişen kuvvetlere yol açarlar. Kütleli değiştokuş parçacıkları

ise çok kısa erimli kuvvetlere yol açarlar, yalnızca bir çekirdek boyunca etki eden vb. kuvvetler gibi.

Niçin böyle?

Şöyle diyelim, bu değiştokuş parçacıklarının sanal olduğunu hatırlayın, enerjinin korunumunu çiğnerler. Bu nedenle çok uzun yaşayamazlar. Bu, onların çok uzaklara yolculuk yapamayacakları anlamına gelir; dolayısıyla onların yol açtığı kuvvet, yalnızca parçacıklar çok yakınsa etkilidir.

Enerjinin korunumunu çiğnemeleri ne demek ve neden çok uzun yaşayamıyorlar?

Programınızda boşluk ile bir söyleşinin de yer aldığını görüyorum; sorunuzun orada yanıtlanacağına eminim. Şimdilik, yalnızca şunu aklınızda tutun: Daha ağır değiştokuş parçacıkları daha kısa yolculuk yapabilir ve kuvvetin erimi daha kısa olur.

Peki, nereden geldiniz?

Daha önce söylediğim gibi, Yukawa değiştokuş parçacıklarının varlığını öngördü. Nükleer kuvvetlerin erimini bilerek, bu parçacıkların elektronun kütlesinin yaklaşık 200 katı kütleye sahip olabileceğini hesapladı. İnsanoğlu bu kütledeki parçacıkları aramaya başladı ve ne oldu bilin bakalım?

Ne?

Ben bulundum. Tek bir sıkıntı vardı, çok geçmeden güçlü etkileşimin içinde yer almadığımı fark etmiştiniz; yalnızca zayıf etkileşimleri hissediyordum. Hüsran, politik bir akşam yemeğinde dağıtılan yiyecek gibiydi; herkes yemek istemeyeceği şeyler için çok fazla para ödedi.

Siz?

Ben de. 1940'lar içinde pion nihayet bulunmuştu. Yukawa'nın fikirlerinin esaslı gelişmelere gereksinimi olmasına rağmen, çakıl serilmeye başlamıştı ve yol çok geçmeden inşa edilecekti. Öte yandan ben bir gizem haline geldim ve siz Evren'inizde ne işim olduğunu merak etmeye başladınız.

Ne iş yaparsınız, tabii bu soru sizi rahatsız etmiyorsa...

Önemli değil. Ben yalnızca 2,2 mikrosaniye kadar yaşıyor ve sonra elektron ve nötrinoya bozunuyorum. Aslında beni ağır bir

elektron olarak düşünebilirsiniz, aynı yüke sahibim ve tam olarak aynı kuvvetleri hissediyorum; yani elektromanyetik ve zayıf nükleer kuvvetleri.

Böylesine kısa yaşıyorsanız, nereden geliyorsunuz?

Her zaman sizin atmosferinizin üst kısımlarınızda yaratılırız, ama bunun da ilginç bir hikâyesi var.

Lütfen bize ne olduğunu anlatır mısınız?

Işık hızına yakın bir hızda yolculuk yaparım, ama yalnızca 2,2 mikrosaniye yaşadığımdan, çok uzağa gidemem.

Ne kadar uzağa gidersiniz?

Düşünerek bulacaksınız, yaşam süremle ışık hızını çarpabilirsiniz.

Bir bakalım.... Yaklaşık 650 m buldum...

Güzel, doğru. Tek sıkıntı şu, yaklaşık 5000 metrede ya da daha yüksekte oluşuruz ve bu nedenle, 2,2 mikrosaniye içinde, gözlendiğimiz yüzeye ulaşamayız.

Bu nasıl mümkün olur?

Uzunluk büzülmesiyle.

Einstein'ın özel görelilik kuramına mı gönderme yapıyorsunuz?

Evet.

Biraz açar mısınız?

Pekâlâ, metrelik bir çubuğunuz olduğunu varsayın. Ne kadar uzundur?

1 m; bu konuda yanılmış olamayacağımı biliyorum.

Yanılıyor olabilirsiniz.

Yok artık.

Eğer metrelik çubuk size saygı gösterip durmuşsa, onu 1 m olarak ölçebilirsiniz. Fakat sizi ışığın hızının yarı hızında geçecek şekilde zumlarsa, boyunu yalnızca 87 cm olarak ölçersiniz, 100 cm olarak değil. Eğer sizi ışık hızından 0,99 kat hızla geçerse, boyunu yalnızca 14 cm olarak ölçeceksiniz.

Bir dakika bekleyin, bu bana elektronun söylediği bir şeyleri anımsattı: "Önce bizi çevresi 27 km olan büyük çemberin etrafında, ışık hızına yaklaşana kadar hızlandırdılar. O hızdayken,

tüm bu 27 kilometrelik uzunluk bize 10-15 cm gibi geliyordu."

Evet, bu göreli uzunluk büzülmesidir. Uç büzülmeyi alırsak, elektronunuz ışıktan 0,99999999999 kez daha hızlıdır.

Bir parça ironik görünüyor, siz nükleer parçacık değiştokuşuna baktığımızda bulundunuz, fakat sizin varlığınız Einstein'in özel görelilik kuramını doğruladı.

Bu, yaşlı denizcilerin nasihatleri gibidir, denizi nasıl düşünürseniz düşünün, sadece yol alırsınız.

Aklıma bir mesele takıldı...

Dinliyorum.

Yukawa'nın iki çekirdek arasındaki değiştokuş parçacığının bir kütlesi olduğunu varsaydığını söylemiştiniz; fakat öyle görünüyor ki, fermiyon ve bozon kuvvetin kütlesiz gluonlardan ortaya çıktığını ima ediyorlar.

İyi bir nokta, sizin fermiyon bu noktada biraz ketum davranmış. Kuvvetin kökeni, gluonların değiştokuşudur, ama sonuçta bulunan şey, bir kuark ve bir anti-kuarkın bir araya gelerek bir pionu oluşturduğu olmuştur. Geriye dönersek, hiç kimse onların kuarklardan yapıldığından şüphe etmezdi, fakat bu durum, nükleer güçlerin pek çok özelliğini açıkladı. Yani, temel parçacıklar kuarklardır ve temel değiştokuş parçacıkları gluonlardır; ama kuarklar pionları yapabilir ve iki çekirdek arasında değiştokuş parçacığı olarak pionları düşünmek çoğunlukla daha kolaydır.

Alttan alta...

Bu sizin onun üzerinde dönüşünüz; ama bize göre kusursuz bir biçimde doğaldır.

Evet, elbette, size sormak istediğim son bir şey vardı...

Aman Allahım!

Siz yeni bilgiler oluşturalı çok uzun süre olmadı, nötralino sizin standart modeli çiğnediğinizi söylemişti.

O ben değilim!

Pekâlâ, sizin manyetik çift kutuplu momentinizle ilgili bir şeyler var, bunu açıklayabilir misiniz?

Evet. Bütün kütleli temel parçacıklar, manyetik çift kutupluluk momentine sahiptir; bu onların kuzey ve güney kutupları

olan zayıf bir manyetik çubuğa benzediklerini söylemenin süslü bir yoludur.

Anlıyorum.

Bir mıknatısı dışsal bir manyetik alana yerleştirdiğinizde alanla etkileşir.

Bir pusula iğnesi gibi mi?

Kesinlikle, pek çok başka türde etkileşim olabilmesine rağmen. Siz gerçekten benim manyetik çift kutuplu momentimin değerini öngörebilirsiniz; bu standart modele göre sonuç verir.

Ve?

Uzun yıllar boyunca, sizin öngördüğünüz değerle ölçtüğünüz değer uyuştu. Söz ettiğiniz büyük haber, ölçülen değerin, öngörülen değerden ilk kez farklı olmasıdır. Eğer ölçümler doğruysa, en iyi kuramınız yanlış demektir.

Bunun olası sonuçları ne olur?

Pekâlâ, her şeyden önce, deneyler tekrarlanmalı, ama deneyler doğru olarak sonuçlanırsa, temel parçacıkların standart modeli tehlikede demektir.

Her şeyin yanlış olduğunu mu söylemek istiyorsunuz?

Kuramınız gözlenen pek çok şeyi kesinlikle öngörmüştü, fakat kütleli parçacıklar vb. birçok şeyi de kurama yerleştirmeniz gerekiyor. Standart model bütünüyle yanlış değil, ama belki Newton'un kütleçekimi kuramını Einstein'ınkiyle karşılaştırmak gibi olabilir.

Ne demek istiyorsunuz?

Newton'un kuramı bütün gezegenlerin, kuyrukluyıldızların yörüngelerini ve yeryüzüyle ilgili sayısız fenomeni çok güzel bir biçimde öngördü; fakat yıllar kronometredeki saniyeler gibi bir bir geçti ve sonunda ölçümleriniz, Newton'un yasaları ve deneyler arasındaki çelişkileri gösterecek yeterli kesinliğe ulaşacak şekilde bir araya getirildi.

Merkür'ün yörüngesini mi kastediyorsunuz?

Evet, fakat Einstein'ın kuramının esas özelliği basitçe küçük bir düzeltme yapması değildi; doğanın güzel ve yalınlıkta üstün bir betimini veren bütünüyle yeni bir yolunun temelini atmasıy-

dı; sonuçta, daha önce hiç yapmadığınız kadar çarpıcı öngörülerden birine yol açtı.

Örneğin?

Örneğin kara delikler, zamanda yolculuk, ışığın bükülmesi, genleşen ve yekpare bir Evren'i gerçekten açıklayan bir kuram...

Anlıyorum. Şimdi, Merkür çelişkisi gibi deneyler, fiziğin yeni dünyasının arifesine bizi götürüyorlar mı, ya da bunu açıklamak için kuramda birkaç basit düzeltme yapmak mı gerekiyor?

Bunu uzun uzun tartışmıştık; size anlatabilirim...

Aman Tanrım, muon muon...



Bir nötron yıldızıyla söyleşi

İyi geceler, tanıştığımıza memnun oldum.

Teşekkürler, ben de burada bulunmaktan memnunum.

Konuşmaya ne olduğunuzla, yani nötron yıldızının ne olduğuyla başlayabilir miyiz?

Evet, ama beni bir yıldız olarak düşünmeyin. Beni yanlış anlamayın, bu adı seviyorum; ama benim içimde hiçbir füzyon oluşmaz. Bir yıldızdan daha çok dev bir çekirdek gibiyim, tabii nötral oluşumu saymazsak.

Yani katı nötronlar mısınız?

Sadece nötrondan oluşmaktayım.

Bayağı yoğun olmalısınız.

İdare ediyorum.

Demek istediğim, her bir birim hacminiz başına çok yüksek bir kütleye sahip olmalısınız. Doğru mu?

Her saniye büyük bir arabanın garajınızın içine girdiğini düşünün.

Garajım o kadar büyük değil.

25 yıl boyunca kesintisiz her saniyede bir tane arabanın içeriye girdiğini düşünün.

Sizi temin ederim, bu kadar yer yok.

Onları benim yoğunluğuma sıkıştırabilirseniz olacaktır. Aslında bütün o arabalar, parmağınıza da yerleşebilir, tabii eğer benim yoğunluğumdaysalar.

İnanılmaz, nasıl oluştuğunuzu sorabilir miyim?

Bir süpernova patlamasının kalıntısıyım.

Süpernovanın ne olduğunu açıklayabilir misiniz?

Hay hay, söyleşi yaptığınız yıldızın kaldığı yerden devam etmek isterim.

Notlarıma bir göz atayım, ha evet, yıldız, hidrojenin helyumu, helyumun da karbonu nasıl oluşturduğunu açıklamıştı, sonra kırmızı dev evresini, sonra da beyaz cüceyi anlatmıştı...

Son bir görkemli parlamayla yıldızınız sona ermeseydi, huzurlu ve verimli bir kariyeri olurdu. Sonunda, uzanarak gezegeninize temas etmiş gibi görünür; bu yeryüzündeki yaşamı uzun bir süre desteklemiştir.

Bunun böyle olduğunu görebileceğinizi varsayıyorum.

Ona neden karbonda durduğunu sordunuz mu?

Buna şaşırmıştım.

Nedeni toplam kütlesidir. Basitçe söylersek, yıldızınız, konuyu daha fazla zorlayacak kütleçekimi gücünü bir araya getiremez.

Konu dediğiniz nedir?

Füzyon. Ancak büyük kütleli yıldızlar içinde tepkimeler sürer; karbon ve karbon, magnezyumu oluşturur; karbon ve helyum, oksijeni oluşturur; oksijen ve oksijen, sülfürü oluşturur; oksijen ve helyum, neonu oluştur ve bu süreç böyle gider; bu füzyon süreçlerinin her biri enerji açığa çıkarır.

Bu süreç demir oluşumuna kadar sürer mi?

Evet, altın ve gümüş gibi bazı ağır elementlerin oluşumu dışında sürer, ama temelde yıldızların içi kaynamış sıcak demir küresidir.

Sonra ne olur?

Sıkıntı. Yıldızınızın ne söylediğini anımsıyor musunuz, "Bir yıldızın içinde sürekli öfkeli bir savaş vardır; kurtulmaya çalışan radyasyon basıncının dışarıya doğru itişine karşılık, tam bir çöküş görmek isteyen kütleçekiminin içe doğru çekişi."

Evet.

Bir kez demir oluşunca, dışarıya doğru bir radyasyon basıncı kalmaz, böylece yıldız çökmeye devam eder. Gerçekten de aşırı ısınır, milyarlarca dereceye ulaşır. Isı enerjisi demir atomları ta-

rafından soğurulur, ki bu da onları parçalar; yıldız, basitçe nötron, proton ve elektron haline gelir ve sıcaklık baş aşağı iner.

Sıcaklık düşer mi?

Bu geniş bir buz küpünü bir tabak çorbaya koyınaya benzer. Sıcak çorbanın ısı enerjisi, eriyen buza geçer ve çorba soğur. Yıldızın içindeyse, ısı enerjisi parçalanmış demir atomlarının arasına girer.

Anladım.

Burada işler iyice ilginçleşmeye başlıyor. Yıldız şimdi, çok daha soğuktur, bu nedenle çöker; sonunda elektron ve protonları bir diğerinin çok yakınında olmaya zorlar ve onlar da birlikte nötron ve nötrinoları oluşturur. Nötrinolar arkalarında nötronları bırakarak, hızla ayrılırlar. Yıldız katı nötronların küçük küresine çöker. Çöküş öylesine şiddetlidir ki, nötronları daha yüksek bir yoğunluğa sıkıştırır, yani nötron çekirdeği devasa şok dalgasıyla geriteper.

Bir topun sert bir yüzeye çarptığında sıkışması, sonra geritepmeyle itilirken genişlemesi gibi mi?

Evet, ama çok daha güçlüsü. Aslında bu bir süpernovadır, Evren içindeki en enerjik olaylardan biridir.

Anlıyorum, ama bir yere takıldım. Nova ifadesini duymuştum, süpernova basitçe daha büyük nova mı demek?

Hayır hayır, öyle değil. Bir kırmızı devle beyaz cüceyi bir yörüngede hayal edin.

Güneş ile söyleşimizde, bunu konuşmuştuk.

Güzel. Zamanı gelmişken, birbirlerine yaklaşırlarsa, beyaz cüce kırmızı devden madde çekecektir. Bu madde, cücenin yüzeyinde birikecektir ve yüzeyde sürekli olarak çarpıştıklarından, cüce giderek ısınır. Aslında, ısısı 15 milyon dereceye kadar çıkabilir. Bunun ne anlama geldiğini biliyorsunuz.

Füzyon mu?

Füzyon, açık füzyon.

Açık füzyon?

Genellikle füzyon yıldızların kalplerinin derinliklerinde oluşur. Söz ettiğimiz durumda bu yüzeyde de doğrudur ve birkaç

gün ya da birkaç hafta boyunca bu yıldız Güneş'ten 10.000 kat daha parlak ışık saçabilir. Aslında, gökyüzünde bir şey görmüyorken, aniden yıldızı, yeni yıldızı görürsünüz, ya da novayı.

Süreç devam edebilecek midir?

Evet, ama beyaz cüce intihar olasılığına karşı dikkatli olmak zorundadır.

İntihar mı?

Evet, kırmızı devden çok miktarda madde çeken beyaz cüce için intihar söz konusudur. Eğer çok fazla madde alırsa ve toplam kütlesi Güneş'inizin 1,4 katına ya da daha fazlasına ulaşırsa, çökecek ve bir süpernovaya dönüşecektir. Açıkladığım türden farklı bir başlangıca sahip olana Tip I süpernova diyebilirsiniz; açıkladığım Tip II'dir. Söyleşi yaptığınız karbon atomu Tip I süpernovadan gelmektedir.

Şimdi açıkladığınız haliyle, basit gibi duruyor. Yani nötron yıldızı patlamasının bir kalıntısı mısınız?

Öyleyim. Tip II süpernovadan geliyorum.

Büyüklüğünüz ne kadar?

Güneş'inizle aşağı yukarı aynı kütledeyim ve 20 km genişliğindeyim.

Çok ilginç, çok kütleli ve çok küçük.

Evet, bu bana sıradışı özellikler veriyor. Ağırlığınız ne kadar?

Ağırlığıma bakmıştım, 81 kilo civarındayım.

Eğer üzerimde ayakta durabilseniz, ağırlığınız 1 milyon ton gelecektir. Saniyede 100 kez döndüğümden başınız da fırıl fırıl dönecektir.

Dünyada hiç böyle değildir.

Doğru, değildir. Benim Dünyanınkinden 1 trilyon kat kadar güçlü olan manyetik alanım da vardır.

Çok küçük olduğunuz ve yıldızlar gibi ışın yaymadığınız için, saptanmanız imkânsız gibi görünüyor.

Arka avlunuza gece çıktığınız ve gözlerinizi yukarı diktiğinizde, beni görmeyi beklememelisiniz, katılıyorum. Gene de beni keşfettiniz.

Nasıl?

Göklerde yalnızca optik ışınım ya da ışık araştırmıyorsunuz; X-ışını, kızılötesi ışınım ve radyo dalgaları ışınımı da arıyorsunuz.

Evet.

Jocelyn Bell 1960'ların sonunda mezun olmuş bir öğrenciydi. Radyo yayınlarıyla gökleri araştırdı, harika bir gizemle sonuçlanacak bir keşif yaptı.

Neydi bu keşif?

Radyo dalga boyu enerjisini buldu; ama onu gökadalardan gelen radyo yayını ya da yıldızdan gelen ışık gibi kesintisiz almak yerine, bir nabız gibi atımla aldı. Kısa bir patlama, 1,34 saniye sonra bir başka kısa patlama, böyle sürüp gidiyordu.

Yayının kaynağı telgraf anahtarı gibi açılıp kapatılıyormuş gibi görünüyor.

Evet, aralar dışında hiç çeşitlenmiyordu. Tabii ki hiç kimse, en az bir yıldız kadar büyük olduğu tahmin edilen bu şeyin nasıl olup da açılıp kapanabileceğini anlayamamıştı. Böylesi bir şeyin mekanizması bilinmiyordu. Zaman geçtikçe, pulsar diye adlandırılmaya başlanan diğerleri de bulundu.

Gizem nasıl çözülmüştü?

Bir işaret feneri gibi düşünüldüler. Açmayı ve havaya kusmayı, hızlı dönüş hareketi iyi açıklıyordu.

Peki...

Sürekli parlak bir ışık yayıyor, ama bir yandan kendi etrafında dönüyor. Işın doğrudan size yöneldiğinde parlak görürsünüz; sizden öteye yöneldiğinde bir şey görmezsiniz. Net sonuç şudur: Sürekli parlayan ışık, dönüş nedeniyle size göz kırpar gibi görünür.

Bu pulsarın nasıl çalıştığının açıklaması mı?

Evet.

Pulsarın yaydığı enerji, ışının içine nasıl odaklanır?

Bir şeyin güçlü bir manyetik alanı varsa, enerjiyi gövdesinin manyetik kutuplarından dışarıya, uzaya yayar. Pulsarlardan gelen enerjinin açıklanabilmesi için, gövdesinin çok küçük olduğu ve çok hızlı döndüğü düşünülür.

Onun bir nötron yıldızı olması gerektiğini mi söylüyorsunuz?

Evet, öyle olmalı. Pulsarlar, bizim varoluşumuzla ilgili gözlemsel kanıtlardır. Pulsar dönüşlerinde, manyetik kutuplar her zaman dünyayı işaret etmelidir ki, atımı görelim. Bu, Bell'in gördüğü şeydir.

Büyüleyici, yani pulsarlar nötron yıldızlarının varlığını destekliyor.

Pulsarlar ve diğer ilginç kanıtlar.

Örneğin?

X-ışını patlatıcıları.

Bu yeni bir şey...

Bunu 1970'lerde görmeye başladınız. Güneş'inizin olduğundan bin kat daha fazla enerjisi olan, ama birkaç saniyede sonlanan büyük bir X-ışını ışıması patlamasını ölçecektiniz.

X-ışınının ne olduğunu anımsatabilir misiniz?

Elbette, elektromanyetik enerji birçok dalga boyunda gelir. Eğer dalga boyları, $4x10^{-7}$ ile $7x10^{-7}$ m arasında ve kızılötesi ışından biraz daha uzun, ya da morötesi ışından biraz daha kısaysa, görülebilirlerdir. Eğer dalga boyu 10^{-10} civarındaysa, X-ışınıdır; eğer 10^{-12} ya da daha kısaysa gama ışını olarak adlandırılır.

Teşekkürler. X-ışını patlaması periyodik midir?

Güzel bir soru, fakat yanıtı hayır. Her patlamada, patlayan enerji yayılır.

Bu nasıl olabilir?

Novalar gibi olur, sadece eşlikçi yıldızdan beyaz cüce değil, ben madde kaparım. Madde benim yüzeyimde birikir ve sonuçta füzyona maruz kalır. Güçlü kütleçekimi alanım yüzünden çok fazla X-ışını görürsünüz.

Biliyor musunuz, anlattıklarınız son günlerde okuduğum bir şeyleri anımsattı.

Neymiş o?

Gama ışını patlamaları. Bununla ilgili bir şey biliyor musunuz?

Bunun Başkan Eisenhower'a kadar giden bir hikâyesi var. 1950'lerin sonlarıydı, bazılarınız nükleer denemeleri kısıtlamak

gerektiğini düşünüyordu. Ama uluslararası anlaşma taslakları hazırlanırken kimse bunu açıkça yazamadı. Böylelikle, gezegeninizin yörüngesine, uzayda patlayan herhangi bir nükleer bombayı fark edecek dedektörler yerleştirdiniz.

Şimdi anımsıyorum, sözümona çok gizli kapaklı bir proje vardı: Vela Projesi.

Evet ve yıllar sonraki analizler, bu dedektörlerin atom bombalarından gelmeyen, çok yüksek enerjili gama ışınlarının yoğun patlamalarına maruz kaldığını gösterdi. Daha modern aletler gösterdi ki, bu patlamalar çok kısa, saniyenin onda biriyle birkaç dakika aralığında sürüyordu.

Gama ışını patlamalarının kaynağı nedir?

Hiç kimse bilmiyor, fakat 1999'da bir ipucu ortaya çıktı. Astronomlar teleskoplarını bir gama patlaması yönüne çok hızla döndürmeyi başardılar ve optik spektrumunu gördüler, bunu geç ışılışıma olarak adlandırdınız. Çok ciddi olarak kırmızıya kaydıkları fark edildi ve bundan dolayı çok uzakta oldukları anlaşıldı. Karşılaştığınız en büyük problem, bir cismin böylesine devasa boyutlardaki gücü nasıl yayabileceğini nasıl açıklayacağınızdı...

Ne büyüklükte bir güçten söz ediyoruz?

Önce bir oturun.

Hazırım.

İçinde bulunduğunuz Samanyolu Gökadasının toplam gücünün milyarlarca katı büyüklüğünde bir güç.

İnanılır gibi değil, belki acayip bir çarpışma içeriyordur aralarında...

Hayır, bunu her zaman görürsünüz, neredeyse günde bir kez...

Onların ne olduğunu söylemeyeceksiniz...

Kimileriniz, bunun yalnızca çok daha büyük bir X-ışını patlaması gibi olduğunu düşündü; ama eğlencenizi bozacağım. Aslında, çözülmedik problemlere sahip olduğunuzda çok iyi oluyorsunuz. Kuramlarınız ve gözlemlerinizin her bir parçasını incelemelisiniz, her hipotezinizi mikroskop altına yatırmalısınız,

hiçbir şeyi tartışılmaz yapmamalısınız. Deneyselciler imkânsızı yapmayı ister, kuramcılar imkansızı düşünmeyi ister. Sonra bir şeyler olur, vadi hâlâ sıcakken birden patlayan yaz fırtınası gibidir, ya da çok küçük rüzgârlar birbirlerine eklenerek önüne geçilemeyecek bir güç oluşturur. Çözüm her iki yoldan gelir, genellikle anaforuyla daha fazla gizem yaratır.

Pekâlâ, bu gizemin çözümünü arıyor olacağım. Söyleşiye katıldığınız için teşekkürler.

Benim için de keyifliydi, hoşça kalın.



Bir sicimle söyleşi

Durduğunuz için teşekkürler, bize kendiniz hakkında kısaca bir şeyler anlatır mısınız?

Evet, belki kendimi, sizin parçacıklara dair standart görüşünüzle karşılaştırarak başlayabilirim.

Buyrun lütfen.

Pek çoğunuz parçacıkları bir nokta olarak düşündü; eni, boyu, derinliği olmayan bir nesne... Ya da başka türlü söylersek, sıfır boyutlu parçacıklar.

Bu standart görüş mü?

Evet, fakat bu model birçok zorlukla karşılaştı.

Ne gibi?

Öncelikle, bir parçacığın enerjisini hesaplar ve denerseniz, yolundan sapar; bu demek oluyor ki enerji sınırsızdır. Nokta parçacıklarla sonsuz sonuç edinmekten kaçınmak için dikkatli analizlerle araştırmak zorundasınız.

Yani siz sıfır boyutlu değilsiniz, bir uzaysal boyutunuz var.

Beni sözcüğün tam anlamıyla küçük bir sicim gibi düşünebilirsiniz, ya bir kurtçuk gibi açık, ya da bir paket lastiği gibi kapalı.

İnsanlara nokta parçacıklar düşüncesini bıraktıran ve sicim modelini benimseten neydi?

Bunun 70'lerde başlayan uzun bir hikâyesi var. Nükleer güçleri anlama girişimi olarak başladı ve bu kökenine mahkûm ol-

masına karşın, matematiksel bir zarafet ve fizikte ipuçları taşıyordu.

Fiziksel ipuçları arasında neler vardı?

Bir süre sonra, sicim kuramının öngördüğü iki kütlesiz parçacığın tek bir spinde olması durumu keşfedildi.

Bu çok önemli bir etki yarattı diyorsunuz.

Kesinlikle öyle diyorum.

Bir dakika bekleyin, bozonun söylediği bir şeylere bakıyorum, "tabii ki kütleçekimi alanlarının gravitonlarının da spini ikidir."

Uyarmak zorundayım, eğer o bencil iğrenç bozon geri gelirse, buradan giderim.

Hayır hayır, bozon geri dönmeyecek. Yani, sicim kuramının kütleçekimi kuramıyla tanımlanabileceğini mi söylüyorsunuz?

Sadece bunu değil, kuantum kütleçekimi kuramını tanımlamanın tek yolunun sicim kuramı olduğu da görülüyor. Bu fizikçiler arasında söylentilere yol açtı; ufukta fizikçilerin en büyük zaferlerinden birinin olduğu ortaya çıkmıştı.

Kuantum kütleçekimi kuramı klasik kuramla karşıt mı?

Evet.

İkisini karşılaştırabilir misiniz?

19. yüzyılın son bölümünde bir klasik kuram olarak geliştirilen elektromanyetizmle pek çok yönden benzer olacaktır. Klasik elektrodinamikle, bütün uzaya yayılmış olan, yüklerin yarattığı kesintisiz bir alan demek istiyoruz. Bunu siz söylemiştiniz çirkin bozona: "Anladığım kadarıyla bir elektron elektrik alanı oluşturur ve o elektrik alanı da bir diğer elektron üzerine kuvvet uygular." Kuantum elektrodinamiği içinde böyle alanlar düşünmeyiz. Bunun yerine şunu düşünürüz: Yük, değiştokuş parçacıkları, fotonlar ve kuvvetlere karşılık gelen bu parçacıkların değiştokuşunu yaratır. 20. yüzyılın ilk yarısı boyunca fizikçileriniz, klasik kuramdan kuantum kuramına nasıl ulaşılabileceğini anlamaya çalıştılar, bunu kuramın kuantumlanması olarak adlandırdınız.

Basitçe söylersek, bu kuvvetleri düşünmenin farklı bir yolu mu?

Hayır, tamamen değil. Ne zaman hesap yapsanız, sadece elektrodinamiğin kuantum yorumu size tamı tamına yanıt verir.

Ve kütleçekimi?

Aynı şey. Einstein klasik kütleçekimi kuramını 1915'te geliştirdi ama onu kuantumlamaya çalıştığınızda, başarısız oldunuz.

Demek istediğiniz, Einstein'ın kütleçekimi kuramını kuantumlayamadığımız mı?

Doğru, büyük fizikçilerinizin çoğu, yüzyılın geri kalanında bununla uğraştı. Bir başarısızlık bir diğeriyle karşılaştı; taa ki, akla gelmedik bir şey olana dek.

Akla gelmedik bir şey?

Bıraktınız ya da çoğunuz bıraktı. Kütleçekimi alanının kuantumlanmasını öneren birkaç talihsiz canın, ancak ay ışığının bir kavanoz içinde yakalanabilmesi kadar şansı vardı.

Yani kuantum kütleçekimi için durum karanlık görünüyordu...

Evet, karanlık görünüyordu, ama bilinen bir şey vardı. Başarılı olacak kuram kuantum değiştokuş parçacıklarını içermeliydi ve bu parçacıklar kütlesiz ve iki spinli olmalıydı.

Aaaah...

Şimdi anladınız. Sicim kuramı orada olması gereken iki kütlesiz parçacığın bir spinde olduğunu gösterdiğinde; olasılıkla yüzyılın en büyük atılımlarından birisi olarak algılanmıştı.

Ne oldu?

Dürüst olmak gerekirse, bu olayın aydınlanmaya başladığı yerlerden birisidir, ama kuram biraz acayip özelliklere sahipti. Ayrıca, kuram takyonların varlığını öngörüyordu ve takyonla yaptığınız söyleşiden anımsayacağınız gibi, bu hiç de iyi karşılanmamıştı.

Kuramın diğer acayiplikleri nelerdi?

Pekâlâ, kuram üç uzaysal boyut artı zamandan oluşan dört boyutta işe yaramıyordu.

Bu kuramın yanlış olduğu anlamına mı gelir?

Bu ne kuramın yanlışlığı ne de sizin içinde yaşadığımızı düşündüğünüz boyut sayısının yanlışlığı demektir.

Tabii ki üç uzaysal boyutta yaşıyoruz, bu çok açık.

Dikkat edin, fikrinizi değiştirmek zorunda kalacağınız kimi varsayımlara sahipsiniz.

Doğru, fakat oradaki başka boyutu nasıl oluyor da göremiyoruz?

Küçükse ve kendi üstüne kapalıysa, göremeyiz.

Kapalı derken?..

Çayırın üzerinde uzanan bir bahçe hortumunu düşünün. Bir karınca, hortumun uzunluğu boyunca yürüyebilir, ya da uzunlamasına ilerlemeksizin etrafında dönebilir, ya da tabii ki, bu yönlerin birkaç kombinasyonunda yavaşça ilerleyebilir.

Evet, bunu gözümde canlandırabiliyorum.

Şimdi de gözünüzün önüne şunu getirin: Çayırın üzerinden bir uçak yüksekliğinde uçuyorsunuz ve bahçe hortumuna tepeden bakıyorsunuz. Bütün gördükleriniz tek boyutludur, uzunluk; ama gerçekte iki tanedir. Bir boyut, kendi içine kapalı olan dairesel boyut, görmek için çok küçüktür, yine de onun etkisini görebilirsiniz. Örneğin, karıncanın ilerlemesini ölçebilseydiniz, onun gizli boyut çevresinde giderken ara sıra gözden kaybolduğunu görebilecektiniz. Aynı tür şeyler, sizin üç boyutlu uzay dediğiniz yerde de ortaya çıkar. Uzayda bir çizgi boyunca bakarsanız, belki atomdan çok daha küçük olabilen, kapalı küçük boyut vardır, ama doğrudan kanıtı yoktur.

Hiç böyle düşünmemiştim. Yani sicim kuramının 5 tane boyutu var, ekstra bir tanesi kapalı, minik bir boyut olabilir.

Aslında 5 tane değil.

6 mı?

Hayır.

Kaç tane?

26.

Çok gibi görünüyor.

Bunlardan 22'sinin çok sıkıştırılmış olabileceği, bahçe hortumu gibi küçük ve kapalı hale gelmiş olabileceği umudu vardı; ama burada başka bir problem oluştu.

Ne oldu?

Kuram süpersimetriyi içerecek hale getirilirse, çok daha iyi olacağı bulundu.

Süpersimetri? Bir dakika, nötralino süpersimetriyi, bozonun fermiyona dönüşebildiği ya da tersinin olduğu yer olarak açıklamıştı.

Evet, kuram süpersimetrik hale getirildiğinde, süpersicim kuramı olarak adlandırılır. Kuantum kuramının başını yiyen sonsuz niceliklerin birkaçı süpersicim kuramıyla ortadan kaybolur. Bu başarı ve kuantum kütleçekiminin olabilirliği arasında, kuramdan gelen büyük bir güzellik vardır. Süpersicim kuramı ya da genellikle kısaltıldığı haliyle sicim kuramının, gerçek bir birleşik kurama yol açabileceği ortaya çıkmıştır. Kuram, bütün kuvvetlerin eşit olduğu aşırı yüksek enerjide ve onların yalnızca şimdi gördüğümüz düşük enerji limiti içinde farklı olarak ortaya çıkmalarında görülebilir.

Şimdi gördüğümüz derken neyi kastediyorsunuz?

Erken Evren içinde her şey, aşırı yüksek enerji ocağı anlamında, çok sıcaktı. O zaman âlemde büyük bir simetri vardı ve şeyler soğur ve genişlerken simetri kırıldı.

Simetri kırınımının kanıtı bu mu?

Kanıt sizin 90 kg olmanız.

Hiç de değil, ben 82 kg'dan az geliyorum.

Özür dilerim, yuvarlamıştım; yüz yüze kaldığımız diğer bir sorun da tam sayılar edinmek. Her neyse, simetri kırınımının kanıtı öyle baskındır ki, bazı insanlar simetrinin hiç olmadığından kuşkulanır.

Bu bana kuarkın söylediği bir şeyi anımsattı: "Yeni fikirler, nahoş ve yabancı görünürler; ancak teninizden geçip ruhunuzda yer ettikten sonra, yeni bir güzellik ortaya çıkar. Bu doğaya bakmanın yeni ve harika bir yoludur. Size sadece daha iyi bir bakış kazandırmaz, aynı zamanda daha derinleri de görmenizi olanaklı kılar."

Katılıyorum. Sicim kuramı yalnızca kuvvetlere bakmanın birleşik bir yolunu sağlamadı, size parçacıklara bakmak için çok güzel bir yol da verdi. Standart modelde, elektron, kuark, foton

vb.'ne sahipsiniz. Bütün farklı parçacıkların farklı özellikleri var. Evren'iniz sadece üç parçacıktan oluştuğu zamanlardaki basitliğini kaybetti.

Bu doğru.

Böylesi basit bir güzelliği ya da daha iyisini yeniden kurabiliriz, hatta daha iyisini bile. Biz sicimleri düşünürseniz, elektron benim salınımımın parçacık modu gibidir ve ben farklı bir moda değiştiğimde, belki yüksek ve alçak frekanslarda olduğumda, ya da ayrıştığımda ya da bir başka sicimle birleştiğimde, farklı bir parçacığınız, belki bir foton olur. Bu doğayı betimlemenin basit ve güzel bir yoludur.

Katılıyorum, farklı yapı bloklarından düzenin üretildiği bir dünya yerine, sadece bir tane yapı bloğunun olması: sicim.

Doğru, sadece ben.

Bu kuram genel olarak kabul ediliyor mu?

Aslında tam olarak değil, ama size güzel bir haberden söz etmeyi unuttum.

Lütfen, söz edin.

Süpersicim kuramı sadece 10 ya da 11 boyut gerektiriyor. Böylelikle, eğer 11'in 7'sinin sıkışacağını gösterebilirseniz, geriye görebildiğiniz şey olan 4 boyut kalacak.

Bunu bir gelişme olarak varsayayım, ama hâlâ bu kuramın neden genel kabul görmediğine şaşırıyorum...

Pekâlâ, iyi bir satıcı gibi, bütün anabaşlıkları okudum ama küçük fontlarla yazılanlarda dilim tutuldu.

Küçük fontlarla yazılanlar mı başladı?

Kuram süpersimetrik olduğundan beri, nötralinonun açıkladığı gibi, her bir parçacık için bir tane süpersimetrik eş olduğu düşünülüyor. Yaptığınız söyleşiler bir yana, bu süper eşlerin hiçbiri henüz bulunamadı.

Fotino, gluino, selektron, sguark vb. mi?

Evet ve nötralinonun arkadaşları ve diğerleri de dahil.

Yani sicim kuramı, asla gözlenememiş bütün bir parçacık setini öngörüyormuş gibi görünüyor. Bu sicim kuramının yanlışlığını kanıtlamaz mı?

Evet, bu iyiye alamet değil; ama hayır, belki onları henüz belirleyememişizdir.

Niye belirleyemeyelim?

Çok kütleli ya da bozunmuş olabilirler.

Ne demek istiyorsunuz?

Eğer parçacık aşırı kütleliyse, onu yaratmak için yeterli enerjiyi toplayamayabilirsiniz. Bu nedenin bir parçasıdır, üretiminiz uzun zaman alır ve sonra üst kuarkı keşfedersiniz. Fakat onları yaratsanız bile, olasılıkla bozunacaklardır.

Bozunacaklar mı?

Muon arkadaşınız gibi. Doğa cisimleri basit tutmaktan hoşlanır. Eğer aynı özellikleri olan daha hafif bir parçacık varsa, doğa hafif parçacıkla çok daha rahat edecektir. Örneğin, muon sadece daha kütleli bir elektron gibiydi, dolayısıyla elektrona bozundu. En hafif parçacığa bozunma kuraldır. Bu her yerde garip, tılsımlı, aşağı ve yukarı kuarklar yerine sadece aşağı ve yukarı kuarklar görmenizin nedenidir. Bu dördü çok kütlelidir ve daha hafif birine bozunurlar.

Anlıyorum, yani bütün bu süper parçacıklar bozunacak?

En hafif süper parçacığı elde edene kadar bozunacaklar. Nötralinonun söylediği gibi sıçrama orada son bulacaktır.

Nötralinonun bulunması, sicim kuramının doğruluğunu destekler demek doğru olur mu?

Evet, buna yardım edebilir. Süpersimetrinin gerçekliği için olasılıkla ikna edici bir argüman olacaktır.

Bir final sorusu sorabilir miyim?

Kesinlikle.

Siz ve kuark, güzellik kavramını tartıştınız, durumlara bakışınız farklı gibi görünüyor. Bunu yorumlayabilir misiniz?

Kuark, doğadaki güzelliği kendi simetrisinde görüyor. Kuark özellikle renk simetrisini tanımladı; temel parçacıklar fiziğinizin standart modelinde, benzer türde başka simetriler vardır. Bu simetriler, temel parçacık düzeyinde uyum ve demokrasiyi verir, farklı parçacıkların alışverişinin altında aynı türden bir fiziğin yattığının garantisidir. Bunun doğaya güzel bir bakış olduğuna

katılıyorum, ama daha derine gideceğim. Benim simetrim, bozon ve fermiyondan farklı olarak, bütün parçacıkları içerecek şekilde genişletilebilir. Tuval ışıkta açığa çıkmasına rağmen, tam oluşmamış resim çekicidir.

Tuval ışıkta açığa mı çıkar?

Korkarım öyle. Einstein'ın genel görelilik kuramını düşünün. Bu kuramın temeline güzelliği koymuştu, ilginizi çekebilecek bir güzellikti. Örneğin, Einstein ivmenin ve kütleçekimsel alanın eşdeğerliliğini ve böylesi bir fiziksel ilkeye başvurulması gerekliliğini iddia etti, siz de bu kurama inanmak istediniz. Sicim kuramının simetrisi ya da temel ilkeleri bu çekicilikten yoksundur. Parçacık simetrisini benimsemeniz için sizi ikna edecek temel fiziksel argümanlar yoktur. Fizikçileriniz, fiziksel ilkelerdense matematiksel ilkeleri temel almayı seçen bir modeli kucaklamaya çoğunlukla isteksizdir.

Peki bundan sonra ne olacak?

Zaman söyleyecek.



Boşlukla söyleşi

Merhaba boşluk, merhaba... merhaba...

Bağırmanıza hiç gerek yok.

Neredesiniz?

Burada, orada, her yerde.

Ne kadar hoş bir sesiniz var.

Teşekkür ederim.

Bu söyleşiyi yapmaya girişmek konusunda kararsız kaldığımı itiraf edeyim.

Neden diye sorabilir miyim?

Pekâlâ, boşluk her şeyin ötesinde hiçlik olduğu için, tek yanlı bir söyleşi olacağını düşünüyordum.

Fikrinizi değiştirmiş olmanıza sevindim, ama ben hiçlik değilim.

Bir şey misiniz?

Kesinlikle.

Nesiniz?

Boşluk.

Evet, fakat boşluk her şeyin yokluğudur. Her şeyi çekip alırsanız, hiçliğe sahip olursunuz. Bu nedenle hiçliksinizdir, gücenmenize gerek yok.

Mantığınız iyi, fakat varsayımınız yanlış. Ben her şeyin yokluğu değilim.

Öyleyse nesiniz, boşluk nedir?

Pekâlâ, düzenli parçacıklar içermeyen bir uzay bölgesini düşünün; atom yok, elektron yok, foton yok, vs.; o zaman geriye kalan, benimdir.

Ama...

Devam etmeme izin verin. Hiçlik değilim, bütün bunları çıkardıktan sonra geride kalan çok zengindir ve karmaşık yapılıdır. Suyu hiç yüzeyinin gerçekten fokurdadığı, buhar çıkışıyla birlikte küçük su damlacıklarının saçıldığı ve sonra geri döndüğü noktaya dek kaynattınız mı?

Evet.

Beni de böyle düşünün.

Bu benim boşluğu daha önceki algılayışıma bütünüyle ters düşüyor.

Güzel, demek ki beni anlamaya başladınız. Bu arada, havayı temizleyebilir miyim?

Bunun için sizden daha isabetli bir şeyi düşünemiyorum, lütfen yapar mısınız?

Teşekkür ederim, bu uydurduğunuz bir cümleyle ilgili; hiçlik gerçeklikten uzaktır ve ben bunu oldukça aşağılayıcı buluyorum.

Hangi cümle?

Onu ağzımdan zorlukla, inleyerek çıkarabilirim.

Aaaa, neyi kastettiğinizi sanıyorum anladım...

Söyleyin lütfen, umarım son kez duyuyorumdur.

Bu cümlecik, "Doğa boşluktan hoşlanmaz" mı?

Evet, öyle. Ben doğanın bir parçasıyken, doğa benden neden hoşlanmasın? Gerçekte, doğa sever beni, onun büyük bir parçasıyım. Bir atomun içindeki ufak bir bölgeden yıldızlararası bölgedeki geniş boşluklara çoğunlukla ben varım; boş yerleri kaplarım. Doğanın her yerde, her zaman bulunan en yaygın kısmıyım.

O cümleyi bir daha asla ağzıma almayacağıma eminim. Söylediğiniz bir şeyle ilgili bilgi almak isterim.

Buyrun lütfen.

Boş başlığını kastetmiyorum, ama eğer, söylediğiniz gibi bütün parçacıkları, bütün atomları vs. kaldırırsak, böylesine yaşamsal bir yapıyı yaratabilmek için geride ne kalır?

Kalıntı parçacıklar terimi içinde düşünmeyin. Gerçekte, düşündüğünüz bu parçacıklar genellikle benim yolumda ele geçirdiklerimle ilgilidir. Kendi parçacıklarımı yaratıyorum.

Boşluk parçacıklar mı yaratıyor?!

Evet yaratıyorum ve sonra onları yok ediyorum. Gerçekte, kaynayan suyun yüzeyinde yarattığı balonların, buharın ve damlacıkların kısa süre yaşaması ve sonra ortadan kaybolmaları gibi, ben de parçacıklar yaratırım. Genellikle parçacık çiftleridir ve onları her zaman yok ederim. Açıkçası, olduğum şey için kendimi şanslı hissediyorum, Evren içindeki en heyecan verici varlığın kendim olduğu düşüncesindeyim, kimse gücenmesin.

Bu büyüleyici, fakat eğer dış uzayın içine doğru bakarsak, basbayağı karanlık görüyoruz, uzayın bu bölgeleri cidden boş görünüyor.

Geniş ölçekte düşündüğünüz gibidir; tanımladığım bu etki fark edilebilir değildir; ama mikroskobik ölçekte oldukça büyüktür.

Korkarım bir sorunum var. Hiçlikten parçacıkları nasıl yaratabilirsiniz, bu enerjinin korunumunu çiğnemez mi?

Evet eder.

Ama bu olanaksız.

Korkarım olanaklı.

Yani en el üstünde tuttuğumuz düşüncemiz olan enerjinin korunumunu çiğneyebiliyorsunuz?

Bunu her zaman yapıyorum, açıklayabilir miyim?

Buyrun lütfen.

İnsanların çoğu, deterministik bir Evren'e dair katı bir inanca sahiptir. Bu kavramlar size ilk günlerinizden son günlerinize dek öğretilir.

Öyle farz edelim.

Hidrojenle söyleşinizden de bildiğiniz gibi, kuantum mekaniğine göre bu yanlıştır. Bunun yerine, ölçtüğünüz niceliklerle bağlantılı içsel belirsizlikler vardır. Hidrojen, cisimlerin taşıdığı kesintililik ve belirsizliği vurgularken çok haklıydı.

O söyleşiyi okudunuz mu?

Oradaydım, bütün söyleşiniz boyunca orada bulunuyordum.

Elbette, lütfen devam edin.

Pekâlâ, enerji, belirsizlik hakkındaki niceliklerden biridir.

Evet, biliyorum.

Öyleyse, onun kesin değerini saptayamazsanız, aynı kalacağını söyleyemezsiniz. Bir anda, sıfır olacağını kabul edebilirsiniz, ama bir an sonra sıfırdan farklı olabilir. Öyle ki, daha kısa zaman aralığında özgülleştiğinizde, enerjideki belirsizlik daha büyük olur.

Evet ama bilmem ki, bu basitçe enerji değişebilir demek mi? Cebimde ne kadar para olduğunu bilmiyorum, ama miktarının değişmeyeceğini biliyorum.

Kötü bir örnek oldu.

Neden?

Çünkü en temel noktayı kaçırdınız. Hakkında konuştuğum bu belirsizlik, doğanın özüdür; sizin cisimlerin ne olduğu ya da ne olabileceğine dair malum cahilliğinizi göstermezler. Para örneğiniz bu doğadadır, belirsizlik sadece sizin zihninizde vardır, gerçeklikte yoktur. Benim ve hidrojenin konuştuğu kuantum belirsizliği, doğanın kendi içine temel olan içsel belirsizliktir.

Öyleyse neden beta bozunması üzerine bu kadar çok endişe var? Nötrino, enerjinin korunumunu açıklamak için kendisinin icat edildiğini anlatırken, sizin de orada bulunduğunuzu varsayıyorum.

Şunu söylediğimi anımsayın: Daha kısa zaman aralığına özgülleştiğinizde, enerjideki belirsizlik büyür. Aksine, daha uzun zaman aralığında, enerjideki belirsizlik daha küçük olur. Enerjinin korunumunu çiğneyebilirim, ama bunu yalnızca, çok kısa bir zaman için yapabilirim. Yaptığınız deneylerde, zaman çok uzundur; yani enerji korunuyordur.

Anlıyorum, yani bazı parçacıklar yaratabilirsiniz ama kısa bir zaman sonra onları yok edersiniz. Enerjinin korunumunu çiğnersiniz, ama çok kısa bir süre için.

Elbette. Daima, elektronları ve pozitronları, protonları ve anti-protonları ve diğer şeylerin çoğunu yaratırım. Çok zengin ve dinamik bir yapım vardır, eylemle doluyum.

Sizin hakkınızda spekülatif bir soru sormaya cüret edebilir miyim?

Tabii ki edebilirsiniz.

"Dünyamızın kuantum doğasından dolayı ölçtüğümüz her şey belirsizdir" ve hidrojenin söylediklerileyle uyum içinde, "Cisimler sürekli değildir" dediniz.

Evet, devam edin.

Bana öyle görünüyor ki, aynı zamanda uzayı ve zamanı ölçüyoruz. Bir şeyin boyunu ölçebilirim ya da iki olay arasında ne kadar zaman geçtiğini ölçebilirim, üstüne bu nicelikler kesinlikle süreklidir. Yani kuantum kuramına bağışıklığınız mı var?

Bu bir hastalık değil; ama hayır, bağışıklığım yok.

Öyleyse, sürekli değilsiniz?

Hayır.

Bu nasıl olabilir? Sürekliliği olmayan bir uzayı nasıl hayal edebilirim, bilmiyorum bile. Kesinlikle zaman süreklidir.

Hayır.

Uzay ve zaman sürekli değil midir?

Hayır.

Bunu açıklayabilir misiniz, lütfen?

Evet. Her şeyden önce bu etki, inanılmaz uzaklıklarda ve inanılmaz kısa zamanlarda ortaya çıkar. Sizinle yanınızda duran bir çekirdek arasındaki büyüklük oranı neyse, çekirdekten aynı oranda küçük bir uzunluk hayal edin. Bu Planck uzunluğudur, 10^{-33} cm'e karşılık gelir. Planck uzunluğunda, uzay ve zamanın kuantum doğalarının ortaya çıkacağına inanabilirsiniz. Aslında, bu ölçek, uzayın kuantum doğasını gösterir. Delikli bir cismi köpükle kapladığınızda, üzerindeki köpük daha çok deliklidir. İki ayrık bölgeyi bağlayan bir kulpla aşılanmışcasına, çoklu bağlantılı olabilecek bir yerdir. Bunu anlayabildiniz mi?

Gayret ediyorum.

Şimdi, benim ruhumun içini görüyorsunuz.

Bu keşfedildi mi?

Hayır, bu noktada, sadece sizin bir beklentiniz durumunda. Bazı insanlar bunu varsayıyor. Kuantum mekaniğinin çok kuv-

vetli kanıtlarına rağmen, uzay ve zaman ilgisizmiş gibi düşünülür ya da bir dakika önce düşündüğünüz gibi, kesintisiz olarak tanımlanırlar. Küçük ölçekte ne olduğuna dair diğer tartışma sıkıntı değildir; biliminsanları bunun üzerine düşünmeyi reddeder.

Yani bu konu üstünde, süregiden çok fazla araştırma yok.

Birkaç cesur ruh, gerçeğin fırtınalı denizlerinde, denize açılmaya gayret etti; ama çoğu, daha kazançlı pratikler içine yerleştiler. Yarım yüzyıldan biraz daha fazladır bildiklerini ispatlamak için deneyler yaptılar. Sarmal gökadanız, tam üstüne basmıştı, "Kendinize soru sormak zorunda kalırsınız, Evren hakkındaki her şeyi gerçekten öğrendiniz mi? Eğer öyle olsaydı fizikçilerin kuarkları aramayı bırakmaları ve uygulamalı konulara geçmeleri gerekirdi; örneğin daha iyi tost makineleri tasarlamaya çalışmak gibi. Yoksa büyük ve keşfedilmemiş bir denizin varlığını ortaya çıkaran ilk adımı mı attınız?" Çoğunuz daha iyi tost makineleri tasarlıyor.

Bunu açıkladığınız için teşekkürler. Bir dakika geriye dönersek, eğer dert etmezseniz, sizin betimlemenizde aklımı hâlâ kurcalayan bir şey var. "Bir boşluk üretmek için, bütün parçacıkları uzaklaştırmanız gerekir" dediniz.

Tam olarak öyle değil; bütün düzenli parçacıkları uzaklaştırmaktan söz etmiştim.

Böyle bir ayrım mı var?

Düzenli parçacıklar diyerek, doğrudan görebildiğiniz ya da ölçebildiğiniz parçacıklara gönderme yapıyordum. Göreli olarak uzun bir ömre sahip oldukları için, bu parçacıklar koruma yasalarını çiğnemez. Rutin olarak yarattığım ve yok ettiğim parçacıklara sanal parçacıklar denir; bunlar enerjinin ya da momentumun korunumunu çiğnerler.

Anlıyorum, yani siz kısa bir zaman için sanal parçacıklar yaratabiliyorsunuz.

Evet, ama bu istemsiz bir çaba. Sırası gelmişken, yaptığım sadece sanal parçacıkları yaratmak değil. Sizin telaşlı bozon, kuvvetlerin kökenini açıklarken şunları söylemişti: "Tam olarak

olan şey şu; bir elektron, değiştokuş parçacıkları, fotonlar oluşturur ve bunlar da diğer elektronlarca emilir. Foton değiştokuşu aralarındaki kuvvetin esas kökenidir."

Mükemmel bir hafızanız var.

Teşekkür ederim. Bozon bunu söylememişti, ama değiştokuş parçacıkları sanal parçacıklardır.

Anlıyorum. Sizin sergilediğiniz bu dinamizmi gözlemleyebildik mi, merak ediyorum?

Dolaylı olarak, evet. Örneğin, düzenli parçacıkların yanına sanal parçacıkları yaratmaktan hoşlanıyorum. Bunu yaptığımda, benim sanal parçacıklarımın varlığı, sizin düzenli parçacıkları ölçme yönteminizi etkiliyor.

Örneğin?

Pekâlâ, boşluk polarizasyonu (kutuplanması) buna bir örnektir. Hidrojenin yanında bir pozitron ve elektron yarattığımda, yayımlanan ışığın dalga boyu oldukça az değişir, bunu Lamb kayması diye anarsınız.

Yani sizin etkiniz çok küçük olsa bile, gözlediğimiz bu etkiyle, sizi dinamik bir yapı olarak düşünmek zorundayız.

Kimi etkim küçüktür, ama kimisi küçük olmayabilir.

Ne demek istiyorsunuz?

Size, sıfır noktası enerjisinden söz etmemiştim.

Öyleyse, lütfen söz edin.

Bildiğiniz gibi, kuramlarınız doğanın pek çok yönünü tanımlamada bayağı başarılı olmuştu. Yaptığınız söyleşilerin çoğunda görülebileceği gibi, en iyi kuramlarınızdan biri kuantum kuramıdır.

Evet.

Pekâlâ, bu kurama göre, ben sonsuz enerjiyi desteklerim.

Kulağa olanaksız geliyor.

Bir parça okkalı gibi...

Bu doğru değil, değil mi?

Bu kuramın orijinalinde vardı, ama bundan kurtulmak için kuramda küçük değişiklikler yaptınız. Kullandığınız bir argüman şuna dayanıyordu, herhangi bir deneyde yalnızca enerjide-

ki farklılıklar ölçülebilir, bundan dolayı da sabit değeri gerekli kılan bakış açısını başınızdan attınız.

Sonsuz olduğunda bile mi?

Bu argümanın nasıl geliştirildiğiyle ilgili bir konu, ama başka olasılıklar da var. Örneğin, sıfır noktası enerjisi belki orada kullanılabilir, fakat başka nedenlerden ötürü gerçekte sonsuz değildir.

Daha önce hiç ölçüldü mü?

Bir fizikçi gibi düşünmeye başladınız.

Bunu iltifat kabul ediyorum, ölçüldü mü?

Gerçekleştirilen gelmiş geçmiş en büyüleyici deneylerden biriydi.

Bu değerlendirme de nesnel misiniz?

Kesinlikle değilim.

Bu deney?

Casimir etkisi olarak adlandırılır.

Hangisi?

İki metal levhanın, paralel olarak birbirine çok yakın tutulduğunu düşünün. Bu levhalar, hiçbir elektrik yüke ya da akıma sahip değiller, yani elektromanyetik kuvvetler söz konusu değil. Küçük bir kütleçekimsel etkiye sahipler, fakat bunun Casimir kuvvetiyle hiçbir ilgisi yok.

Yani, kütleçekimini ihmal edersek, gerçekte levhalar arasında hiçbir kuvvet yok.

Kesinlikle. Şimdi benim sıfır noktası enerjimin etkisini incelediğinizi düşünelim. Sonsuz olsa bile, sıfır noktası enerjisinin levhalar arasında mütevazı bir çekim kuvveti üretebileceğini öngörebildiniz.

Bu ölçülmüş müdür?

Ölçülmüştür. Sıfır noktası enerjisinin bulunduğu gerçeğinin en şaşırtıcı örneklerinden biridir.

Ölçülen bu kuvvetin başka bir kaynağı olmadığına emin misiniz?

Dürüst olmak gerekirse, bunu metaldeki atomların arasındaki bir kuvvet olarak yorumlayabilirsiniz; ama sıfır noktası enerji-

sinin hesaplanması ölçülen kuvvetin kesin değerini verir diyen olgu işi zora sokar. Ayrıca, belirtmeliyim ki, ben yalnızca mobilyaları koruyan bir evim. Başka bir söyleyişle, Casimir etkisindeki sıfır noktası enerjisi elektromanyetik alandan doğar, içinde oturduğu yapıyı ben sağlarım.

Gerçekten ne kadar karmaşık olduğunuzu yeni anlamaya başlıyorum, çalkantının boş denizi enerji ve parçacıkla doluyor.

Bu resmin sadece bir kısmıdır. Gençliğimde, aşırı açıksözlüydüm.

Yaşınızı mı kastediyorsunuz?

Elbette, doğdum ve sizler gibi her geçen gün ben de yaşlanıyorum.

Kabul etmek zorundayım ki, bir başka patlama ayaklarımı yerden kesince, cisimleri anladığımı düşünmeye başladım.

Şanslısınız. Açık fikirliliğinizi korumalısınız ve cisimlerin hiç de göründükleri gibi olmadığını fark etmelisiniz.

Gayret ediyorum; ama ne zaman ve nasıl, nerede doğdunuz?

Yaklaşık 15 milyar yıl önce.

Bu aşağı yukarı Evren'in yaşı değil mi?

Evet, Büyük Patlama içinde yaratıldım.

Kara delik Büyük Patlamadan söz etmişti, ama bu konunun peşine düşme fırsatını hiç yakalayamadım.

Büyük Patlama her şeyin başlangıcıdır. Zaman ilerlerken, enerji maddeyi dönüştürdü ve tersi de oldu, fakat onun bütün yaratımı bir andaydı. Eşit ölçüde önemde, uzay ve mekân o anda yaratıldı.

Bir dakika durun, tamamen boş bir kara uzay içinde, devasa bir patlama olarak resmediyorum Büyük Patlamayı. Bu yanlış mı?

Uzaktan yakından alakası yok. Hiçliği hayal etmek çok zordur, yani sizi ayıplamayacağım. Buna rağmen, Büyük Patlamadan önce, zaman yoktu, uzay yoktu ve tabii ki, boşluk yoktu. Büyük Patlamadan önce hiçlik vardı.

Bunu anlamak çok zor.

Büyük Patlama olarak anılmasının nedeni budur.

Neden?

Pekâlâ, 20. yüzyıldan önce, her şey yolundaydı. İnancınıza göre, Evren genişlemiyordu, her zaman gördüğünüz gibiydi. Hoş, basit, ama yanlış.

Ne oldu?

Edwin Hubble, 1920'de, uzaktaki gökadaların bizden uzaklaştığını fark etti. Aslında, ne kadar uzaktalarsa, o kadar hızlı hareket ediyorlardı. Bu en sonunda, genişleyen bir Evren'in doğal sonucu olarak yorumlandı.

Takip edebildiğimden emin değilim.

Kafanızda bir yiyeceğin çapında bir balon canlandırın. Balon üzerine rasgele noktalara iki düzine madeni parayı zamklayın.

Tamam.

Şimdi balonu şişirin ve madeni paraları seyredin. İki şey fark edeceksiniz. Her bir madeni para, diğer madeni paraların hepsinden daha da uzaklaşacaktır. Sizden en uzaktaki madeni paranın en hızlı uzaklaşan olduğunu da fark edeceksiniz. Balonu iki boyutlu bir uzay olarak düşünebilirsiniz; madeni paraların hareketi de, genişleyen bir Evren için karakteristiktir.

Anlıyorum.

Güzeeel. Evren'de madeni paralar gökadalar ya da gökada kümeleridir; balonun yüzeyi içinde yaşadığımız eğri uzaydır. Hepsi Büyük Patlama ile başlamıştır.

Neden Büyük Patlama olarak adlandırıldığını açıklayacak mısınız?

Pekala, başlarda herkes bu görüşü kabul etmemişti. Her şeyin bir anda hiçlikten doğmuş olduğunu düşünmenizi beklemek, hayal gücünüzü çok zorlayacak bir istektir; Evren'in genişlediğinin deneysel bilgisiyle yüzleşmişseniz ve hâlâ Evren'in her zaman neyse öyle olduğuna inanıyorsanız, tek bir olasılık kalıyor.

Neymiş o?

Sürekli oluşum ya da sabit durum. Bu model içinde Evren genişlerken, ilerledikçe sürekli madde yaratır. Bu Evren'in genişlemesini olanaklı kılar, ama ortalamada, zaman aktıkça aynıymış gibi görünür.

Sabit durum modeli kabul edilmedi mi?

Hayır, ama bir süreliğine çatışma şiddetlendi ve sabit durum avukatları, modelle dalga geçmeye çalışırken Büyük Patlama deyimini uydurdular; bu ad tutuldu ve artık insanlar bundan hoşlanıyor.

Kara delik, eğri uzayı yeterince açıkladı, siz şimdi sağduyulu bir diğer örnek verdiniz; ama genişleyen eğri bir uzayın altında yatan kuramın ne olduğunu sorabilir miyim?

Einstein'ın genel görelilik kuramı. Einstein'ın bakışında uzayı madde eğiyordu. Kara deliğin örneğinde, balonun yüzeyinde kaldığınızda, yüzeye bükülürsünüz. Pekâlâ, Einstein'a göre, madde üç boyutlu uzayı eğer. Aynı şekilde, zamanı da bozabilir.

Bunu hayal etmek çok zor.

Neyse ki, sizin hayal gücünüz kısa geldiğinde, matematikçileriniz başarılı olur.

Yani, Einstein kuramsal olarak genişleyen bir Evren'de yaşadığımızı kanıtladı.

Pekâlâ, hikaye bir kez daha ironik bir şekil alıyor.

Şaşırmadım. Ayrıntı verecek misiniz?

Einstein, denklemlerini 1915'de buldu. Bu denklemleri Evren'in yapısına uyguladı.

Özür dilerim, ama kuyrukluyıldızın ne dediğini anımsamama izin verin, "Einstein Newton'un kütleçekimi kuramının yerini alacak olan genel görelilik kuramını geliştirdi."

Bu doğru.

Elmaların ağaçtan nasıl düştüğünü açıklamak için kullandığımızla aynı kuramı mı demek istiyorsunuz? Ya da gezegenlerin Güneş'in çevresinde dönüşü, bütün Evren'e uygulanabilir olabilir mi?

Göklerdeki elmalar, kesinlikle, işte bu fiziğin güzelliğidir. Aslında, bu Newton'un dahiliğinin bir kısmıdır. Newton'un doğa yasasına olan güçlü inancı, yeryüzünde yapılan deneylerden ya da laboratuvar sonuçlarından göklere dair çıkarımlarda bulunabilmesini olanaklı kıldı.

Anlıyorum, yani Einstein da aynısını yaptı.

Evet, ama kendi denklemlerine bir çözüm bulamayacaktı.

Ne kadar moral bozucu!

Onun varsayımında, elbette Evren sabitti.

Bu Hubble'in gözlemlerinden önceydi...

Evet, ve o zamanda statik Evren kavramı, ruhunuz gibi bilinciniz içinde de derinlere işlemişti. İçine girilemeyen bir kale gibiydi, çürütülemezdi ve tartışılmazlığa terk edilmişti.

Şimdi ne kadar doğal geliyor bize...

Gerçekten öyle. Bataklık kumu üzerine inşa edilmiş kaleler gibi, düşüncelerinize böyle kılavuzluk yapan başka kaç tane temel inancınız vardır?

Artık bize anlatacaklarınızı tahmin edemiyorum.

Kusura bakmayın, ama hikâyemi anlatmaya devam edeceğim. Einstein, denkleminin statik, homojen bir Evren tanımı sağlayamadığını fark etti. Bir şeylerin değişmesi gerektiğini biliyordu.

Statik Evren varsayımını değiştirmedi mi?

Hayır, bataklık kumu, hâlâ toprak olarak görünmüyordu. Denklemini değiştirdi! Ona şimdilerde kozmolojik sabit denilen bir ek yaptı. Bu sabitten hoşnut değildi ve sonraları bundan hayatının en büyük gafı olarak söz edecekti. Denklemi içindeki bu ek terimle, bugünlerde artık yanlış olduğunu bildiğimiz bir çözüm üretebildi.

Demin gönderme yaptığınız ironi bu mu?

Hayır, bu bir ironi karışımı ve Pandora'nın kutusu. Doğrusu, Einstein'ın denklemlerinin zaman evrimsel çözümü, daha sonra bulundu ve kozmolojik sabitin yersiz ve gereksiz olduğu anlaşıldı.

Yani kozmolojik sabit bırakıldı mı?

Hayır, onu konuştuğumuza göre, kutunun içine asla geri konulmadı. Aslında, 20. yüzyılın sonuna doğru, sıfır noktası enerjisi ortaya çıkarken, fizikçilerin çoğu onu dikkate aldı.

Yani resme geri döndünüz.

Resmi asla terk etmedim ki. Bir sıkıntı vardı; hesaplamalar, kozmolojik sabitin, eğer sıfır noktası enerjisinden doğuyorsa, 100 basamaklı büyüklükten çok daha büyük olacağını gösterdi.

Bu sayıyla, Evren bir kıvılcımla varlık kazanmış olur ve bir flaşla da gidecektir.

Yani, kuram bütün her şeyden sonra yanlış mı?

Bazı kısımları yanlış, bunların nerelerde olduğunu bulacağınıza eminim. Ek bir ironi, hidrojen atomunuzun söz ettiği gibi, Einstein'ın kuantum kuramından hoşlanmamasıdır. Onun öngörülerinin verdiği terimleri, Einstein ömrünün en büyük gafı olarak adlandırmıştır.

Çok ilginç. Yani, kozmolojik sabiti hiç getirmemiş olsaydı; Evren'in genişlediği öngörüsüne olasılıkla Einstein da varacakmış gibi görünüyor.

Ya da anlaşma yapacaktı, ama evet, o görüşü üretebilmesinin nedeni budur. Derslerinizi unutmayın, cisimleri görmenin yolu oradadır ve konuştuğunuz yollar değildir, çok daha zordur. Ayda dikilerek, Atlantik Okyanusu'nun dibindeki kumları görmek, gerçeği görmekten daha kolaydır.

Umutsuz mu görünüyor diyorsunuz?

Hayır. Sizin ardı arkası kesilmeyen aksaklıklara, doğru olandan çok daha fazla hatalı kuramınız bulunmasına, yanlış yorumlarınıza, yanlış tasvirlerinize ve büyümenizi durduran bütün tost makinesi teknolojilerinize karşın ısrarla çalışmanız, en iyi özelliğinizdir.

Eşyaya dair iyi bir perspektife sahip olduğunuzu söylemenin adil olacağını varsayıyorum.

Temel bir perspektifim var. Her şeyin üzerinde inşa edildiği çerçeve benim, gökadaları çevrelerim ve uzay ve zamanın en uzak bölgelerinin içine işlerim. Meydana gelen ve meydana gelecek olan her olayın bir parçasıyım. Süpernova patlamalarının atımlarını, Evren'in bir ucundan bir ucuna gökadalar boyunca tohumlarını yayarken, hissederim. Minik atomlarıma kibarca mesajlarını iletirken, uzak geçmişten günümüze pulsarların yoğun enerjisini getiririm; atomlarımı onların kişisel anlaşmazlıklarını ortaya çıkarmaya teşvik ederim. Değişim içindeyken ve atomlarımın yeniden doğumuyla bayram ederim ve onlar çağlar boyunca kendi kimliklerini inatla sürdürürken, parçacıklarımın

arkasında dururum. Bir kara delik kendi kendini yok ederken, kaybın ağrısını hissederim ve yeni bir yıldızın oluşumu daima doğumun neşesini getirir. Büyük keşifler gözden kaçmış noktalara doğru ilerlerken ve yeni bir kuram, cahilliğin karanlığı içine ışığı getirirken, ben oradayım. Bütün her şey yaratılırken oradaydım ve zamanın sonuna kadar orada kalacağım.

Sözlük

Alfa parçacığı: Helyum atomunun çekirdeğidir, iki proton ve iki nötrondan oluşur.

AU: Astronomik birim, Güneş ile Dünya arasındaki uzaklığı verir, yaklaşık 150.000.000 km'dir.

Big Bang (Büyük Patlama): 10-20 milyar yıl önce, uzay, zaman, enerji ve maddenin oluştuğu Evren'in başlangıcı. Zihinlerimizde canlandığı gibi, göreli olarak huzurlu bir dönemin patlamayla parçalanması değildir. Patlama benzetmesinden kaynaklı olarak, zihnimizde olaydan önceki bir dönemin oluşması yanlıştır. Big Bang'den önce hiçbir şey yoktur.

Büyük keder felci: Ölüm.

CERN: İsviçre'deki Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi. CERN'de parçacıklara, ışık hızına çok yakın hızlar kazandırılarak, anti-parçacıkların oluşumu gibi yüksek enerji etkileşimler araştırılmaktadır.

Çıplak tekillik: Tekillik, bir kara deliğin bütün maddesinin eninde sonunda içine düşeceği merkez noktasıdır. Einstein'in genel görelilik kuramı ve son günlerde yapılan çok sayıda gözlemlere göre, bu tekillik olay ufku tarafından örtülmüştür, bu

nedenle onu göremeyiz. Eğer olay ufku var olmasaydı, tekillik açıkta olacaktı, yani çıplaktı.

Eğri uzay: Bir üçgenin iç açıları toplamının 180 derece etmediği, Öklidyen geometriyle tanımlanmayan bir uzay. Bir kürenin yüzeyi eğik iki boyutlu uzaya örnektir. Eğik üç boyutlu bir uzay ise, Riemann geometrisi tarafından tanımlanabilir, ama bizim hayal gücümüz tarafından tasavvur edilebilir değildir.

Elmuzpor: Hangi meyve olduğunu kesin olarak bilemeyeceğiniz, kuantum mekanik bakışı yansıtan metaforik meyve. Ona baktığınızda bir elma, bir muz ya da bir portakalın herhangi birini göreceğiniz bir ölçüm sürecini sembolize eder. Buna karşın, herhangi bir bakışta bunlardan yalnızca biridir, gözlemden gözleme değişebilir.

Fizyon: Ağır bir çekirdeğin daha küçük çekirdeklere bölünmesinin doğal sonucu olarak açığa çıkan enerji.

Foton: Işığın temel birimi. Eletromanyetik radyasyonun diğer tüm biçimlerinde olduğu gibi, bu sayfanın yansıttığı ışık da fotonlardan oluşur. Fotonlar aynı zamanda elektromanyetik kuvvetin değiştokuş parçacıklarıdır.

Füzyon: Hidrojen, helyum, karbon gibi hafif çekirdeklerin, birleşerek ağır elementleri oluştururken enerji yayınlaması. Hidrojenin helyuma füzyonu, Evren'deki en doğurgan süreçtir, Güneş'in ve diğer yıldızların gücünün kaynağıdır.

Gelgit kuvveti: Nesneleri çekip ayırmaya eğilimli kütleçekimsel kuvvet. Ay'ın Dünya üzerindeki gelgit kuvveti, gelgit yaratır; Güneş kütlesindeki kara delikler tarafından üretilen gelgit kuvvetleri, çok yaklaştıkları bir nesneyi parçalara ayırırlar. Getgit kuvvetlerinin kökeni, uzaklığa bağlı olarak kütleçekimi alanının gücünde oluşan farklılıklardır: Dünya'nın Ay'a yakın yüzü,

kütleçekimi kuvvetini uzak tarafına göre daha kuvvetli hisseder; Çünkü Ay'ın kütleçekimi alanı, herhangi bir nesne için, uzaklığın karesiyle birlikte azalır.

Genel görelilik kuramı: Einstein'ın kütleçekimi kuramıdır, 1915'te yayımlanmıştır. Bütün fizik kuramları içinde, estetik olarak en çok hoşa gidenlerden biri olduğu ortaya çıkmıştır. Diğer şeylerin yanı sıra, Büyük Patlamayı, kara delikleri ve Newton'un kütleçekimi kuramının yalnızca yaklaşık olarak sonuçlandırabileceği, Güneş'in çevresinde dolaşan gezegenlerin kesin hareketini öngörür.

Gluon: Kuarklar arasındaki kuvvete yol açan, kütlesiz, spini 1 olan değiştokuş parçacığıdır.

Göreli uzunluk büzülmesi: Bir nesnenin uzunluğu kesin bir nicelikte değildir, nesne ile gözlemci arasındaki hıza bağlıdır. Bir metrelik bir çubukla 0,99c'de (c = ışık hızı) seyahat eden kişinin elindeki çubuğun uzunluğu 14 cm olarak ölçülecektir.

Graviton: Elektromanyetik alan için foton neyse, kütleçekimsel alan için de graviton odur. Spini 2'dir, asla gözlenmemiştir, kütleçekimi alanının kuantumunu vermesi beklenmektedir; bu alan şimdiye dek kuantumlama girişimlerimize direnmiştir.

İkili yıldız sistemi: Yıldızlar çok sık çift olarak biçimlenir ve ortak kütle merkezlerinin çevresinde yörüngeye girerler. Bu ikili yıldız sistemi olarak adlandırılır.

İzotop: Bir elementin farklı nötron numarası içeren türleri.

Jiffy (an): Işığın, bir protonun büyüklüğü boyunca yaptığı yolculuğun süresi olarak tanımlanan gayriresmi zaman birimi. Yaklaşık 3×10^{-24} sn'ye eşittir.

Kara delik: Kütleçekimin bir sonucu olarak, bütün maddenin tek bir noktaya çökmesidir. Kara deliğin kütleçekimi alanı o kadar güçlüdür ki, ışık dahil, olay ufku denilen kritik bir uzaklıktaki herhangi bir nesne deliğe düşmeye mahkûmdur, kurtulamaz.

Kırmızı devler: Son demlerini yaşayan, Güneş benzeri yıldızlar. Son katmanları füzyon geçirirken, yıldızın çapı 100 katına çıkarak onu kırmızı bir deve dönüştürür.

Kırmızıya kayma: Gözlenen nesnenin, gözlemciden uzağa doğru hareketinden dolayı dalga boyunda meydana gelen artıştır. Uzak gökadalar bizden uzaklaştıklar, bu nedenle ışıkları kırmızıya kayar.

Kozmik sansür: Çıplak tekilliklerin varolmadığını söyleyen hipotez.

Kozmolojik sabit: Einstein'ın statik bir Evren tanımlamak için genel görelilik alan denklemine eklediği sabit terim. Daha sonra Evren'in genişlediği keşfedilince, terimin faydası artmıştı. Buna rağmen bu kozmolojik terim sık sık tartışmalara konu olur ve hâlâ kaderi belirsizdir.

Kuantum mekaniği: Küçük ölçekte, parçacıkların davranışını ve yüksek enerji etkisini tanımlayan kuram. Kuantum mekaniği sadece bir kuram değildir, bize atomik düzeyde doğanın deterministik olmadığını da göstermiştir.

Kuasar: Yıldızsı nesne. Şimdilerde, gökadaların yayınladıkları devasa miktardaki radyasyonun hesaplanması sonucu, iç kısımlarında süper kütleli kara deliklerin bulunduğuna inanılmaktadır.

Kurtdeliği: Einstein-Rosen köprüsü olarak da bilinen kurtdeliği, uzayzamanın eğik bölgesidir; iki farklı kara deliği bağladığı düşünülmektedir.

Macho (Massive Compact Halo Object = Büyük Kütleli Sıkı Halo Cisimleri): Karanlık madde hesabına göre, gökadalara yayılmış, Jüpiter tipi nesneler biçiminde çok sayıda Macho olabileceğine inanılmaktadır.

Maviye kayma: Gözlenen nesnenin, gözlemciye doğru hareket edişinden dolayı dalga boyunda meydana gelen azalmadır. Dönüşlerinin bir parçası olarak bize doğru yaklaşan gökadalarda maviye kayma gözlenmiştir.

Muon: Elektrona fazlasıyla benzeyen temel parçacıktır, sadece kütlesi biraz daha fazladır.

Nötron yıldızı: Bir süpernovanın kalıntısı olan bir nötron yıldızı katı nötronlardır.

Oksidasyon: Demire referansla ve daha yaygın olarak bilinen adıyla pas, demir atomları ve oksijen atomlarının birleşimiyle oluşur.

Olay ufku: Dönüş olmayan nokta. Bir Güneş kütlesindeki kara delik için olay ufku yaklaşık 3 kilometredir; yani herhangi bir nesne ya da ışık, 3 kilometrenin içine girerse, kurtulamaz.

Pion: Kuark - anti-kuark çifti, nükleer etkileşimleri tanımlamak için faydalıdırlar.

Pozitron: Pozitron, elektronla aynı kütleye sahip, ama yük olarak onun tam zıttı olan bir anti-elektrondur.

Pulsarlar: Nötron yıldızları, manyetik eksenleri boyunca enerji yayarlar. Manyetik eksen dönerken, Dünya'yı işaret ettiği zaman, radyasyon atımını gözlemleriz, etmediği zamanlarda bir şey görmeyiz. Dönme oranı sabit olduğu için, net etkisi, enerjinin periyodik olarak atımı şeklinde görülür.

Radyasyon basıncı: Işığın ya da başka herhangi bir elektromanyetik radyasyonun kuvveti. NASA'nın güneş yelkenli tekneleri önerisi vardır; geniş alüminyum yelkenliler güneş ışığının radyasyon basıncını kullanarak Güneş Sistemi'nde gezinti yapabileceklerdir.

Radyoaktivite: Maddeden kendiliğinden yayılan enerji. Olağan örnekleri, elektron, foton ya da çekirdekten alfa parçacıklarının yayılmasıdır.

Riemann tensörü: Geometride, uzayın eğriliğinin niceliğini işaret eder. Eğer sıfırsa, uzay düzdür (Öklidyen geometri geçerlidir); eğer sıfır değilse, uzay eğridir. Fizikte bu nicelik, maddenin varlığının işaretidir. Hiçbir madde bulunmuyorsa, yalnızca sıfırdır (Madde ortamdan ne kadar kaldırılırsa, Riemann tensörü o kadar küçülür). Bu nesne, Einstein'in genel görelilik kuramında bir köşe taşıdır; nedeni bizim kara deliğin ondan faydalanmaya çalışmasıdır.

Sıfır noktası enerjisi: Bir alanın en düşük enerjisi. Örneğin, elektromanyetik alanın sıfır noktası enerjisi sonsuza çıkıyor ve genellikle çarçur ediliyor. Buna rağmen, sıfır noktası enerjisi, gözlemlenebilir etkileri tanımlamak için kullanılabilir; bu etkiler küçüktür.

Sicim kuramı: Kuantum kuramında, parçacıklar küçük sicimler olarak ele alınır. Sıklıkla süpersimetri ve hakkını tam vererek söylersek süper-sicim kuramı olarak formüle edilirler. Bu kuram otomatik olarak kütleçekimi kuramının kuantumlanmasını içerebilir. Daha ilgi çekici öngörülerinin bazıları, 10 ya da 11 boyutlu bir Evren'de yaşadığımız ve gözlediğimiz her parçacığın (henüz saptanmamış olsa da) bir süper-eşi olduğudur.

SNOB (Doğal Nesneler Topluluğu): Bu topluluğun bütün üyeleri, söyleşilerimiz sırasında verecekleri bilginin bir sınırı olduğu

görüşündeydiler. SNOB, doğada var olan bilgi miktarı üzerine kuantum kuramının getirdiği bir limitin metaforudur.

Süperiletken mıknatıslar: Belirli elementler ve alaşımlar, çok düşük ısılara soğutulduklarında, elektriğe hiçbir direnç göstermezler; bu durum süperiletkenlik olarak adlandırılır. Süperiletken mıknatıslar, süperiletkenler içinde elde edilebilecek bir manyetik alan yaratan büyük akımlardan yararlanırlar.

Süpernova: Güneş'ten en az üç ya da dört kat daha büyük kütleli yıldızların patlamasıdır. Patlama, yıldızın çökmesinden sonra ortaya çıkar, bütün füzyon süreçlerinin sona ermesiyle son bulur. Patlamanın sonucunda, yalnızca bir kısım ağır elementler oluşmakla kalmaz, aynı zamanda bu elementler dong sesiyle ve diğer elementlerle birlikte dışarıya atılır ve Evren'e bir uçtan bir uca dağılırlar. Bu, okuduğunuz kitabı oluşturan atomların da kökenini oluşturan bir durumdur.

Süpersimetri: Bozonlar (bir spinli parçacıklar) ve fermiyonlar (yarım spinli parçacıklar) arasındaki simetridir. Bir süpersimetrik kuram, bozonların fermiyonlara ya da fermiyonların bozonlara değişebilmesi sürecini olanaklı görür.

WİMP (Weakly Interactive Massive Particle=Zayıf Etkileşimli Kütlesel Parçacık): Nötralino tarafından çok ayrıntılı olarak tanımlanmıştır.

X-ışını püskürtücü: Zaman zaman büyük X-ışını radyasyonu püskürten nesnelerdir. Bunların bir nötron yıldızı üzerinde biriken maddenin sonucu olduğuna ve yeterince ısındığında füzyon geçirdiklerine inanılmaktadır.

X-ışını radyasyonu: Dalga boyu milimetrenin yaklaşık on milyonda biri olan bir elektromanyetik radyasyon formu. (Işık bir diğer elektromanyetik radyasyon formudur.) Gazlar bir kara deliğe

dalarken, hızları ve çarpışmaları gazı ısıtır; gaz, olay ufkunu geçmeden az önce X-ışını yayar; bu bazı kara deliklerin imzasıdır.

Yarı-ömür: Bir maddenin yarısının bozulması için gereken zamanın uzunluğu.

Yeşil ev etkisi: Güneş'ten gelen görünür ışık, yeryüzü tarafından emilir ve kızılötesi radyasyon formunda (IR) yeniden yayınlanır. Yeryüzüne görünür ışığın geçmesine olanak sağlayan karbondioksit, yansıyan kızılötesi ışını emer, bu da atmosferin ısınmasıyla sonuçlanır. Karbondioksit düzeyi yükselirse ısınma artar, bu karbondioksit düzeyini artırabilir, böylelikle ısınma döngüsü devam eder.

***Z* ve *W* parçacıkları:** Parçacıklar, değiştokuş parçacıklarını yaratarak ve emerek, bir diğeri üzerinde kuvvet uygular. Zayıf nükleer kuvvetler, *Z* ve *W* parçacıkları tarafından ortaya çıkarılır. Örneğin, nötrino bir elektronla etkileşime girdiğinde, *Z* ve *W* parçacıkları elektron tarafından yaratılır ve nötrino tarafından emilir, ya da tam tersi olur. Bu yaratım ve emme süreci enerji ve momentumun her ikisini de koruyamaz, bu nedenle değiştokuş parçacıkları sanal parçacıklar olarak anılır.

21 cm radyasyonu: Elektronun spin çevriminden dolayı hidrojenin yaydığı radyasyondur.

kuarklardan kara deliklere

evrenle söyleşiler

Richard T. Hammond

Elinizdeki kitapta, bir anlatı türü olarak fabl, "evren çapına" çıkarılıyor ve "atomaltı ölçeğe" indiriliyor. Astrofiziğin ve fiziğin konusunu oluşturan nesneler söyleşi formatında konuşturulurken, kayıt cihazı kâh kara deliğe, kâh sarmal gökadaya, kâh Güneş'e, kâh demir atomuna, kâh sicime, kâh antimaddeye ve hatta boşluğa uzatılıyor.

Nesneler oluşumları, keşfedilişleri, özellikleri, tarihleri ve kendileriyle ilgili kuramlara dair bilgi verirken, insansı psikolojiler takınmış olarak da çıkıyorlar karşımıza. Jüpiter, bir yıldız olabilecekken ancak bir gezegen olabildiği için ömrünü bir başarısızlık öyküsü olarak görmeye takılıp kalmıştır; nötron nötr olmayı özelliksiz olmakla özdeşleştirerek, proton ve elektrona öykünmektedir; bozon ondan üstün olduğunu göstermeye çalıştığı fermiyonla didişmektedir; bir hidrojen bombasının üretimine katılmış olan uranyum atomu insanlıktan umudunu kesmiştir...

Bu doğal nesneler bir hayli görmüş geçirmiş; öznesi oldukları, milyarlarca yıl süren ve Evren'e boydan boya yayılan "yüksek enerjili" olaylarla dolu anılarını, tatlı tatlı anlatıyorlar; böylelikle her bir nesnenin birbirine ve bütüne sıkı sıkıya bağlı olduğu geniş ölçekli bir Evren resmi de çıkıyor ortaya.

Sözün özü bu kitap, astrofiziğin ve fiziğin nesneleri hakkındaki bilimsel bilgiyi, konuşma dilinin canlılığı, anlaşılırlığı ve yalınlığına ustaca yediriyor ve pazar ekleri söyleşilerinin akıcılığında sunuyor.

ISBN 978-605-5888-37-4

THG 0526104 BRD