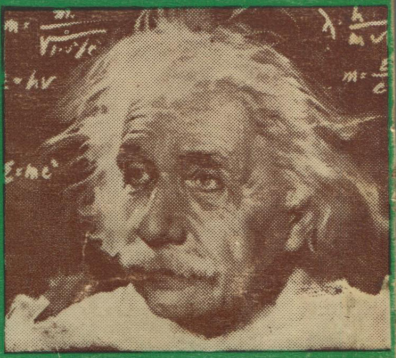
AYNSTAYN TEORİSİNİN KOLAY ANLAŞILIR AÇIKLAMASI



EVREN VE EINSTEIN

LİNCOLN BARNETT

EVREN VE EINSTEIN

LINCOLN BARNETT

EVREN VE EINSTEIN

Çeviren :
NAİL BEZEL

İkinci Basılış



VARLIK YAYINEVİ
Ankara Caddesi, İstanbul

FAYDALI KİTAPLAR : 99

Bu kitabın ilk baskısı
Kasım 1969 da yapılmıştır.

Varlık Yayınları, sayı : 1844
İstanbul'da Gül Matbaasında dizilmiş,
Dilek Matbaasında basılmıştır.
Ocak, 1976

ALBERT EINSTEIN'IN ÖNSÖZÜ

Oldukça soyut bilimsel bir konuyu herkesin anlayabileceği bir biçimde sunmaya çalışmış olan kişi böyle bir çabanın büyük zorluklarını bilir. Sorunun özü gizlenip yüzeyde görüşler verilerek okuyucunun söyleneni anlayabilmesi sağlanabilir. Bu, okuyucuda konuyu anladığı kanısını uyandırarak onu aldatır. Ya da konu ustaca anlatılır. Bu durumda eğitimsiz okuyucu anlatımı izleyemez ve daha fazla okuma isteğini yitirir.

Bugünün bilimsel yazılarından bu iki tür çıkarılırsa, geriye kalan şaşılacak kadar az fakat çok değerlidir. Halka, bilimsel araştırmanın çaba ve sonuçlarını bilinçli ve akıllıca görme ve anlama fırsatının verilmesi çok önemlidir. Her sonucun, o alanda uzman olan birkaç kişi tarafından alınma-

sı, geliştirilmesi ve uygulanması yetmez. Bilginin küçük bir gruba özgü olması, bir halkın felsefe ruhunu öldürür ve ruhsal yoksulluğa götürür.

Lincoln Barnett'in kitabı, halkın anlayacağı bilimsel yazılara değerli bir katkıdır. Bağıntılık Kuramı (İzafiyet Nazariyesi, ya da Relativite Teorisi) nın ana düşünceleri çok iyi anlatılmıştır. Bundan başka, fizik bilimi konusunda bugünkü bilgimizin durumu uygun biçimde belirtilmiştir. Yazar, bütün deneysel bilgileri içine alan birleşik bir kuramsal kavrama gitme çabasıyla birlikte, gerçek bilgimizin gelişmesinin nasıl bugünkü duruma yol açtığını, ve bu durumun - bütün başarılara rağmen - temel kuramsal kavramları seçme konusunda nasıl kararsız olduğunu gösteriyor.

Princeton, New Jersey
Eylül 10, 1948

1

New York'ta Riverside Kilisesi'nin beyaz duvarlarına oyulan, bütün çağların altı yüz büyük adamının - ermişler, filozoflar, krallar - resimleri, kireç taşının ölümsüzlüğü ile durur, uzay ve zamana boş ve ölümsüz gözlerle bakarlar. Duvarın bir bölümü bilimin dehalarını kutsallaştırır. Bunlar on dört tanedir; M.Ö. 370 de ölen Hippokrates'ten 1955 de ölen Albert Einstein'a dek geçen yüzyılları kapsarlar. Ünlülerin heykelleriyle dolu bu galeride, bugün hayatta olan çoğu insanın hatırlayabileceği kadar yakın bir zamanda dünyayı sarsmış olan tek kişi Einstein'dır.

Her hafta Manhattan'ın bu en şeçkin kilisesinde tapınan binlerce kişiden, belki yüzde doksan dokuzunun Einstein'ın resminin niçin orada olduğunu açıklamakta güçlük çekeceği

dikkate değer. Einstein'ın resmi oradadır, çünkü bir kuşak önce, kitlseye konulacak resimler planlanırken, Dr. Harry Emerson Fosdick, ülkenin önde gelen bilim adamlarına mektuplar yazdı, bilim tarihinin en büyük on dört ismini bildirmelerini istedi. Gelen listeler değişiktl. Çoğunda Arşimed, Öklid, Galileo ve Newton vardı. Fakat her listede Albert Einstein'ın ismi görülüyordu.

Einstein'ın bilimsel üstünlüğü ile halkın bu üstünlüğü anlaması arasında elli yıldan daha uzun bir zamandır - Özel Bağıntılık Kuramı (Relativite Teorisi) nın yayınlandığı 1905'tenberi - süregelen boşluk, Amerikan eğitimindeki boşluğun ölçüsüdür. Bugün çoğu gazete okuru, Einstein'ın atom bombası ile bir ilişkisi olduğunu bellisizce bilir. Ondan öte, Einstein ismi anlaşılması güç şeyler anlamını taşır. Onun kuramları çağdaş bilimin bir bölümünü meydana getirdiği halde, bu kuramların çoğu henüz ders programlarına girmemiştir. Bu nedenle, birçok üniversite mezununun hâlâ Einstein'ı insanoğlunun fiziksel gerçekleri anlamak yolundaki ağır çabasında çok büyük önemi olan bazı evren kanunlarının bulucusu olarak değil, bir çeşit matematiksel sürrealist olarak düşünmeleri bizi şaşırtmamalı. Bu üniversite mezunları

Bağlantılık'ın (Relatlvite), bilimsel öneminden başka, Locke, Berkeley ve Hume gibi büyük bilgi kuramcılarının düşüncelerini genişleten ve aydınlatan temel bir felsefe düzeni olduğunu anlamayabilirler. Sonuç olarak, içinde yaşadıkları sonsuz ve sırlarla örtülü bir düzeni olan evren konusunda bir tasarımları yoktur.

Uzun yıllar Princeton'da, Yüksek Etüd Enstitüsü'nde dinlenmeye ayrılmış bir profesör olarak kalan Dr. Einstein, hayatının son yıllarını kendisini yirmi beş yıldan daha uzun bir zamandır şaşırtan bir sorun üzerinde çalışarak geçirdi. Bu onun Birleştirilmiş Alan Kuramı idi. Bu kuram, evrenin temel güçlerinden ikisinin, yerçekimi ve elektromagnetizmin, bağlı olduğu fiziksel kanunları karşılıklı birbirine uygun bir denklemler dizisi ile ortaya koymaya çalışıyordu. Bu çabanın önemi, ancak dış dünyanın olaylarının çoğunu bu ikilik ve temel gücün meydana getirdiği anlaşıldığı zaman değerlendirilebilir. Elektirk ve magnetizma eski Yunanlılar zamanından beri bilinip çalışıldığı halde yüz yıl öncesine dek ayrı nicelikler olarak düşünülürdü. Fakat on dokuzuncu yüzyılda Oerstad ve Faraday'ın deneyleri bir elektrik akımının çevresinde daima bir magnetik alanın bulunduğunu, buna karşılık, be-

lirli durumlar gerçekleşirse magnetik güçlerin elektrik akımı meydana getirebileceğini gösterdi. Elektromagnetik alanın bulunuşu bu deneylerle ortaya çıktı. Işık ve radyo dalgaları ve öbür elektromagnetik karışıklıklar bu alanda yayılır.

Böylece elektrik ve magnetizma bir gücün değişik yönleri olarak düşünülebilir. Yerçekimi ile yeni bulunan ve çok az anlaşılan meson güçlerden başka -mesonların atom çekirdeğinin parçalarını bir arada tuttuğu sanılmaktadır- hemen bütün öbür güçler -sürtünme gücü, moleküllerin atomlarını bir arada tutan kimyasal güçler, maddenin parçalarını bir arada tutan bağlayıcı güçler, cisimlerin biçimlerini koruyan elâstik güçler- elektromagnetik soydandır. Çünkü bütün bunlar maddenin karşılıklı etkisini gerektirir. Madde ise atomlardan, atomlar elektrikli parçalardan meydana gelmiştir. Bununla birlikte yerçekimi ve elektromagnetizma olayları arasındaki benzerlik dikkate değer. Gezegenler güneşin yerçekimi alanı içinde, elektronlar atom çekirdeğinin elektromagnetik alanında dönerler. Bundan başka yer büyük bir mıknatıstır - pusula kullanmış olan herkesin gördüğü garip bir gerçektir bu. Güneşin de, bütün yıldızların da magnetik alanları vardır.

Yerçekiminin çekme gücünü elektromagnetik etkiyle bir sayma yolunda birçok çabalar olmuş, ancak bunlar başarısız kalmıştır. Einstein 1929 da bunu başardığını düşündü ve sonradan yetersiz saydığı bir birleştirilmiş alan kuramı yayınladı. 1949 yılının son günlerinde tamamlanan yeni kuramı çok daha büyük amaçlar güdüyordu. Çünkü bu kavram, yalnız yıldızlararası uzayın sınırsız yerçekimi ve elektromagnetik alanlarını değil, aynı zamanda atom içindeki çok küçük ve müthiş alanı kapsamı içine alan evren kanunlarını ortaya koydu. Birleştirilmiş Alan Kuramı'nın büyük amacının tümünün gerçekleştirilebileceğini ancak birçok aylar ve yılların deneysel ve matematiksel çabası belirleyecektir. Fakat tümüyle anlaşıldığında, bu kuramın büyük evrensel tasarımında, makrokozmos ile mikrokozmos -en büyük ile en küçük- arasındaki boşluk kapanacak, tüm evren tek bir yapı haline girecektir. Bu yapıda madde ve enerji arasında ayrım yoktur. Galaksilerin dönüşünden elektronların hırçın uçuşuna dek tüm hareket biçimleri yalnız bu ilk ve temel alanın yapı ve yoğunluğundaki değişiklikler haline gelir.

Bilimin amacı, içinde yaşadığımız dünyayı anlatmak ve açıklamak olduğuna göre, do-

ğanın çeşitliliğini basit ve uyumlu bir kuramla tanımlamak, kuramı en yüksek amacına eriştirir. Bununla birlikte, insanoğlunun gerçeği anlamak yolunda attığı her adımla, 'açıklamak' sözcüğünün anlamı daralır. Gerçekte bilim henüz elektriği, magnetizmayı ve yerçekimini 'açıklayamaz'. Bunların etkileri ölçülebilir ve önceden kestirilebilir, fakat çağdaş bilim adamı bunların temel nlteliklerini, ilk olarak M.Ö. 585'de kehlibarın elektriklenmesi üzerinde düşünen Miletli Thales'ten daha iyi bilmez. Çoğu çağdaş fizikçiler, insanoğlunun bu gizli güçlerin 'gerçekten' neler olduğunu anlayabileceği düşünüşünü yadsıyorlar. "Elektrik", diyor Bertrand Russell, "St. Paul Kilisesi gibi bir şey değildir. O, varlıkların bir davranma biçimidir. Elektriklendikleri zaman cisimlerin nasıl davrandıklarını, hangi durumlarda elektriklendiklerini söylersek, söylenecek her şeyi söylemiş oluruz." Yakın zamanlara dek bilim adamları böyle bir savı hor görürlerdi. Doğal bilimi Batı düşüncesini iki bin yıl boyunca etkisi altında tutan Aristo, insanoğlunun 'belli ilkeler' den başlayıp usavurma yoluyla temel gerçeklere varabileceğine inanırdı. Örneğin, evrendeki her şeyin uygun bir yeri olduğu belli bir ilkedir. Böylece, cisimlerin yere ait oldukları için ora-

ya düştükleri sonucuna varılabilir. Duman da göğün olduğu için yukarı çıkar. Aristo'nun biliminin amacı, olayların **niçin** meydana geldiğini açıklamaktı. Çağdaş bilim, Galileo olayların **nasıl** olduğunu açıklamak için çalışıp, bugün bilimsel araştırmanın temeli olan kontrollü deneyi kullanmaya başlayınca doğdu.

Galileo'nun ve ondan sonraki kuşaktan Newton'un buluşlarından güçler, basınçlar, gerginlikler, titreşimler ve dalgalardan olma mekanik bir evren ortaya çıktı. Somut bir örnekle gösterilip ya da Newton'un çok ince ve doğru kanunları ile önceden kestirilip günlük tecrübe açısından anlatılamayacak hiçbir doğa olayı yokmuş gibi görünüyordu. Fakat geçen yüzyılın bitiminde önce bu kanunlardan bazı sapmalar olduğu görüldü. Bu sapmalar küçük olduğu halde o kadar temel nitelikteydiler ki, Newton'un mekanik evreninin tüm yapısı sallanmaya başladı. Bilimin olayların **nasıl** olduğunu açıklayabileceği konusundaki kesinlik yirmi yıl kadar önce bulanmaya başladı. Bugün ise bilim adamının 'gerçek' le temasta olup olmadığı -ya da böyle bir teması umabileceği- bir sorudur.

2

Fizikçileri, pürüzsüzce işleyen mekanik bir evren inancına güvenmemeye ilk kez götüren etkenler, bilginin iç ve dış ufuklarında -atomun görülmeyen ülkesinde ve galaksiler arası uzayda- doğdu. Bu durumu nicelik yönünden anlatırsak; 1900 ile 1927 yılları arasında iki büyük kuramsal düzey gelişti. Bunlardan birisi madde ve enerjinin temel birimlerini ele alan Kuvant Kuramı; öbürü uzay, zaman ve tüm evrenin yapısını ele alan Bağıntılık Kuramı idi.

Bu iki kuram çağdaş fizik düşüncesinin direkleri olarak kabul edilir. Her ikisi de kendi alanlarında doğayı uyumlu matematiksel bağıntılarla anlatır. Newton'un 'nasıl' sorusunu, Newton kanunlarının Aristo'nun 'niçin' sorusunu cevaplandırdığından fazla cevaplandırmazlar. Bu kuramlar, denklemler sağlar; ışığın rad-

yasyon ve yayılmasını yöneten kanunları çok ince doğrulukla tanımlayan denklemler gibi. Oysa atomun ışık vermesini ve bu ışığın uzayda yayılmasını sağlayan asıl oluşlar doğanın erişilmez sırları olarak kalıyor. Aynı şekilde radyoaktivite olayını yöneten kanunlar, bilim adamlarının belirli bir ölçüdeki uranyumdan belirli bir zamanda, belirli sayıda atomun ayrılacağını önceden kestirebilmesini sağlar. Fakat hangi atomların bozulmaya uğrayacağı, bu atomların nasıl seçildiği soruları insanoğlunun henüz cevaplandıramadığı sorulardır.

Doğanın matematik yoluyla anlatımını kabul ederken fizikçiler, yaşantılarımızın alışılmış dünyasını, duyu ve algılar dünyasını, bırakmak zorunda kalmışlardır. Bu çekilmenin önemini anlamak için fiziği fizikötesinden ayıran ince çizginin ötesine geçmek gerek. Gözlemci ile gerçek, özne ile nesne arasındaki bağıntıları ilgilendiren sorular sağduyunun doğuşundan beri filozof düşünürleri uğraştırmıştır. Yirmi üç yüzyıl önce Yunanlı filozof Demokritos şöyle yazdı: "Tatlı ve acı, soğuk ve sıcak ve bütün renkler gerçekte değil düşüncede yer alırlar. Gerçekte var olan değişmez küçük parçacıklar, atomlar ve onların boşluktaki hareketleridir." Galileo da renk, lezzet, koku ve ses gibi

duyguların tümüyle öznel nitelikler olduğunu sezdi ve şöyle dedi: "Bunlar dış dünyadaki nesnelere verilemez; bazen böyle nesnelere dokununca meydana gelen gıdıklanma ya da acının nesnelere verilemeyeceği gibi."

İngiliz filozofu John Locke, maddenin temel ve ikinci nitelikleri diye ayırdığı özellikler arasında bir ayrım yaparak 'maddenin asıl varlığı'nı anlamaya çalıştı. Böylece biçim, hareket, katılık ve bütün geometrik özellikleri maddenin kendinde var olan gerçek ya da temel nitelikler saydı. Oysa renk, ses, lezzet gibi ikinci nitelikler yalnız duyu organları üzerindeki etkilerdir. Sonraki düşünürler bu ayırımın yapmacıklığını gördüler.

Büyük Alman matematikçisi Leibnitz, "yalnız ışık, renk ve sıcaklığın değil; hareket, biçim ve genişliğin de ancak görünüşte nitelikler olduğunu tanıtlayabiliriz" diye yazdı. Görme duyumuz bir golf topunun yuvarlak olduğunu söyler bize; dokunma duyusunun etkisinde kalan göz, onun aynı zamanda yuvarlak, pürüzsüz ve küçük olduğunu söyler. Bunlar duyularımızdan ayrı varlıkları olmayan niteliklerdir, alışkanlık olarak beyaz diye tanımladığımız nitelikten daha gerçek değildirler.

Böylece, zamanla filozoflar ve bilim adam-

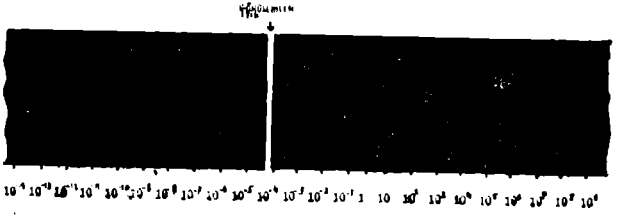
ları şu şaşırtıcı sonuca vardılar: Her nesne yalnız niteliklerinin bir toplamı olduğuna, nitelikler de yalnız zihinde var olduğuna göre, madde ve enerji, atomlar ve yıldızlardan meydana gelen tüm nesnel evren ancak bilinçteki bir kuruluş olarak vardır; insan duyuları ile biçimlenen, alışılmış simgelerden oluşmuş bir yapıdır. Maddeciliğin baş düşmanı Berkeley'in dediği gibi: "Göğün tüm korosu ve yerin yapısının, kısaca, dünyanın güçlü çatısını meydana getiren tüm cisimlerin zihnin dışında hiçbir varlıkları yoktur... Ben onları algılamadıkça onlar zihnimde, ya da başka bir yaratığın zihninde var olmadıkça, onların ya hiç varlıkları yoktur, ya da bir Ölümsüz Ruh'un zihninde var olurlar." Einstein uzay ve zamanın da sezgi biçimleri olduğunu; renk, biçim ve büyüklük kavramları gibi bunların da bilinçten ayrılamayacağını göstererek bu mantık dizisini sonuna dek götürdü. Uzayın, ancak içinde gördüğümüz cisimlerin bir düzeni ya da yerleştirilişi olarak nesnel gerçeği vardır. Zamanın da, onu ölçtüğümüz olaylar dizisinden ayrı, bağımsız bir varlığı yoktur.

Anlaşılması güç bir felsefe sorunlarının çağdaş bilimle çok yakın ilgisi vardır. Filozoflar tüm nesnel gerçekleri algıların bir gölge-

dünyası haline getirirken, bilim adamları insan duyularının sınırlarını korku ve endişeyle sezdiler. Cam bir prizma ile güneş ışığını bir perdeye yansıtıp gökkuşağı renklerini görmüş olan herkes, görülebilen ışığın tüm dağılma alanına bakmış demektir. Çünkü insan gözü yalnız kızıl ile mor arasına düşen dar yayılma şeritine karşı duyarlıdır. Görülebilen ışıkla görülemeyen ışık arasındaki bütün ayrımı yapan, santimetrenin yüz binde birkaçı değerindeki dalga uzunluğudur. Kızıl ışığın dalga boyu 0,00007 cm., mor ışığınki 0,00004 cm.'dir.

Oysa güneş başka ışıklar da yayar. Örneğin, 0,00008 ile 0,032 cm dalga uzunluğundaki kızılötesi ışınları retinayı uyaramayacak uzunluktadırlar, fakat deri onların etkisini sıcaklık olarak duyar. Aynı şekilde, 0,00003 ile 0,000001 cm. dalga uzunluğu olan morötesi ışınları gözün algılayamayacağı kadar kısadır, fakat fotoğraf işlemiyle kaydedilebilir. Morötesi ışınlardan daha kısa olan X-ışınları ile de fotoğraf yapılabilir. Frekansları daha az ya da çok olan başka elektromagnetik dalgalar da vardır; radyumun gamma ışınları, radyo dalgaları ve kosmik ışınlar gibi. Bunlar çeşitli yollarla anlaşılabilir, yalnız dalga uzunlukları ile ışıktan ayrılırlar. Bu nedenle, insan gözünün dünyadaki

ışınların çoğuna karşı duyarlı olmadığı açıktır. İnsanın çevresindeki gerçeklerden algılayabil-



(Dalga uzunlukları, cm. olarak)

Elektromagnetik tayf insan gözünün görebildiği yayılma alanını gösterir. Fizik bilimi açısından radyo dalgaları, görülebilen ışık, ve X-ışınları ile gamma ışınları gibi yüksek frekanslı radyasyon biçimleri arasındaki tek ayrılık dalga uzunluklarındadır. Fakat dalga boyları santimetrenin trilyonda biri kadar olan kozmik ışınlardan, uzunlukları sonsuz olan radyo dalgalarına kadar uzanan bu geniş elektromagnetik yayılma arasından, insan gözü ancak şemada beyazla gösterilen ince şeridi seçebilir. Böylece, insanın evren konusundaki algıları, görme organının sınırlarınca kısıtlanır. Şemadaki dalga uzunlukları onluk sistemle gösterilmiştir. 10^3 santimetre, $10 \times 10 \times 10$ demektir, o da 1000'e eşittir. 10^{-1} santimetre, $1/10 \times 1/10 \times 1/10$ dur, bu da 1/1000 demektir.

diği bölüm, görme organının sınırları ile kısıtlanır. Sözgelimi, insan gözü X-ışınlarına karşı duyarlı olsaydı, dünya çok daha ayrı görünürdü.

Evren konusundaki tüm bilgimizin, eksik duyularımızla bulutlanan izlenimler olduğunu anlamak, gerçeği anlamak yolundaki çabamızı umutsuz kılar. Her şey ancak algılandığı zaman varoluyorsa, dünya, kişisel algıların kargaşalığı haline gelir demektir. Fakat şaşılacak bir düzen algılarımıza işler, sanki alt düzeyde, duyularımızın bize anlattığı bir nesnel gerçek varmış gibi. Hiç kimse kendisinin kırmızıyı ya da Do notasını duyuşunun başka bir insanınki ile aynı olup olmadığını bilemez. Bununla birlikte, herkesin renkleri ve sesleri benzer biçimde görüp duyduğu varsayımına göre hareket etmek mümkündür.

Doğanın işleyişindeki bu uyumu Berkeley, Descartes ve Spinoza Tanrı'ya verdiler. Sorunlarını Tanrı'ya başvurmadan çözmeyi yeğ tutan çağdaş fizikçiler (bu her gün daha zor oluyorsa da), doğanın bilinmeyen bir şekilde matematiksel ilkelere göre işlediğini ısrarla söylüyorlar. Einstein gibi kuramcıların, yalnız denklemleri çözerek, doğa kanunlarını önceden kestirmelerini ve bulmalarını mümkün kılan, evre-

nin matematiksel ilkelere bağlılığıdır. Fakat bugün fizik bilimi ile insan tecrübesi arasındaki gelişme şudur ki, matematiksel araçlar geliştikçe, gözlemci olarak insan ile bilimin nesnel dünyası arasındaki uçurum giderek derinleşmektedir.

Büyüklük bakımından evrendeki en büyük ile en küçüğün ortasında olması insan için önemlidir belki. Kabaca söylenirse, bu demektir ki, dev bir kırmızı yıldız (evrendeki en büyük cisim) insandan ne kadar büyük ise, bir elektron (fiziksel varlıkların en küçüğü) insandan o kadar küçüktür. Bu nedenle, doğanın temel sırlarının, duyularının tutsağı olan insandan en uzak alanlarda bulunması; bilimin, gerçekleri klâsik fizik biliminin basit benzetmeleriyle anlatamayarak, görülebilen matematiksel bağıntılarla yetinmesi bizi şaşırtmamalı.

3

Billmin mekanik açıklamadan ayrılıp matematiksel soyutlamaya doğru ilk adımı, 1900 de, Max Planck radyasyon çalışmalarında ortaya çıkan bazı sorunları karşılamak için Kuvant Kuramı'nı ortaya attığı zaman atıldı. Isıtılan cisimler akkor haline geldikleri zaman kırmızı bir ışık yaydıkları, sıcaklık yükseldikçe bunun turuncuya, sonra sarıya, daha sonra beyaza döndüğü genellikle bilinir. Geçen yüzyılda, böyle ısıtılmış cisimlerin verdiği radyasyon enerjisi miktarının dalga uzunluğu ve ısı ile nasıl değiştiğini gösteren bir kanun formülleştirmek yolunda çok dikkatli çabalar harcandı, Planck, deney sonuçlarını karşılayan matematiksel bir denklem buluncaya dek bütün uğraşmalar başarısız kaldı. Planck'ın denkleminin

alışılmamış özelliği, onu, radyasyon enerjisinin sürekli bir akım halinde değil, 'kuvant' adını verdiği parçalar ya da bölümler halinde yayıldığı varsayımına zorlamasıydı.

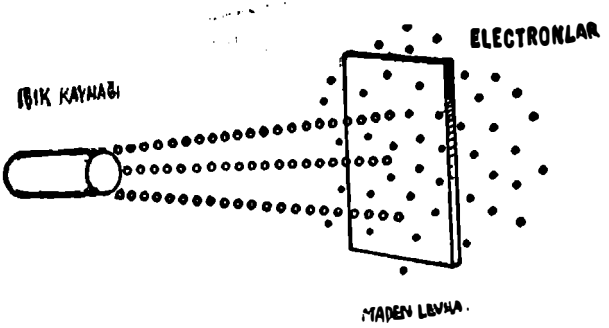
Böyle bir varsayım için Planck'ın başka bir kanıtı yoktu, çünkü radyasyonun gerçek işleyişi konusunda (ne şimdi ne de o zaman) kimse bir şey bilmiyordu. Fakat gözlem sonucu elde edilen gerçeklerin uyması için, her kuvantın $E=h\nu$ denklemi ile verilen bir enerjiye sahip olduğu sonucuna varmak zorunda kaldı. Burada ν radyasyon frekansı, h ise Planck'ın değişmezidir. Çok küçük, fakat atılamayacak kadar önemli olan bu sayının (kabaca 0,00000000000000000000000006624), doğanın temel değişmezlerinden biri olduğu sonradan tanıtlanmıştır. Herhangi bir radyasyon olayında, verilen enerji miktarı frekansa bölünürse sonuç daima h ye eşittir. Planck Değişmezi yarım yüzyıldan beri atom fiziği hesaplamalarında çok etkili olmuşsa da, ışık hızının büyüklüğü gibi onun büyüklüğü de açıklanamaz. Öbür evrensel değişmezler gibi o da matematiksel bir gerçektir, bu konuda hiçbir açıklama yapılamamıştır. Sir Arthur Eddington, gerçek bir doğa kanununun, aklı ile hareket eden insana saçma gelebileceğini söylemişti. Planck'ın

kuvant ilkesinin de bilimin ortaya çıkardığı birkaç gerçek doğa kanunundan birisi olduğunu düşündü.

Planck'ın varsayımının geniş sonuçları, bunun önemini anlamış tek çağdaş fizikçi olan Einstein, Kuvant Kuramı'nı yeni bir alana götürünceye dek gizli kaldı. Planck yalnız radyasyonla ilgili denklemleri bir araya getirdiğini sanıyordu. Fakat Einstein, gerçekte bütün radyasyon enerji biçimlerinin -ışık, ısı, X-ışınları- uzayda ayrı ve aralıklı kuvantlar halinde yayıldığını varsaydı. Buna göre, bir ateş karşısında otururken duyduğumuz sıcaklık, çok sayıda radyasyon ısısı kuvantlarının derimizi dövmesi sonucudur. Aynı şekilde, renk duygusu da ışık kuvantlarının retinayı dövmesinden doğar. Bu ışık kuvantlarının birbirinden ayrılığı $E=h\nu$ denklemindeki ν'nin değişmesi gibidir.

Einstein, fotoelektrik etki diye bilinen şaşırtıcı bir olayı incelikle tanımlayan bir kanunu geliştirerek, bu düşünceyi tanıtladı. Fizikçiler, maden bir levha üzerine katıksız mor ışık düşürüldüğü zaman, levhanın bol elektron çıkarması gerçeğini açıklayamamışlardı. Levha üzerine sarı ya da kırmızı ışık gibi düşük frekanslı bir ışık verilirse, elektronlar yine çıkacak, ancak hızları daha az olacaktır. Elektron-

ların maden levhadan çıkış şiddetl ışığın gücüne değil, rengine bağlıdır. Işık kaynağı uzağa götürülür, çok az ışık verecek şekilde karartılırsa, levhadan çıkan elektronların sayısı azalır, fakat hızları değişmez. Işık görülemeyecek kadar azaltıldığı zaman bile olay hızlıdır.



Fotoelektrik etki 1905'te Einstein tarafından açıklandı. Maden levha üzerine ışık düştüğü zaman, levha çok sayıda elektron çıkarır. Bu olay, klasik ışık dalgası kuramı ile açıklanamaz. Einstein, ışığın sürekli bir enerji akımı olmadığı, fakat «foton» adını verdiği biribirinden ayrı parçalardan meydana geldiği sonucuna vardı. Yukarıdaki basitleştirilmiş kavramda gösterildiği gibi, bir foton bir elektrona çarpınca meydana gelen hareket bilardo toplarının vuruşmasına benzer.

Einstein, bu etkilerin ancak bütün ışığın 'foton' adını verdiği ayrı parçalar ya da tanelerden meydana geldiği varsayılarak açıklanabileceği, ve bir foton bir elektrona çarpınca meydana gelen hareketin iki bilârdo topunun çarpışmasına benzetilebileceği sonucuna vardı. Bundan başka, mor ve morötesi fotonları ile yüksek frekanslı öbür radyasyon fotonlarının, kırmızı ve kızılötesi fotonlarından daha çok enerji taşıdığı; bir elektronun maden levhadan ayrılma hızının, o elektrona çarpan fotonun enerji yükü ile doğru orantılı olduğunu düşünerek buldu. Einstein bu ilkeleri bir dizi denklemle ortaya koydu. Bu ünlü denklemler ona Nobel Ödülü'nü kazandırdı; kuvant fiziği ve ışığın renklere ayrılması konularında sonraki çalışmalar üzerinde çok derin etkiler yaptı. Televizyon ve fotoelektrik odanın öbür uygulama alanları Einstein'ın Fotoelektrik Kanunu'ndan doğmuştur.

Fizik alanında yeni ve önemli bir ilkeyi ortaya koymakla Einstein aynı zamanda doğanın en derin ve zor sırlarından birini açtı. Bugün kimse bütün maddenin atomdan, atomun da elektron, nötron ve proton denilen küçük yapı parçalarından yapıldığından şüphe etmez. Fakat Einstein'ın ışığın da parçalardan meyda-

na gelmiş olabileceği düşüncesi, ışığın dalgalardan meydana geldiği yönündeki çok daha saygın bir kuramla çatıştı.

Gerçekte ışıkla ilgili öyle olaylar var ki, ancak dalga kuramı ile açıklanabilir. Örneğin yapılar, ağaçlar ve telgraf direkleri gibi nesnelerin gölgeleri kesin çizgilerle ayrılmış görünür. Fakat bir ışık kaynağı ile perde arasına tutulan çok ince bir tel ya da saç, kesin bir gölge yapmaz. Bu, su dalgalarının küçük bir taşın çevresini dolandığı gibi, ışınların teli ya da saçı dolanmış olabileceği düşüncesini verir. Aynı şekilde, yuvarlak bir delikten geçen ışık, perde üzerinde kesin çizgilerle ayrılmış bir şekil yapar. Fakat delik bir iğne deliği kadar küçültülürse, perdedeki yuvarlağın, bildiğimiz hedef işaretleri gibi, merkezi aynı olan ışıklı ve karanlık dairelerle çevrildiği görülür. Bu olay kırılma diye bilinir, okyanus dalgalarının dar bir liman ağzından geçerken bükülüp tekrar açılmalariyle karşılaştırılmıştır. Tek iğne deliği yerine birbirine yakın iki iğne deliği kullanılırsa, kırılma ışık ve gölgeleri paralel çizgiler halinde görülür. Bir yüzme havuzundaki iki dalga dizisinin tepeleri birbirine raslarsa dalgaların birbirini destekleyeceği, birinin tepesi öbürünün çukuruna raslarsa dalgaların

birbirlni yok edeceği gibi; yanyana iki iğne delliğinin durumunda, ışıklı çizgiler, ikl ışık dalgasının birblrlni desteklediği, karanlık çizgiler ise iki ışık dalgasının karşılaştığı yerde meydana gelir. Bu olaylar -kırılma ve karışma- kesinlikle dalga özellikleridir; ışık yalnız parçacıklardan meydana gelmiş olsaydı bu olaylar görülmezdl. İkl yüzyıldan daha uzun blr zamanın deney ve kuramı ışığın dalgalardan meydana gelmiş olmasını ileri sürüyor. Oysa Einstein'ın Fotoelektrik Kanunu ışığın fotonlardan meydana gelmiş olması gerektiğini gösteriyor.

'Işık dalgalardan mı, yoksa parçalardan mı?' temel sorusu, yalnız 'her ikisi birden olmalı' savı ile karşılanmıştır. Bununla blrlikte ışığın ikili niteliği, tüm doğada etken daha derin ve dikkate değer bir ikiliğin ancak blr yönüdür.

Bu iki yönlülük konusunda başka bir görüş, 1925'te, Louis de Broglie adlı genç bir Fransız flzikçislnin, elektronlar tek başına bulunan parçalar olarak değil, dalga sistemleri olarak düşünülürse, madde ve radyasyonun karşılıklı etkilerini ilgilendiren olayların çok daha iyi anlaşılabileceğini öne sürmesiyle ortaya çıktı. Bu atak kavram, fizikçilerin maddenin temel parçaları konusunda oldukça kesin düşün-

celeri üstüne kurdukları yirmi yıllık kuvant araştırmalarını hor görüyordu. Atom, bir çekirdek ve onun çevresinde daire ya da elips biçimindeki yörüngelerde dönen değişik sayıda elektronlardan yapılmış (hidrojende 1, uranyumda 92) küçük ölçüde bir çeşit güneş sistemi olarak görülmeğe başlanmıştı. Elektron konusu o kadar kesin değildi. Deneyler bütün elektronların aynı kütle ve elektrik yüküne sahip olduğunu gösterdi. Böylece onları evrenin temel yapı taşları saymak doğaldı. Önceleri onları katı ve esnek küreler olarak düşünmek de mantığa uygun görünmüştü. Fakat zamanla, araştırmalar ilerledikçe, elektronların anlaşılmasının zorluğu, gözlem ve ölçüye gelmedikleri görüldü. Davranışları, birçok yönlerden bir madde parçasına uymayacak kadar karmaşıktı. İngiliz fizikçisi Sir James Jeans şöyle dedi: "Katı kürelerin uzayda belirli bir durumları vardır; elektronların böyle bir durumu olamadığı anlaşılıyor. Katı bir küre çok kesin ölçüde bir yer tutar. Bir elektronun ise ne kadar yer tutacağını tartışmak belki bir korkunun, endişenin ya da kararsızlığın ne kadar yer tutacağını tartışmak kadar anlamsızdır."

De Broglie'nin "madde dalgaları" görüşünden kısa zaman sonra, Viyanalı fizikçi

Schrödinger aynı düşünceyi uyumlu matematiksel bir biçime koydu; proton ve elektronlara belirli dalga nitelikleri vererek kuvant olayını açıklayan bir düzen gelişti. "Dalga mekaniği" diye bilinen bu düzen, 1927'de Davisson ve Germer adlı iki Amerikalı bilim adamı, elektronların dalga özellikleri gösterdiklerini deneyle tanıtladıkları zaman doğrulandı. Bu iki bilim adamı bir metal kristal üzerine elektron akımı yönelttiler ve ışık iğne deliğinden geçtiği zaman meydana gelen kırılma biçimlerine benzer sonuçlar elde ettiler (*). Aynı zamanda yapılan ölçmeler bir elektron dalga boyunun De Broglie'nin $\lambda = h/mv$ denklemiyle önceden kestirilen büyüklükte olduğunu gösterdi. Bu denklemde v elektronun hızı, m kütlesi, h Planck'ın Değişmezi'dir. Şaşırtıcı durumlar bununla bitmiyordu. Çünkü sonraki deneyler, bir kristal yüzeyde kırılmaya uğradıkları zaman yalnız elektronların değil, atom ve moleküllerin de dalga şekilleri gösterdiklerini, dalga boylarının De Broglie ve Schrödinger'in önceden kestirdikleri kadar olduğunu ortaya koydu. Böylece J. Clerk Maxwell'in "evrenin yok olmayan temel taşları" dediği maddenin temel birimleri, zamanla varlıklarını yitirdiler. Eski görüşün yuvarlak elektronu, elektrik enerjisi dalgalan-

maları, atom ise bir dalgalar sistemi haline geldi. Bundan ancak bütün maddenin dalgalardan yapıldığı ve bir dalgalar dünyasında yaşadığımız sonucu çıkarılabilir.

Madde dalgaları ile ışık parçacıkları arasındaki bu çelişme, İkinci Dünya Savaşı'ndan önceki on yılın gelişmeleriyle çözümlendi. Alman fizikçileri Heisenberg ve Born, kuvant olayının hem dalgalar hem parçacıklar açısından doğrulukla tanımlanmasını sağlayan yeni bir matematiksel araç geliştirerek, boşluğu kapattılar. Onların sisteminin dayandığı düşünce, bilimin felsefesi üzerinde derin etkiler yaptı. Fizikçinin tek bir elektronun özellikleri konusunda endişelenmesinin yersiz olduğunu öne sürdüler; fizikçi, laboratuvarda içinde milyarlarca parçacık (ya da dalga) bulunan elektron akımı ya da yağmuru ile uğraşır. Bu nedenle o yalnız toplu davranışla, olasılık ve raslantı istatistikleri ve kanunları ile ilgilenir. Bundan dolayı her elektronun parçacıklar ya da dalgalar olması önemli bir ayrılık değildir. Toplu olarak herhangi şekilde düşünülebilirler. Örneğin,

(*) Atomlarının düzenli yerleşmiş olmasından ve birbirlerine yakınlıklarından dolayı bir kristal, X-ışınlarınınki gibi çok kısa dalgalar için kırılma ortamı olarak iş görür.

iki fizikçi deniz kıyısında Iseler, okyanus dalgalarını çözümlemek için birlsi şöyle diyebllir: «Tepenin ve çukurun durumları, dalganın özellik ve şiddetini gösterir.» Öbür fizikçi aynı doğrulukla, «Senin tepe dediğin bölüm, ancak çukurdan daha çok su molekülleri tuttuğu için önemlidir.» diyebilir. Aynı şekilde Born, Schrödinger'in denklemlerinde dalga özelliklerini göstermek için kullandığı matematiksel formülü aldı, onu istatistik anlamında bir "olasılık" yönünden açıkladı. Bu demektir ki Born, dalganın herhangi bir bölümündeki yoğunluğu, o noktadaki parçacıkların olasılık dağılımı olarak düşündü. Böylece, o zamana kadar yalnız dalga kuramı ile açıklanan kırılma olayını, belirli yollar izleyip belirli yere varan bazı parçaların -ışık kuvantları ya da elektronlar- 'olasılığı' açısından ele aldı. Buna göre "madde dalgaları", "olasılık dalgaları" haline geldi. Bir elektronu, bir atomu ya da bir olasılık dalgasını zihnimizde nasıl canlandırdığımız önemli değil artık. Heisenberg ve Born'un denklemleri herhangi düşünüşe uyuyor. İstersek kendimizi bir dalgalar evreninde, bir parçacıklar evreninde, ya da şakacı bir bilim adamının söylediği gibi, "pargalar" evreninde yaşıyor sayabiliriz.

4

Kuvant fiziği, radyasyon ve maddenin temel birimlerini yöneten matematiksel bağıntıları büyük bir doğrulukla tanımlarken, her ikisinin gerçek niteliği konusundaki görüşümüzü bulandırmışa benziyor. Bununla birlikte çoğu çağdaş fizikçiler herhangi bir şeyin gerçek niteliği konusunda düşünmeyi saflık sayıyor. Bunlar bilim adamının gözlemlerini anlatmaktan başka bir şey yapamayacağını kabullenen "positivistler" ya da "mantıksal empiristler" dir. Bir bilim adamı, ayrı araçlarla iki deney yapar, deneylerden biri ışığın parçacıklardan, öbürü dalgalardan yapıldığını gösterirse, sonuçların çatıştığını değil birbirini tamamladığını düşünerek her ikisini de kabul etmelidir. Kavramlar-

dan hiçbiri tek başına ışığı açıklamağa yeterli değildir, fakat birlikte açıklayabilirler. Gerçeği anlatmak için ikisi de gereklidir, hangisinin gerçekten doğru olduğunu sormak anlamsızdır. Çünkü kuvant fiziğinin soyut dilinde "gerçekten" gibi bir sözcük yoktur.

Bundan başka, daha duyarlı araçlar bulunmasının, insanın mikrokozmosu (küçük evreni) daha iyi anlayabilmesini mümkün kılacağını ummak boşunadır. Atom evreninin bütün olayları arasında, ölçme ve gözlemdeki gelişme ve inceliğin hiçbir zaman gideremeyeceği karşılıklı bir belgileme vardır. Atomların davranışındaki anlaşılmazlık insanın araçlarının kabalığına verilemez. Bu durum, Heisenberg'in 1927'de "Kesin Olmama İlkesi" diye bilinen ünlü bir fizik kanunuyla gösterdiği gibi, nesnelerin doğal özelliğinden gelir. Savını bir örnekle göstermek için Heisenberg, bir fizikçinin son derece güçlü bir mikroskop kullanarak hareket halinde olan bir elektronun yer ve hızını (*) gözlemeye çalıştığı hayalî bir deney düşündü. Daha önce de öne sürüldüğü gibi, tek bir elektronun kesin bir yeri ya da hızı olmadığı görülüyor. Çok sayıda elektronla uğraştığı sürece fizikçi, elektronun davranışını yeteri kadar doğrulukla tanımlayabilir. Fakat tek bir elek-

tronun uzaydaki yerini kestirmeye çalışırken söyleyebileceği en iyi şey, elektron bölüğünün karmaşık dalga hareketlerindeki belirli bir noktanın, söz konusu elektronun 'olasılı' yerini göstereceğidir. Tek başına bir elektron, karanlıkta bir esinti ya da ses dalgası kadar kestirilmesi zor bir karartıdır; fizikçi ne kadar az sayıda elektronla uğraşırsa bulduğu sonuçlar kesin olmaktan o kadar uzaktır. Bunun bilimin yetkin olmayışının değil, doğanın son sınırının bir belirtisi olduğunu tanıtlamak için Heisenberg, hayalî fizikçinin kullandığı hayalî mikroskobun yüzbinlerce milyar çapında büyütebileceğini, bu demektir ki, elektron büyüklüğündeki bir cismi insanın görüş alanına getirebileceğini, önceden varsaydı. Fakat o zaman da başka bir zorluk çıkıyor. Elektron bir ışık dalgasından küçük olduğundan, fizikçi, konusunu ancak dalga uzunluğu daha küçük olan bir radyasyon kullanarak "aydınlatabilir". Bunun için X-ışınları bile işe yaramaz. Ancak radyumun yüksek frekanslı gamma ışınları elektronu görülebilir hale getirebilir. Fakat fotoelektrik etkinin, normal ışık fotonlarının elektronlar üzerinde şiddetli bir güç kullandığını gösterdi-

(*) Fizik biliminde «hız», yönü de içine alır.

ği hatırlanacaktır; X-ışınlarının elektronlar üstündeki etkisi daha da serttir. Bu nedenle daha etkili bir gamma ışınının vuruşu yıkıcı etki yapacaktır.

Bu nedenle Kesin Olmama İlkesi, bugün bilimce tanınan ilkelerden hiçbiriyle, bir elektronun yerini ve hızını aynı zamanda kestirmenin -elektronun "şu noktada" olduğunu ve "şu hızla" hareket ettiğini söylemenin- mümkün olmadığını öne sürer. Çünkü elektronun yerini gözlemekle, onun hızı değiştirilir; buna karşılık hızı ne kadar doğru olarak belgilenirse yeri o kadar belirsiz olur. Fizikçi, elektronun yeri ve hızı ölçülerinde, kesin olmamanın matematiksel sınırını hesap ettiği zaman, bunun anlaşılmayan sayı Planck Değişmezi h nin bir fonksiyonu olduğunu görür.

Böylece kuvant fiziği, eski bilimin iki direği olan sebeplilik ve determinizmi sarsmış gibidir. Çünkü sorunlarını istatistik ve olasılık açısından ele almakla, doğanın ayrı olaylar arasında önüne geçilmez bir sebep-sonuç dizisi gösterdiği düşüncesinden ayrılır. Kestirilemeyen bir bölüm olduğunu kabul etmekle, evrendeki her cismin o andaki durumu ve hızı verilirse, bilimin bütün zaman için evrenin tarihini kestirebileceği konusundaki eski umudu

bırakır. Bu kabullenmenin yan sonuçlarından birl, bağımsız istemin varlığı konusunda yeni bir tartışmadır. Çünkü fiziksel olaylar belirli değilse ve gelecek kestirilemiyorsa, belki "zihin" denilen ve anlaşılmayan nicelik bu değişken ve bilinmeyen evrende insanlığın kaderine yol gösterecektir. Daha büyük bilimsel önemi olan dlğer bir sonuç, kuvant fiziğlnin evriminde, duyularının bulutlu pencerelerinden dışarıyı gözetleyen insan ile varolabilecek nesnel gerçekler arasındaki engelin geçilmez hale gelmiş olmasıdır. Çünkü insan "gerçek" nesnel dünyanın derinliğine inmeye ve onu anlamaya çalıştıkça, onun gözlem işlemi nesnel dünyanın işleyişini değiştirir ve çarpık hale koyar. Bu "gerçek" dünyayı algılarından ayırmak istediğinde ise elinde ancak matematiksel bir tasarı kalır. Gerçekten onun durumu bir kar tanesinin biçim ve dokusunu anlamağa çalışan kör bir insanınkine benzer biraz. Kar tanesi onun eline ya da diline değer değmez erir. Bir dalga elektronu, bir foton ve bir olasılık dalgası görülemez; onlar küçükevrenin matematiksel bağıntılarını anlatmakta yararlı simgelerdir.

Çağdaş fiziğin niçin böyle özel anlatım yöntemleri kullandığı sorusuna fizlkçl şu ceva-

bı veriyor: Çünkü kuvant fiziği denklemleri, görüş alanı dışındaki temel olayları, öbür mekanik tasarımlardan çok daha doğru olarak tanımlar. Kısaca, atom bombasını doğuran hesapların unutulmayacak şekilde gösterdlği gibi, bu denklemler çalışıyor. Bu nedenle, uygulayıcı fizikçlnin amacı doğa kanunlarını gittlkçe daha doğru ve ince olarak matematiksel yönden açıklamaktır. On dokuzuncu yüzyıl fizikçisi elektriği bir akıcı olarak düşündüğü, bu benzetmeye dayanarak içinde yaşadığımız elektrik çağını geliştirdiği halde, yirminci yüzyıl fizikçisi benzetmelerden kaçınır. Elektriğin fiziksel anlamda bir akıcı olmadığını, "dalgalar" ve "parçacıklar" gibi kavramların yeni buluşlar için yol gösterici olduklarını, fakat gerçeği doğru olarak anlatmadıklarını bilir. Nesnelerin ne olduğunu bilmese de, -bilmesi gerekli de değildir- onların nasıl davrandıklarını soyut matematik diliyle anlatabilir.

Bugün yine de, bilim ile gerçek arasındaki boşluğu çözülmesi gerekli bir zorluk olarak gören fizikçiler var. Einstein, kuvant fiziğindeki istatistik yönteminin geçici bir kolaylık sağlayacağından umutlu olduğunu birkaç kez söyledi. "Tanrının dünya ile zar attığına inanmıyorum" diye yazdı. Bilimin ancak gözlem sonuç-

larını bildirebileceği ve bu sonuçlar arasında ilgilller kurablleceği yönündeki pozitivist öğretiyi yadsıdı. O, düzenli ve uyumlu bir evrene, arayan insanın fiziksel gerçek bilgisine erişebileceğine inanıyordu. Bu amaçla atomun içine değil yıldızlara, yıldızlar ötesindeki boş uzay ve zamanın yitik derinliklerine baktı.

5

Üç yüzyıl önce, **İnsan Anlayışı Üstüne** adlı eserinde filozof John Locke şöyle yazıyordu: "Satranç taşları satranç tahtasının karelerinde bıraktığımız şekilde duruyor; satranç tahtası başka bir odaya götürülmüş bile olsa, biz taşların aynı yerde olduğunu ve oynatılmadığını söylüyoruz. Satranç tahtası odanın aynı yerinde kalıyorsa, odanın bulunduğu gemi hareket ediyor bile olsa, satranç tahtasının aynı yerde olduğunu söyleriz. Gemi de yakındaki kara parçasına aynı uzaklıkta kalıyorsa aynı yerde olduğu söylenir. Oysa dünya dönmüş olabilir. Bu demektir ki satranç taşları, satranç tahtası ve gemi daha uzak cisimlere göre yerlerini değiştirmişlerdir."

Yer değiştiren, fakat değiştirmiyor görü-

nen bu satranç taşları örneğI bir bağıntılık IIkesinI -yer bağıntılığı- anlatır. Fakat bu başka bir düşünceyi akla getirir. O da hareketin bağıntılığıdır. Trenle yolculuk etmiş olan herkes, karşıdan gelen bir trenin ne kadar hızlı geçtiğini, buna karşılık aynı yönde giden trenin duruyormuş gibi göründüğünü bilir. Böyle bir etki New York'taki Büyük Terminal gibi bir Istasyonda çok aldatıcı olabilir. Bazen bir tren o kadar yumuşakça yola çıkar kI yolcular hiçbir sarsıntı duymaz. O sırada pencereden dışarıya bakarlar ve yandaki raydan başka bir trenin geçtiğini görürlerse, hangi trenin yürüdüğünü, hangisinin durduğunu, hangisinin hangi yönde ve ne hızla gittiğini hIç bir şekilde anlayamazlar. Durumlarını ancak trenin öbür yanında platform ya da işaret lâmbası gibi bir cısme bakarak anlayabilirler. Sir Isaac Newton hareketin böyle aldatıcı yönlerini sezmişti, yalnız o, gemiler açısından düşünüyordu. Denizde durgun bir günde bir denizcinin, gemi rıhtımda hareketsiz duruyormuş gibi, rahatça tıraş olabileceğini ya da çorba içebileceğini biliyordu. Gemi beş mil, 15 mil, 25 mil yapsa bile leğendeki su, kaptaki çorba kırışıksız kalır. Bu durumda denizci denize bakmadıkça geminin ne hızla gittiğini, gerçekten hareket edip et-

mediğini anlaması mümkün olmaz. Deniz hırçınlaşır, ya da gemi birden yön değiştirirse. hareket ettiğini anlar elbette. Fakat cam gibi durgun bir deniz ve sessiz bir gemi koşulları gerçekleşirse, güverteden aşağıda geçecek hiçbir olay -geminin 'içinde' ne kadar gözlem ya da mekanik deney yapılırsa yapılsın- geminin denizdeki hızını açığa çıkarmaz. Bu düşüncelerin öne sürdüğü fizik ilkesini 1687'de Newton formülleştirdi. "Belli bir yerde bulunan cisimlerin hareketleri, o yer duruyor olsa da, düz bir çizgi üzerinde düzenli olarak ilerlese de, kendi aralarında aynıdır" diye yazdı Newton. Bu, Newton ya da Galileo Bağıntılık İlkesi diye bilinir. Aynı şey daha genel terimlerle anlatılabilir: Bir yerde geçerli olan hareket kanunları, bu yere göre düzenli hareket halinde olan başka bir yerde de aynı şekilde geçerlidir.

Bu ilkenin felsefe açısından önemi, evren konusunda söylediklerindedir. Bilimin amacı, içinde yaşadığımız dünyayı, bir bütün olarak ve parçalariyle, açıklamak olduğuna göre, bilim adamının doğanın uyumuna güven duyması gereklidir. Dünyada anlayabildiği fizik kanunlarının gerçek evren kanunları olduğuna inanmalıdır. Böylece bir elmanın düşüşü ile gezegenlerin güneşin çevresindeki dönüşleri ara-

sında bağıntı kurmakla Newton bir evren kanununu ortaya çıkardı. Bağıntılı devim (hareket) ilkesini denizdeki bir gemi örneğiyle açıkladıysa da, gerçekte düşündüğü gemi dünyaydı. Bilimin gündelik amaçları yönünden dünya durağan bir düzen olarak düşünülebilir. İstersek dağlar, ağaçlar ve evlerin durduğunu; hayvanlar, arabalar ve uçakların devindiğini söyleyebiliriz. Oysa bir uzay fizikçisine göre dünya, yerinde durmak bir yana, uzayda başdöndürücü ve anlaşılması zor bir biçimde fırıldanmaktadır. Ekseni çevresinde saatte 1600 klm. hızla günlük, güneşin çevresinde saniyede 32 klm. hızla yıllık dönüşüne ek, dünyanın daha az bilinen birçok dönüşleri vardır. İnanılanın tersine, ay dünya çevresinde dönmez; ikisi de birbiri çevresinde, daha doğrusu ortak bir yerçekimi merkezi çevresinde, dönerler. Bundan başka tüm güneş sistemi, içinde bulunduğu yıldızlar sisteminde saniyede 20 klm. hızla; bu yıldızlar sistemi Samanyolu'nda saniyede 320 klm. hızla; bütün Samanyolu kendine en uzakta olan galaksilere göre saniyede 160 klm. hızla ve hepsi ayrı yönde, deviniyor.

Newton o zamanlar dünyanın deviminin tüm karmaşıklığını bilemezdi; yine de, şaşırtıcı bir biçimde işleyen evrendeki bağıntılı de-

vlmi (hareketi) gerçek ya da "salt" devimden ayırmak sorunu ile kaygılanıyordu. "Durağan yıldızların uzak bölgelerinde ya da daha ötelerde kesinlikle devimsiz bir cisim olabileceğini" düşündü, fakat bunun insanın görüş alanı içindeki herhangi bir gök cismiyle tanıtlanamayacağını kabul etti. Öte yandan Newton'a göre uzayın kendisi durağan bir karşılaştırma noktası olabilir, yıldızların ve galaksilerin dönüşleri ile uzay arasında salt devim açısından bağıntılar kurulabilirdi. O uzayı durağan ve kımıldamaz bir fiziksel gerçek olarak görüyordu. Bu inancı bilimsel tartışmayla destekleyemediği halde, tanrıbilimsel nedenlerle ona yapıştı. Çünkü Newton için uzay, Tanrının doğada her yerde olduğunu gösteriyordu.

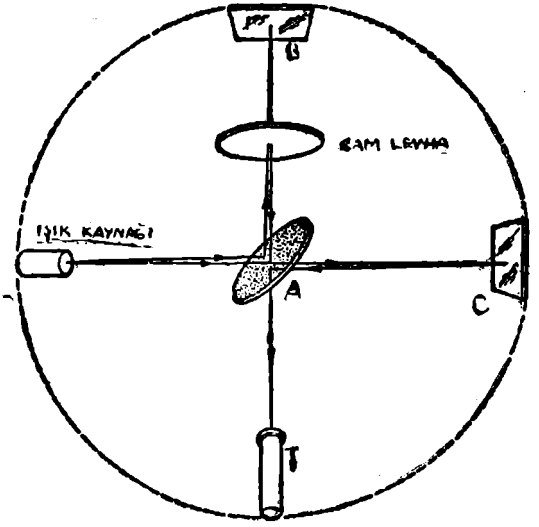
Bundan sonra gelen iki yüzyıl boyunca Newton'un görüşü yaygın olacakmış gibi görünüyordu. Çünkü ışığın dalga kuramının gelişmesiyle bilim adamları uzaya belirli devimsel özellikler vermek, uzayın bir çeşit varlık olduğunu varsaymak gerekliğini duydular. Newton'un zamanından önce bile Fransız filozofu Descartes, cisimlerin uzaklıkla birbirinden ayrılmasının, aralarında bir ortamın bulunduğunu tanıtlayacağı yönünden görüşler öne sürmüştü. On sekizinci ve on dokuzuncu yüzyıl fizikçi-

leri için de, ışık dalgalardan meydana geliyorsa, bu dalgaları taşıyacak bir ortamın gerekliği açıktı; deniz dalgalarını suyun, ses dediğimiz titreşimleri de havanın taşıdığı gibi. Bu yüzden, deneyler ışığın boşlukta gidebileceğini gösterince, bilim adamları "esir" dedikleri varsayımsal bir madde geliştirdiler, bunun tüm uzay ve maddeyi doldurduğu sonucuna vardılar. Daha sonra Faraday, elektrik ve magnetik güçlerin taşıyıcısı olarak başka bir esir ileri sürdü. En sonunda, Maxwell ışığı bir elektromagnetik karışıklık olarak görünce, esir kuramı kesinleşmiş göründü.

Newton fiziğinin son verimi, içinde yıldızların dolaştığı, ışığın bir pelte tabağındaki titreşimler gibi yayıldığı bir ortamla dolu bir evrendi. Bu görüş, bilinen tüm doğa olaylarını açıklayan bir örnek ve Newton'un evrenbiliminin gerekli kıldığı durağan bir karşılaştırma noktası sağladı; bu nokta salt ve kımıldamaz bir uzaydı. Fakat esir, bazı sorunlar ortaya çıkarıyordu; bunlardan birisi varlığının hiç tanıtlanmamış olmasıydı. Esir diye bir şey olup olmadığını kesin olarak anlamak için iki Amerikalı fizikçi, A. A. Michelson ve E. W. Morley, 1881 de Cleveland'de klâsik bir deney yaptılar.

Deneyin dayandığı ilke oldukça basitti. Bütün uzay devimsiz bir esir denizi ise, dünyanın esir (eter) içindeki deviminin anlaşılabileceğini, denizcilerin geminin denizdeki hızını ölçtükleri yolla ölçülebileceğini düşündüler. Newton'un işaret ettiği gibi, durgun sudaki geminin devimini, geminin **içinde** yapılan devimsel (mekanik) deneylerle anlamak mümkün değildi. Geminin hızını anlamak için denizciler denize bir kütük atar, kütüğe bağlı halat üzerindeki düğümlerin açılışına bakarlar. Dünyanın esir denizi içindeki devrimini anlamak için de Michelson ve Morley denize bir «kütük» attılar; bu kütük bir ışık sütunuydu. Işık gerçekten esirde yayılıyorsa, yerin deviminden meydana gelen esir akımının ışık hızını etkilemesi gerekir. Esir akıntısı, yerin devimi yönünde gönderilen bir ışını aç ölçüde geciktirecektir; yukarı doğru yüzen bir yüzücüyü akıntının geciktireceği gibi. Değişiklik küçük olacaktır, çünkü ışığın hızı (1849 da doğru olarak belgilenmişti) saniyede 299.667 klm. dir; oysa yerin güneş çevresindeki yörüngesinde hızı saniyede ancak 32 kim. dir. Buna göre, esir akıntısına karşı gönderilen bir ışının saniyede 299.635 kim. hızla, esir akıntısı yönünde gönderilen bir ışının saniyede 299.699 klm. hızla gitmesi gerekir. Bu

düşüncelerle Michelson ve Morley, ışığın büyük hızında saniyede bir milden daha küçük bir değişikliği bile gösterebilecek çok duyarlı bir araç yaptılar. «Interferometre» adını verdikleri bu araç bir ışık sütununu ikiye bölecek ve aynı anda değişik yönlere gönderecek bi-



Michelson-Morley interferometresi, bir ışık kaynağından (şekilde solda) verilen bir ışık sütununu bölecek ve aynı anda iki yöne gönderecek biçimde yerleştirilmiş aynalardan

meydana geliyordu. Bu işi yapan A aynası ince olarak sırlanmıştı. Böylece ışığın bir bölümü sağdaki C aynasına geçebiliyor, geri kalanı dik bir açıyla B aynasına yansıyordu. B ve C aynaları ışınları geri A aynasına yansıtıyorlar, burada birleşen ışınlar T gözleme teleskopuna geliyordu. ACT ışınının, A aynasının yansıtıcı yüzünün arkasında bulunan cam kalınlığını üç kez geçmesi gerektiğinden, ABT ışınını durdurmak ve bu gecikmeyi denkleştirmek için A ve B aynaları arasına A aynası camı kalınlığında bir cam yerleştirilmişti. ABT ve ACT ışınlarının önerilen esir akıntısına karşı, dik ve onunla aynı yönlerde gönderilebilmesi için tüm aygıt çeşitli yönlere gönderildi. İlk bakışta, «akıntıya karşı» A dan B ye gitmek için harcanan fazla zaman «akıntı boyunca» B den A ya gelirkenki zamanla karşılanabilmiş gibi görülebilir. Fakat durum böyle değil. Akıntıya karşı bir kilometre ve akıntı boyunca bir kilometre kürek çekmek, durgun suda ya da akıntıya dik olarak iki kilometre kürek çekmekten, sürüklenme hesap edildiği zaman bile, daha fazla zaman alır. Esir akıntısı ışınlardan birini hızlandırsa ya da yavaşlatsaydı T optik aracı bunu kayıt ederdi.

çimde yerleştirilmiş aynalardan meydana geliyordu. Bütün deney o kadar özenle ve doğrulukla plânlanmış ve yapılmıştı ki, sonuçtan şüphe edilemezdi. Sonuç ise şuydu: Yönleri ne

olursa olsun, ışık sütunlarının hızında hiç bir değişiklik yoktu.

Michelson-Morley deneyi, bilim adamlarını iki şıktan birini seçmek gibi zor bir durumla karşı karşıya koydu. Elektrik, magnetizma ve ışık konularında çok şeyi açıklamış olan esir kuramını bir yana itebilirlerdi. Esir kuramını alıkoymakta direnirlerse, yerin devim durumunda olduğu konusundaki Kopernik'in çok daha saygın kuramını bırakmak zorundaydılar. Birçok fizikçi için yerin durağan olduğuna inanmak, dalgaların -ışık ve elektromagnetik dalgalarının- onları tutacak bir ortam olmadan varolabileceklerine inanmaktan daha kolay geliyordu. Bu, bilimsel düşünüşü çeyrek yüzyıl ikiye bölen önemli bir çıkmazdı. Birçok yeni varsayımlar öne sürüldü ve yadsındı. Morley ve başkaları deneyi yeniden yaptılar, sonuç aynı idi; yerin esir içinde görünürdeki hızı sıfıra eşitti.

6

Michelson-Morley deneyi üstünde düşünenlerden biri de Berne'de patenta dairesinde Albert Einstein adlı genç bir müfettişti. 1905 te, yirmi altı yaşındayken Einstein bu çıkmaza bir çözüm öne süren ve fizik düşüncesinde yeni bir dünya açan bir yazı yayınladı. Esir kuramını, onunla birlikte uzayın kesinlikle devimsiz, durağan bir yapı olduğu, orada salt devimin bağıntılı devimden ayrılabileceği düşüncesini yadsıyarak başladı. Michelson-Morley deneyinin ortaya çıkardığı tartışma götürmez bir gerçek, ışık hızının yerin devimiyle etkilenmediğidir. Einstein bunu bir evren kanununun an

laşılması olarak gördü, buna sarıldı. Yerin devimi ne olursa olsun ışık hızı bir değişmez ise, bu hızın bir güneşin, ayın, yıldızın, meteorun ya da evrendeki başka bir sistemin devimin-den de bağımsız bir değişmez olması gerektiğini düşündü. Buradan daha geniş bir genellemeye vardı: Düzenli devinen bütün sistemlerde doğa kanunlarının aynı olduğunu öne sürdü. Bu basit ifade Einstein'ın Özel Bağıntılık Kuramı'nın özüdür. Mekanik kanunların düzenli devinen bütün sistemler için aynı olduğunu söyleyen Galileo Bağıntılık İlkesi'ni içine alır. Fakat kapsamı daha geniştir, çünkü Einstein yalnız mekanik kanunlarını değil, aynı zamanda ışık başka elektromagnetik olayları yöneten kanunları düşünüyordu. Böylece iki düşünceyi temel bir önerme halinde birleştirdi: Bütün doğa olayları, bütün doğa kanunları, birbirine göre düzenli devinen bütün sistemler için aynıdır.

Görünüşte bu bildirgenin fazla şaşırtıcı bir yanı yok. Sadece bilim adamının doğa kanununun uyumuna olan inancını tekrarlıyor. Aynı zamanda bilim adamının evrende salt ve devimsiz bir karşılaştırma noktası aramaktan vazgeçmesini öğütlüyor. Evren devimsiz kalamayan bir yerdir; yıldızlar, nebulalar, galaksiler

ve uzayın büyük yerçekimi sistemleri sürekli devim halindedir. Fakat onların devimierl ancak birbirlerine göre anlatılabilir, çünkü uzayda yön ve sınır yoktur. Bundan başka, bilim adamının ışığı bir ölçü gibi kullanarak herhangi bir sistemin «gerçek» hızını bulmaya çalışması boşunadır. Çünkü ışık hızı bütün evrende bir değişmezdir, ışık kaynağının ya da ışığın düştüğü yerin devimi onu etkilemez. Doğa hiç bir zaman salt karşılaştırma ölçüleri vermez. Başka bir büyük Alman matematikçisi olan Leibnitz'in Einstein'dan iki yüzyıl önce açıkça gördüğü gibi, uzay ancak «cisimlerin kendi aralarındaki sıra ya da bağıntı» dır. Onu dolduran cisimler olmasa uzay hiç bir şey değildir.

Salt uzayla birlikte Einstein, sonsuz geçmişten sonsuz geleceğe akan şaşmaz ve değişmez bir evrensel zaman akımı kavramını da bir yana bıraktı. Bağıntılık Kuramı'nı çevreleyen anlaşılmazlığın büyük bölümü, insanların zaman duygusunun da renk duygusu gibi bir algı biçimi olduğunu kabul etmek istemeyişinden doğuyor. Rengi ayırdedecek bir göz yoksa, renk diye bir şey olmayacağı gibi, zamanı gösterecek bir olay olmadıkça bir an, bir saat ya da bir gün hiç bir şey değildir. Nasıl uzay

maddî varlıkların olasılı bir sırası ise, zaman da olayların olasılı bir sırasıdır. Zamanın öznelliğini en iyi Einstein'ın sözleri açıklar: «Bireyin yaşantıları bize bir olaylar dizisi içinde düzenlenmiş görünür. Bu diziden hatırladığımız olaylar 'daha önce' ve 'daha sonra' ölçüsüne göre sıralanmış gibidir. Bu nedenle birey için bir ben-zamanı, ya da öznel zaman vardır. Bu zaman kendi içinde ölçülemez. Olaylarla sayılar arasında öyle bir ilgi kurabilirim ki, büyük bir sayı önceki bir olayla değil de, sonraki bir olayla ilgili olur. Bu ilgiyi saat yardımıyla tanımlayabilir, saatin sağladığı olaylar sırasını belli bir olaylar dizisinin sırasıyla karşılaştırabilirim. Saat denilince sayılabilecek bir olaylar dizisi sağlayan şey anlarız.»

Yaşantılarımızla saat (ya da takvim) arasında bir ilgi kurmakla zamanı nesnel bir kavram haline getiriyoruz. Oysa bir saatin ya da tekvimin sağladığı zaman aralıkları tüm evreni etkileyen tanrısal bir buyruk değildir. İnsanoğlunun kullandığı bütün saatler bizim güneş sistemine göre ayarlanmıştır. Aslında bir saatlık zaman dediğimiz şey, uzayda bir ölçme, gök küresinin görünüşteki gündelik dönüşünün 15 derecelik bir yayıdır. Yıl dediğimiz ise, yerin güneş çevresindeki yörüngesinde iler-

leyişinin ölçülmesidir. Fakat Merkür'de yaşayan birisinin zaman kavramları çok ayrı olurdu. Çünkü Merkür, güneş çevresindeki dönüşünü bizim günümüzle 88 günde bitirir, bu zamanda bir kez de kendi ekseninde döner. Böylece Merkür'de yıl ve gün aynıdır. Fakat bilim güneş bölgesinden ötelere uzandığı zaman yerle bağıntılı bütün zaman kavramlarımız anlamını yitirir. Çünkü Bağıntılık, ilgi kurulan sistemden bağımsız durağan bir zaman aralığı diye bir şey olmadığını söyler. İlgili sistemden bağımsız bir aynı zaman ya da «şimdi» diye bir şey yoktur. Örneğin, New York'taki bir kimse Londra'daki arkadaşına telefon edebilir; New York'ta saat 19.00, Londra'da gece yarısı olduğu halde, onların «aynı zamanda» konuştuklarını söyleyebiliriz. Bu, onların aynı gezegende bulundukları ve saatlerinin aynı astronomik sisteme göre ayarlanmış olduğu içindir. Sözgelimi, Arcturus yıldızında «şu anda» neler olduğunu anlamağa çalışırsak daha karmaşık bir durum ortaya çıkar. Arcturus 38 ışık yılı uzaktadır. Bir ışık yılı ışığın bir yılda katettiği uzaklık, ya da kabaca 9,6 trilyon kilometredir. «Şimdi» Arcturus ile radyo yardımıyla haberleşmeğe çalışsak, haberimizin bu yıldıza varması 38 yıl, bize bir cevabın gelmesi de 38

yıl alırdı (*). Biz Arcturus'a bakıp onu «şimdi», 1957 de, görüyoruz dediğimiz zaman gerçekte gördüğümüz, 1919 da kaynağından ayrılan ışınların optik sinirlerimiz üzerinde yarattıkları bir görüntüdür. Arcuturus'un «şimdi» varolup olmadığını bile 1995'e dek öğrenmemizi olağa yasaklıyor.

Bu düşüncelerin yanında, insanın «şimdi» dediği **şu anın** bütün evren için aynı olmadığını kabul etmesi zordur. Bununla birlikte, Özel Bağıntılık Kuramı'nda Einstein, hiç bağıntısı olmayan sistemlerde olayların aynı anda meydana geldiğini düşünmenin saçma olduğunu karşılanamaz bir dizi örnek ve sonuç çıkarmalarla tanıtıldı. Einstein'ın uslamlaması şu çizgilerde gelişiyor :

En başta, görevi fiziksel olayları nesnel bir dille anlatmak olan bilim adamının «bu», «burada» ve «şimdi» gibi öznel sözcükleri kullanamayacağı anlaşılmalıdır. Fizikçi için uzay ve zaman kavramları ancak olaylar ve sistemler arasındaki bağıntılar tanımlandığı zaman önem kazanırlar. Devimin karmaşık biçimlerini ilgilendiren konularda (gök cisimlerinin devimi ve

(*) Radyo dalgaları ışık dalgaları ile aynı hızda giderler.

elektrodinamlk gibi) uğraşırken, bir sistemde bulunan ölçüler ile başka bir sistemde bulunanlar arasında sürekli olarak bağıntı kurması gereklidir. Bu bağıntıları tanımlayan matematik kanunları dönüşüm kanunları diye bilinir. En basit dönüşüm bir geminin güvertesinde yürüyen bir adam örneğiyle gösterilebilir : Adam güverte boyunca ileri doğru saatte 3 mil hızla yürürse, gemi de denizde saatte 12 mil hızla gidiyorsa, adamın denize göre hızı saatte 15 mildir; adam geriye doğru yürürse denize göre hızı saatte 9 mil olur. Değişik bir örnek olarak bir demiryolu geçidinde çalan bir zil düşünülebilir. Zilin çıkardığı ses dalgaları havada saniyede 366 metre hızla dağılır. Tren geçide doğru saniyede 18 metre hızla geliyor. Böylece trene göre sesin hızı, tren zile yaklaşırken saniyede 384 metre, zili geçince saniyede 348 metredir. Hızların böylece eklenmesi sağduyuya dayanır ve Galileo'nun zamanından beri bileşik devim sorunları konusunda kullanılmıştır. Oysa ışık konusunda kullanıldığında gerçek zorluklar ortaya çıkar.

Bağıntılık konusundaki ilk yazısında Einstein, başka bir demiryolu olayı ile bu zorluklar üzerinde durdu. Yine bir demiryolu geçidiyle ışınlarını saniyede 299.730 klm. hızla -fizikte

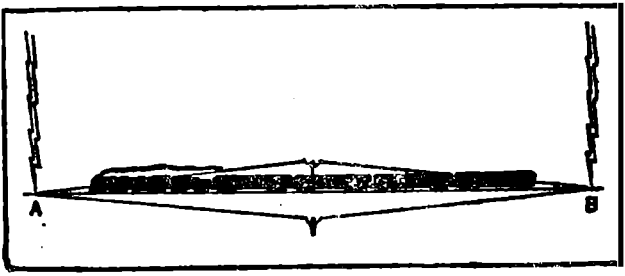
c ile gösterilen değişmez ışık hızı- gönderen bir işaret lâmbası var. Bir tren belirli bir v hızı ile işaret lambasına doğru ilerliyor. Hızların eklenmesine göre, ışığın trene göre hızının, tren ışığa doğru gelirken c artı v, tren ışıktan uzaklaşıken c eksi v olacağı sonucu çıkar. Oysa bu sonuç, ışığın hızının, ışık kaynağını ya da ışığın düştüğü yerin devimiyle etkilenmediğini göstermiş olan Michelson-Morley deneyinin buluşuyla çatışıyor. Ortak bir çekim noktası çevresinde dönen çift yıldızlar üzerinde yapılan çalışmalar da aynı gerçeği doğrulamıştır. Bu devimli sistemler üzerinde yapılan dikkatli çözümlemeler, her çiftteki yaklaşan yıldızdan gelen ışığın dünyaya varış hızının uzaklaşan yıldızdan gelen ışığınki ile aynı olduğunu göstermiştir. Işığın hızı evrensel bir değişmez olduğuna göre, Einstein'ın demiryolu sorununda trenin hızı onu etkilemez. Trenin işaret lâmbasına doğru saniyede 16.000 klm. hızla gittiğini düşünsek bile, ışık hızının değişmezliği ilkesi, trendeki bir gözlemcinin ışığın hızını tam saniyede 299.730 klm. olarak ölçeceğini söylüyor. Bu durumun ortaya koyduğu çıkmaz, bir pazar sabahı gazete bilmecesinden çok daha karmaşıktır, derin bir doğa bilmecesini karşımıza çıkarır. Einstein,

sorunun, ışık hızının değişmezliğine inancı ile hızların eklenmesine inancı arasındaki uzlaşmaz çatışmadan doğduğunu gördü. Hızların eklenmesi kesin matematik mantığına dayanıyorsa da (iki kere ikinin dört yaptığı gibi), Einstein ışık hızının değişmezliğinde kesin bir evren kanunu tanıdı. Bu nedenle, bilim adamının devimli sistemler arasındaki bağıntıları, ışık konusunda bilinen gerçekleri de içine alacak biçimde anlatabilmesini mümkün kılacak yeni bir dönüşme kanunu bulunması gerektiği sonucuna vardı.

Einstein istediğini büyük Hollanda fizikçisi H. A. Lorentz'in kendi özel bir kuramı ile ilgili olarak geliştirdiği bir dizi denklemde buldu. İlk kullanılışı bugün özellikle bilim tarihçilerini ilgilendirirse de, Lorentz dönüşümü Bağıntılık'ın matematiksel yapısının bir parçası olarak yaşıyor. Bununla birlikte Lorentz dönüşümünün ne dediğini anlamak için önce eski hızların eklenmesi ilkesindeki eksiklikleri anlamak gerekir. Einstein bu eksiklikleri yine başka bir demiryolu örneğiyle gösterdi. Bu kez, uzun ve düzgün bir yol ile yol kenarındaki sırtta oturan bir gözlemci düşündü. Gök gürlemesi ve fırtına başlıyor, iki yıldırım aynı anda yolun A ve B gibi iki ayrı noktasına düşüyor.

Einstein «aynı anda» ile ne demek istediğimizi soruyor. Bu tanımı daha iyi belirtmek için gözlemcinin A ve Bnin tam ortasında oturduğunu, elinde gözlerini hiç oynatmadan A ve B yi aynı anda görmesini sağlayacak bir aynalar düzeni olduğunu varsayıyor. Bu durumda yıldırım ışıkları gözlemcinin aynalarında aynı anda yansırlarsa iki şimşek aynı anda çakmış sayılabilir. Şimdi de bir tren geliyor. Elinde yerdeki gözlemcininkinin aynı bir ayna düzeni olan ikinci bir gözlemci vagonlardan birinin üstünde oturuyor. Yıldırım A ve B noktalarına düştüğü anda ikinci gözlemci tam yerdeki gözlemcinin karşısında oluyor. Soru şu: Şimşekler ikinci gözlemciye aynı anda gibi görünecek mi? Cevap, görünmeyecektir. Çünkü tren B şimşeğinden A şimşeğine doğru gidiyorsa, B nin gözlemcinin aynalarında A dan küçük bir an sonra yansıyacağı açıktır. Bu konuda herhangi bir şüphe olursa, trenin ışık hızında, mümkün olmayan, saniyede 299.730 klm. hızla gittiği hayal edilebilir. Bu durumda, A yıldırımınınki ile aynı hızda giden B yıldırım ışığı aynalarda hiç yansımayacaktır, çünkü trene hiç yetişemeyecektir. Böylece trendeki gözlemci demiryoluna yalnız bir yıldırımın düştüğünü öne sürecektir. Trenin hızı ne olursa olsun, trendeki

gözlemci öndeki yıldırımın daha önce düştüğünde direnecektir. Buna göre, duran gözlemciye göre aynı anda çakan şimşekler trendeki gözlemciye göre aynı anda değildir.



Şimşekler konusundaki çelişme, Einstein felsefesinin anlaşılması en zor kavramlarından birini gösteriyor: Aynı anda olmanın bağıntılılığı. İnsan, öznel «şimdi» anlayışının bütün evren için geçerli olduğunu varsayamaz. Einstein, «ilgi kurulan her cismin (ya da koordinat sisteminin) kendi özel zamanı olduğunu; zaman anlatımının hangi cisme göre olduğu belirtilmeden bir olayın zamanını söylemenin bir anlamı olmadığını» gösteriyor. Bu nedenle, hızların eklenmesi konusundaki eski ilkenin yanlışlığı, bir olayın süresinin ilgi kurulan sistemin devinimden bağımsız olduğu varsayımından do-

ğar. Örneğin, geminin güvertesinde yürüyen adamın durumunda, adam gemideki bir saatle ölçüldüğüne göre, saatte 3 mil yürüyorsa, hızının denizde duran bir saatle ölçüldüğü zaman yine aynı olacağı varsayılırdı. Bundan başka, ister geminin güvertesine (devimli sistem) göre, ister denize (durağan sistem) göre ölçülsün, bir saatte aldığı yolun aynı değerde olacağı varsayılırdı. Hızların eklenmesinde bu başka bir yanlışlıktır. Çünkü uzaklık da zaman gibi bağıntılı bir kavramdır; ilgi kurulan sistemden bağımsız bir uzaklık yoktur.

Bu nedenle Einstein, doğa olaylarını evrendeki her sisteme uyacak biçimde anlatmak isteyen bilim adamının, zaman ve uzay ölçmelerini değişken nicelikler sayması gerektiğini öne sürdü. Lorentz dönüşümünü kapsayan denklemler tam böyle yapıyor. Işık hızını evrensel bir değişmez olarak tutuyor, fakat bütün zaman ve uzaklık ölçülerini ilgi kurulan her sistemin hızına göre değiştiriyorlar (*).

(*) Lorentz dönüşümü, devimli sistemler üzerinde gözlemlenen uzaklık ve zamanlarla daha durağan sistemler üzerindeki uzaklık ve zamanlar arasında bağıntı kurar. Örneğin, bir sistemin, ya da ilgi kurulan bir cismin, belirli bir yönde devindiğini düşünelim. **Hızların eklenmesi konusunda eski ilkeye gö-**

Böylece, Lorentz, denklemlerini önceleri özel bir sorunu karşılamak için geliştirdiği halde, Einstein onları çok büyük bir genellemeye temel olarak ve Bağıntılık yapısına bir belirt (aksiyom) olarak aldı: Aralarında Lorentz dönüşümüyle bağıntı kurulan bütün sistemlerde doğa kanunları aynı kalırlar. Böyle soyut matematik diliyle anlatıldığında bu belitin önemini herkes anlayamaz. Fakat fizikte bir denklem yalnız bir soyutlama değil, bilim adamlarının doğa olaylarını anlatmakta yararlandığı kısa bir anlatım yoludur. Bazan da o, teorik fizikçinin bilginin gizli bölgelerini çözebileceği bir Reşiz Taşı'dır. Lorentz dönüşümü denklemlerinde yazılı bilgilerden sonuçlar çıkararak,

---

re, devinen sisteme göre ve devim yönünde bir x' uzaklığı arasında $x'=x\pm vt$ denklemi ile bağıntı kuruluyor. v devimli sistemin hızı, t zamandır. Devimli sisteme göre, x' e ve birbirine dik açılarla, ölçülen y' ve z' boyutları (yükseklik ve genişlik) ile daha durağan sistemdeki y ve z boyutları arasında $y'=y$ ve $z'=z$ şeklinde bağıntı kuruluyor. Devimli sisteme göre ölçülen t' zamanı ile daha durağan sisteme göre ölçülen t zamanı arasında da $t'+t$ bağıntısı kuruluyor. Başka bir deyişle, klâsik fizikte söz konusu sistemin hızı, uzaklık ve zamanları etkilemez. Fakat şimşekler konusundaki çelişmeye yol açan bu varsa-

Einstein, fiziksel evren konusunda yeni ve olağanüstü gerçekler buldu.

---

yımdır. Lorentz dönüşümü, devimli sistemler üzerinde gözlemlenen uzaklık ve zamanları duran gözlemciler için aynı kılar. Yukarıda verilen eski ve yetersiz bağıntıların yerini alan Lorentz dönüşümünün denklemleri şöyledir :

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}}$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = \frac{t - (v/c^2)\,x}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}}$$

Devimin, eski dönüşüm kanununda olduğu gibi, y' ve z' boyutlarını etkilemediği görülüyor. Devimli sistemin hızı ve ışık hızı c ye göre küçük ise, Lorentz dönüşümü denklemleri hızların eklenmesi konusundaki eski ilkenin bağıntıları haline gelir. Fakat v nin büyüklüğü c ye yaklaştıkça x' ve t' nin değerleri köklü şekilde değişir.

7

Bu gerçekler çok somut terimlerle anlatılabilir. Einstein bir kez Bağıntılık'ın felsefî ve matematiksel temellerini geliştirdikten sonra, bunları, zaman ve uzay gibi soyutlamaların saat ve metre ile bağlanabileceği lâboratuvara getirmesi gerekiyordu. Zaman ve uzay konusundaki temel düşüncelerini lâboratuvâr diline çevirirken, saatler ve ölçü çubuklarının o güne dek bilinmeyen bazı özelliklerine dikkati çekti. Örneğin, devimli bir sisteme bağlı bir saat, duran bir saatten ayrı hızda işler; devimli bir sisteme bağlı bir ölçü çubuğunun boyu sistemin hızına göre değişir. Özellikle, saatin hızı arttıkça işlemesi yavaşlar; ölçü çubuğunun boyu devim yönünde küçülür. Bu garip değişikliklerin saatin ya da çubuğun yapısı ile ilgisi yoktur. Saat, bir sarkaçlı saat, bir yaylı

saat ya da kum saati; ölçü çubuğu da tahta cetvel, bir metrelik maden çubuk ya da on beş kilometrelik kablo olabilir. Saatin yavaşlaması ve çubuğun kısalması mekanik olaylar değildir. Saatle ve ölçü çubuğuyla birlikte giden bir gözlemci bu değişiklikleri anlayamaz. Fakat devimli sisteme göre durağan olan bir gözlemci, devimli saatin duran saate göre yavaşladığını, devimli çubuğun durağan ölçü birimlerine göre küçüldüğünü görürdü.

Devimli saatlerin ve ölçü çubuklarının bu davranışı, ışığın değişmez hızını, niçin bütün sistemlerdeki bütün gözlemcilerin, devim durumları ne olursa olsun, ışığın araçlarına aynı hızla gelip aynı hızla ayrıldığını gördüklerini açıklar. Çünkü kendi hızları ışık hızına yaklaştıkça saatleri yavaşlar, ölçü çubukları kısalır ve bütün ölçü sonuçları daha durağan bir gözlemcinin elde ettiği değerlere denk olur. Lorentz dönüşümü, bu azalmaları yöneten kanunları tanımlar; bu kanunlar çok basittir: Hız ne kadar büyürse azalma o kadar çok olur. Işık hızının yüzde 90 ı kadar hızla devinen bir ölçü çubuğu yarı uzunluğuna iner. Bu hızdan sonra azalma derecesi artar. Çubuk ışık hızına erişebilse tümüyle yok olurdu. Aynı şekilde ışık hızında giden bir saat tümüyle dururdu. Bun-

dan, ne biçim güçler kullanılırsa kullanılsın, hiç bir şeyin ışıktan daha hızlı gidemeyeceği sonucu çıkar. Böylece Bağıntılık başka bir temel doğa kanununu ortaya çıkarıyor: **Işık hızı evrendeki en yüksek ve sınır hızdır.**

İlk karşılaşmada bu gerçekleri kavrayıp benimsemek zordur. Bunun nedeni, klâsik fizikte, bir cisim ister devim durumunda olsun, ister dursun, boyutlarının aynı olacağının, bir saatin devimde ve dururken aynı hızla işleyeceğinin varsayılmış olmasıdır. Sağduyu bu varsayımı gerektiriyor. Fakat Einstein sağduyunun on sekiz yaşından önce zihinde yerleşen önyargılardan başka bir şey olmadığını gösterdi. Sonraki yıllarda karşılaşılan her yeni düşünce «tartışılmadan kabul edilen» bu kavramlarla savaşmalıdır. Einstein, tanıtlanmamış hiç bir ilkeyi açık ve bellidir diye kabul etmek istemediği içindir ki, derinlerde yatan doğa gerçeklerine kendinden önce gelen bilim adamlarından daha iyi inebilmiş ve daha çok yaklaşabilmiştir. Devimli saatlerin yavaşladığını, devimli çubukların küçüldüğünü varsaymak, bunların yavaşlamadığını ve küçülmediğini varsaymaktan daha mı gariptir? diye sordu Einstein. Klâsik fizikçilerin ikinci varsayımı doğrudan kabul etmelerinin nedeni, insanın günlük yaşa-

mında bu değişiklikleri gösterecek hızlarla karşılaşmamasıdır. Bir otomobilde, uçakta ve V-2 roketinde bile bir saatin yavaşlaması ölçülemeyecek kadar küçüktür. Ancak hızlar ışık hızına yaklaştığı zaman bağıntılılık etkileri görülebilir. Alışılmış hızlarda zaman ve uzay aralıklarının değişmesinin hemen hemen sıfıra yaklaştığını Lorentz dönüşümü denklemleri açıkça gösteriyor. Bu nedenle Bağıntılık klâsik fizikle çatışmaz, fakat eski kavramları ancak insanın alışılagelmiş yaşantıları için doğru olan sınırlayıcı görüşler sayar.

Böylece Einstein, insanın gerçekleri yalnız duyulariyle algıladığı gibi, tanımlama içtepisinin yarattığı engeli aşıyor. Nasıl ki Kuvant Kuramı maddenin temel parçalarının algılarımızın kaba dünyasında gördüğümüz büyük parçalar gibi davranmadığını göstermiştir, Bağıntılık da, yetersiz insan gözünün görebildiği nesnelerin davranışından, büyük hızlarla birlikte meydana gelen olayların kestirilemeyeceğlni gösterir. Bağıntılık kanunlarının ayrıcalık gösteren olaylarla ilgili olduğu da düşünülemez. Tersine bu kanunlar, inanılmayacak kadar karmaşık bir evren konusunda bütünü içine alan bir görüş sağlarlar; bu evrende ayrıca olan, yer üzerindeki hayatımızın basit mekanik olay-

larıdır. Atom evreninin çok büyük hızları ya da yıldızlararası uzay ve zamanın sonsuzlukları ile uğraşan bugünkü bilim adamı, Newton kanunlarını yetersiz buluyor. Fakat Bağıntılık her an bütün ve doğru bir doğa tanımı sağlıyor.

Einstein'ın konutları (postulatları) ne zaman denendiyse, doğrulukları kabul edilmiştir. Zaman aralıklarının Bağıntılıkla ilgili olarak gecikmesinin dikkate değer tanıtı. Bell Telefon Lâboratuvarları'ndan H.E. Ives'ın 1936 da yaptığı deneyle sağlandı. Radyasyon durumundaki bir atom bir çeşit saat sayılabilir, çünkü o, spektroskop yardımı ile çok doğru olarak ölçülebilen belli bir frekans ve dalga boylu ışık yayar. Ives, çok yüksek hızla devinen hidrojen atomlarının yaydığı ışığı, duran hidrojen atomların titreşme frekansının Einstein denklemleriyle önceden kestirildiği ölçüde azaldığını gördü. Bir gün bilim aynı ilke için çok daha ilginç bir deney bulabilir. Herhangi bir devirli devim, zamanı ölçmede kullanılabileceğinden, Einstein insan yüreğinin de bir çeşit saat olduğuna dikkati çekti. Böylece, Bağıntılık'a göre, ışık hızına yakın bir hızla yol alan bir insanın nefes alıp vermesi ve öbür bütün yaşama eylemleriyle birlikte kalp atışı bağıntılı

olarak yavaşlayacaktır. İnsan bu yavaşlamayı anlayamaz çünkü saati de aynı ölçüde yavaşlar. Fakat durduğu yerden bu zamanı ölçen birisine göre daha yavaş «yaşlanır».

8

Fiziksel evrenin işleyişini anlatmak için üç nicelik gereklidir: Zaman, uzaklık ve kütle. Zaman ve uzaklık bağıntılı nicelikler olduğuna göre, bir cismin kütlesinin de devim durumuyla değişeceği tahmin edilebilir. Gerçekte Bağıntılık'ın en önemli kılgılı sonuçları kütlenin bağıntlığı ilkesinden doğmuştur.

Herkesçe anlaşıldığı anlamda, «kütle», «ağırlık» için başka bir sözcüktür. Fakat fizikçinin kullandığı anlamda, maddenin ayrı ve daha temel bir niteliğini devim değişikliğine karşı direnci, gösterir. Bir yük vagonunu yürütmek ya da durdurmak, bir bisikleti yürütmek ve durdurmaktan çok daha büyük bir güç gerektirir. Yük vagonu, deviminin değişikliğine karşı daha fazla direnir, çünkü kütlesi daha büyüktür. Klâsik fizikte bir cismin kütlesi değişmeyen bir niteliktir. Buna göre yük vagonu ister duruyor, ister saatte 90klm. hızla yerde

gidiyor, isterse saniyede 90.000 klm. hızla uzayda uçuyor olsun, kütlesinin aynı kalması gerekir. Fakat Bağıntılık, devimli bir cismin kütlesinin hiç de aynı kalmadığını, bir gözlemciye göre hızıyla birlikte arttığını öne sürer. Eski fizik biliminin bu basit gerçeği bulamamış olmasının nedeni, insanın duyularının ve araçlarının, bilinen küçük ivmelerin meydana getirdiği çok küçük artmayı seçemeyecek kadar kaba oluşudur. Bu artmalar ancak cisimler ışık hızına oldukça yakın hızlara eriştiği zaman anlaşılır. (Bu olay, uzunluğun bağıntılığa göre azalması ile çatışmaz. Şöyle bir soru akla gelebilir: Nasıl olur da bir cisim hem küçülür hem de ağırlığı artar? Küçülmenin yalnız devim yönünde olduğuna dikkat edilmelidir; genişlik etkilenmez. Bundan başka, kütle yalnız «ağırlık» değil, devim değişikliğine karşı dirençtir.)

Einstein'ın hızla birlikte kütlenin artışını veren denklemi biçim bakımından öbür Bağıntılık denklemlerine benzer, fakat sonuçları pek çok daha önemlidir.

Bu denklemde, m v hızı ile devinen bir

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$$

cismin kütlesini; m_0, dururkenki kütlesini, c ışık hızını gösterir. Temel cebir çalışmış olan herkes, v küçülürse -günlük yaşantımızda görülen bütün hızlar küçüktür- m_0 ile m arasındaki ayrılığın sıfıra yakın olduğunu kolayca görür. Fakat v, c nin değerine yaklaşınca, kütle artışı çok büyür; devimli cismin hızı ışık hızına erişince kütle sonsuz olur. Kütlesi sonsuz olan bir cisim devime karşı sonsuz bir direnç göstereceğinden, hiçbir maddenin ışık hızında yol alamayacağı sonucuna bir kez daha varılmış olur.

Bağıntılık'ın, doğruluğu en çok tanıtlanmış ve deneysel fizikçilerce en yaralı biçimde uygulanmış olan yönü, kütlenin artışı ilkesidir. Güçlü elektrik alanlarında devinen elektronlar ve radyoaktif maddelerin çekirdeğinden yayılan beta parçacıkları, ışık hızının yüzde doksan dokuzuna yaklaşan hızlara erişirler. Büyük hızlarla uğraşan atom fizikçisi için, Bağıntılık'ın önceden kestirdiği kütle artışı tartışılacak bir kuram değil, hesaplamalarda önemsiz sayılamayacak denenmiş bir gerçektir. Gerçekte, proton-sinkroton ve öbür büyük enerji makinelerinin çalışabilmesi için, bunların işleyişi, hızları ışık hızına yaklaşan parçacıkların kütle artışını mümkün kılacak biçimde ayarlanmalıdır.

Einstein, kütlenin Bağıntılık'ı ilkesinden giderek, dünya için çok büyük önemi olan bir sonuca vardı. Einstein'ın düşünce zinciri şöyle bir çizgide gelişiyor: Devimli bir cismin kütlesi devimiyle birlikte arttığına ve devim bir enerji biçimi (kinetik enerji) olduğuna göre, devimli bir cismin kütle artışı, o cismin artan enerjisinden gelir. Kısaca, enerjinin kütlesi vardır. Einstein, oldukça basit birkaç matematiksel adımla, herhangi bir E enerjisine eşdeğerli olan m kütlesinin değerini buldu, bu değerli $m=E/c^2$ denklemiyle açıkladı. Bu bağıntı belli olduktan sonra, liseye yeni başlayan bir öğrenci bile, dünyanın en önemli ve en ünlü denklemini yazmak için cebirde gerekli adımı atabilir: $E=mc^2$.

Gazete okurlarının çoğu, atom bombasının gelişmesinde bu denklemin payını bilirler. Denklem, herhangi madde parçasında bulunan enerjinin, o cismin kütlesinin ışık hızının karesiyle çarpımına eşit olduğunu fizik diliyle anlatır; her durumda uygun birimler alınır. Terimleri somut değerlere çevrildiği zaman bu olağanüstü bağıntı daha açık görülür. Örneğin, bir kilo kömür tümüyle enerjiye çevrilseydi, 25 milyar kilovat saatlik, ya da A.B.D. deki bütün elektrik santrallarının sürekli olarak iki ay ça-

lışarak meydana getirdikleri kadar eletkrik sağlardı.

$E=mc^2$ fiziğin uzun zamandır çözümlenemeyen birçok bilmecelerine cevap veriyor. Radyum ve uranyum gibi radyoaktif maddelerin çok büyük hızı olan parçacıkları nasıl yaydığını, bunu nasıl milyonlarca yıl sürdürdüğünü, güneş ve bütün yıldızların nasıl milyarlarca yıl ışık ve ısı yaydığını açıklıyor. Güneş bilinen yanma yoluyla tükeniyor olsaydı, dünya çok uzun çağlar önce donmuş karanlıklar içinde son bulurdu. Bu denklem atomların çekirdeklerinde yatan enerjinin büyüklüğünü gösterir, bir kenti yıkmak için bir bombaya kaç gram uranyum konması gerektiğini önceden kestirir. Son olarak, bazı temel fiziksel gerçekleri ortaya çıkarır. Bağıntılık'tan önce bilim adamları evreni içinde madde ve enerji gibi iki ayrı element bulunan bir tekne gibi düşünürlerdi. Madde durgundu, elle tutulurdu ve kütlesi denilen bir özelliği vardı; enerji ise gözle görülmez ve kütlesiz bilinirdi. Oysa Einstein kütle ve enerjinin eşdeğerli olduğunu gösterdi. Kütle denilen özellik yoğunlaşmış enerjidir. Başka bir deyişle, kütle enerji, enerji de kütledir; ikisi arasındaki ayrılık geçici bir durumun yarattığı ayrılıktan başka bir şey değildir.

Doğanın birçok bilmeceleri bu geniş ilkenin ışığı altında çözüm buluyor. Bazan bir parçacıklar topluluğu bazan da bir dalgalar karşılaşması gibi görünen madde ve radyasyonun karşılıklı ve şaşırtıcı etkisi böylece daha iyi anlaşılıyor. Madde ve elektrik birimi olarak elektronun ikili niteliği, dalga elektronu, foton, madde dalgaları, olasılık dalgaları, dalgalar evreni - bütün bunlar eskisi kadar çelişik görünmüyor -. Çünkü bütün bu kavramlar, aynı temel gerçeğin çeşitli belirtilerini anlatırlar; herhangi birinin «gerçekten» ne olduğunu sormakta artık anlam yoktur. Madde ve enerji birbirinin yerini tutar. Madde kütlesini atar ve ışık hızında yol alırsa buna radyasyon ya da enerji diyoruz. Bunun tersine, enerji donarsa ve ayrı bir biçim alırsa ona madde diyoruz. Bugüne dek bilim, ancak madde ve enerjinin insan algılarına dokunan geçici niteliklerini ve bağıntılarını anlayabiliyordu. Fakat insanoğlu 16 haziran 1945 ten bu yana birini öbürüne dönüştürmeyi başarmıştır. O gece Yeni Meksika'da, Alamogorda'da, insanoğlu ilk kez önemli ölçüde maddeyi enerji dediğimiz ışık, ısı, ses ve devime dönüştürmüştür.

Yine de temel sırlar gizli kalmaktadır. Kavramların birleştirilmesi - bütün maddenin ele-

mentlere ve birkaç tip parçacığa, bütün «güçler» in tek kavram «enerji» ye çevrilmesi, sonra madde ve enerjinin tek bir nicelik haline getirilmesi - yönünde bilimin tüm ilerleyişi, henüz bizi bilinmeyene götürüyor. Bütün sorular belki de hiç cevaplanamayacak bir soruda toplanıyor: Bu kütle-enerji varlığının özü, bilimin bulmaya çalıştığı fiziksel gerçeğin temel katı nedir?

Böylece, Kuvant Kuramı gibi Bağıntılık da, insan zekâsını, uzay ve zaman içinde köklüce yerleşmiş olan büyük, şaşmaz ve yönetilebilir Newton evreninden uzağa çekiyor. Einstein'ın devim kanunu; uzaklık, zaman ve kütlenin bağıntılığı konusunda temel ilkeleri ve bu ilkelerden çıkardığı sonuçlar, Özel Bağıntılık Kuramı'nı meydana getirir. Bu ilk eserin yayınlanmasını izleyen on yılda Einstein, bilimsel ve felsefî sistemini, Genel Bağıntılık Kuramı altında genişletti. Bu kuram yardımıyla yıldızların dönüşünü, kuyruklu yıldızları, meteorları, galaksileri ve anlaşılamayan sonsuz boşlukta devinen demir, taş, buhar ve alev sistemlerini yöneten gizli gücü inceledi. Newton bu güce «evrensel çekim» adını vermişti. Einstein, kendi çekim kavramından, bir bütün olarak evrenin yapı ve içyapısı konusunda bir görüşe vardı.

9

«Matematikçi olmayanlar,» diyor Albert Einstein, «dört boyutlu şeyleri duydukları zaman, bilinemeyen konularda düşünmenin verdiği duyguya benzer esrarlı bir ürperme geçirirler. Oysa, içinde yaşadığımız dünyanın dört-boyutlu bir uzay - zaman sürekliliği olduğunu söylemek kadar belli bir tanım yoktur.»

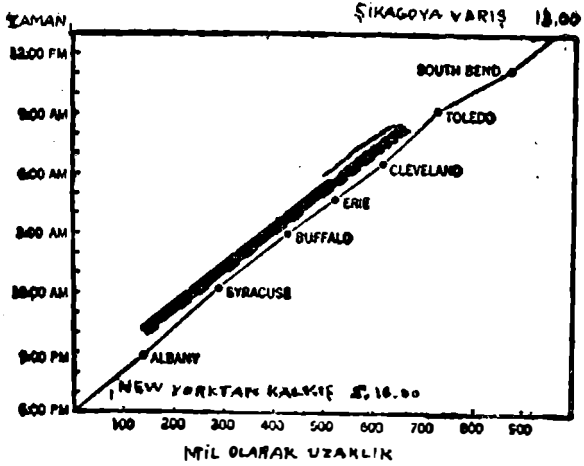
Matematikçi olmayan bir kimse, Einstein'ın «belli» terimini bu anlamda kullanmasına kuşku ile bakabilir. Fakat zorluk düşüncede değil, anlatımdadır. «Süreklilik» sözcüğünün anlamı iyice kavranırsa, dört - boyutlu bir uzay-zaman sürekliliği - bütün çağdaş evren kavramlarının temeli zaten budur - olarak Einstein'ın evren görüşü açıkça meydana çıkar. Süreklilik, sürekli olan bir şeydir. Örneğin, bir cet-

vel bir-boyutlu bir uzay sürekliliğidir. Çoğu cetveller inçlere ve inçin on altıda birine kadar olan parçalarına ayrılmıştır.

Fakat bir inçin milyonda ya da milyarda biri kadar bölümlere ayrılmış bir cetvel düşünmek mümkündür. Noktalar arasındaki bölümlerin daha küçük olmaması için hiç bir kuramsal neden yoktu. Bir sürekliliğin ayrıcı özelliği, herhangi iki noktayı ayıran aralığın istenilen küçüklükte sonsuz sayıda bölümlere ayrılabilmesidir.

Demiryolu bir-boyutlu bir uzay sürekliliğidir. Bir tren makinisti herhangi bir zamanda tek bir koordinat vererek -bir istasyon ya da kilometre uzaklığı gibi- demiryolu üzerindeki yerini tanıtlayabilir. Oysa bir deniz kaptanı iki boyut düşünmek zorundadır. Denizin yüzü iki boyutlu bir sürekliliktir ve bir denizcinin iki boyutlu süreklilikte yerini kestirmede kullandığı kordinat noktaları enlemler ve boylamlardır. Bir pilot, uçağını üç-boyutlu bir süreklilikte götürür, bu nedenle yalnız enlem ve boylamı değil, aynı zamanda yerden yüksekliğini de düşünmek zorundadır. Bir pilotun sürekliliği bizim algıladığımız biçimde uzayı meydana getirir. Başka bir deyişle, dünyamızın uzayı üç boyutlu bir sürekliliktir.

Bununla birlikte, devimi ilgilendiren bir fizik olayını anlatmak için yalnız uzaydaki yerni tanımlamak yetmez. Yerin zamanla nasıl değiştiğini de bildirmek gerekir. Buna göre, bir New York - Chicago ekspresinin gidişini doğru olarak anlatmak için onun yalnız New York'tan Albany'ye, Syracuse'a, Cleveland'e, Toledo'ya ve Chicago'ya gittiğini değil, bu noktalardan geçtiği zamanları söylemek gerekir. Bir zaman çizelgesi ya da şema bunu yapabilir. Kenarları işaretlenmiş bir kâğıt üzerinde, New York ile Chicago arasındaki kilometreler yana doğru, saatler ve dakikalar aşağıdan yukarı doğru işaretlenirse, köşegen boyunca çizilen bir çizgi iki-boyutlu uzay-zaman sürekliliğinde trenin ilerleyişini gösterir. Çoğu gazete okuru böyle bir grafiği anlar. Örneğin, bir borsa şeması parayla ilgili olayları iki-boyutlu bir dolar-zaman sürekliliğinde gösterir. Aynı şekilde, New York'tan Los Angeles'e bir uçuş en iyi şekilde dört-boyutlu bir uzay-zaman sürekliliğiyle gösterilir. Zaman koordinatı da bilinmedikçe, uçağın x enleminde, y boylamında ev z yüksekliğinde oluşu trafik yöneticisi için bir anlam taşımaz. Böylece zaman dördüncü boyut oluyor. Uçuş bütün bir fiziksel gerçek olarak görülmek isteniyorsa; kalkışlar, tırmanışlar, uçuş-



Bir New York - Chicago ekspresinin iki-boyutlu uzay-zaman sürekliliğinde batıya doğru ilerleyişi.

lar ve inişler gibi birbirinden ayrı parçalara ayrılamaz. Dört-boyutlu bir uzay-zaman sürekliliğinde, sürekli bir yay olarak düşünülmelidir.

Zaman gözle görülemeyen bir nicelik olduğundan, dört-boyutlu bir uzay-zaman sürekliliğinin örneğini çizmek ya da yapmak mümkün değildir. Fakat böyle bir süreklilik matematiksel olarak gösterilebilir. Güneş sistemimizin, Samanyolu'ndaki yıldız öbeklerinin ve yıldız

bulutlarının, boşlukta yanan ıssız uzak galaksilerin ötelerine de uzanan evren boşluklarını anlatmak için, bilim adamı bütün bunları üç uzay ve bir zaman boyutlu bir süreklilik olarak gözönüne getirmelidir. Biz zihnimizde bu boyutları ayırmak eğilimindeyiz; bir uzay sezgimiz ve bir zaman sezgimiz vardır. Ancak bu tümüyle öznel bir ayırmadır. Özel Bağıntılık Kuramı'nın gösterdiği gibi, uzay ve zaman ayrı ayrı ele alındıklarında her gözlemciye göre değişen göreli niceliklerdir. Evrenin nesnel olarak anlatımında -bilim böyle bir anlatımı gerektiriyor- zaman boyutu uyaz boyutundan ayrılamaz; bir ev, ağaç ya da insan resminde boyun genişlik ve kalınlıktan ayrılamayacağı gibi. Bağıntılık ilkelerini anlatmak için uygun bir ortam olarak uzay-zaman sürekliliği matematiğini geliştiren büyük Alman matematikçisi Herman Minowski'ye göre, «ayrı uzay ve ayrı zaman bir gölge gibi yok olmuştur; ancak ikisinin bileşimi gerçekliğini sürdürebilir.»

Bununla birlikte uzay-zaman sürekliliğinin yalnız matematiksel bir yapı olduğu düşünülmemelidir. Dünya bir uzay-zaman sürekliliğidir; gerçek hem uzayda hem zamandadır, uzay ve zaman birbirinden ayrılamaz. Bütün zaman ölçmeleri gerçekte uzay ölçmeleridir; buna karşı-

lık uzay ölçmeleri zaman konusundaki ölçmelere dayanır. Saniyeler, dakikalar, saatler, günler, haftalar, aylar, mevsimler, yıllar; güneşe, aya ve yıldızlara göre dünyanın yerinin ölçülmesidir. Aynı şeklide, insanın dünya üzerindeki yerini tanımlamakta kullanılan enlem ve boylam terimleri saniye ve dakikayla ölçülür; bunların doğru olarak hesaplanması için günün saati ve yılın günü bilinmelidir. Ekvator, yengeç dönencesi ya da kutup dairesi gibi sınır işaretleri, değişen mevsimleri ölçen bir güneş saatindan başka bir şey değildir. Başlangıç meridyeni günlük zamanın bir koordinatı, «öğle» ise güneşin bir açısıdır.

Uzayla zamanın eşdeğerliliği, yıldızlar düşünüldüğünde, daha açıkça belli olur. Bilinen takımyıldızlardan bazıları «gerçek» tir; takımı meydana getiren yıldızların gerçek çekim sistemleri vardır, birbirlerine göre düzenli olarak devinirler. Bazı takımyıldızlar ise ancak perspektif sonucu olan görüntülerdir; görüş çizgisi üzerindeki yıldızların birbirine yakın görünmelerinden meydana gelirler. Böyle görünüşteki takımyıldızlarda eşit parlaklıkta iki yıldız görülebilir ve bunların gökte «yanyana» oldukları öne sürülebilir. Oysa birisi 40 ışık yılı, öbürü 400 ışık yılı uzaklıkta olabilir.

Astronomi bilgininin evreni bir uzay-zaman sürekliliği olarak düşünmesi gerektiği açıktır. Teleskopundan baktığında o yalnız dışarıya doğru uzaya bakmaz, geriye doğru zamana bakar. Duyarlı fotoğraf makineleri 500 milyon ışık yılı uzaktaki ada evrenlerinin ışıltısını seçebilir. Bu sönük ışıltılar, dünyadaki ilk omurgalıların ilk Paleozoik denizlerden genç karalara sürünmeye başladığı çağda yolculuklarına başlamışlardı. Bundan başka, astronomi bilgininin spektroskopu, bu büyük dış uzay sistemlerinin saniyede 56.000 klm. ye yaklaşan inanılmayacak hızlarla bizim galaksimizden öteye, evrenin sonsuzluklarına doğru fırlayıp gittiğini gösterir. Daha doğrusu, bu sistemler 500 milyon yıl önce bizden uzaklaşıyorlardı. Onların «şimdi» nerede olduklarını, ya da «şimdi» varolup olmadıklarını kimse söyleyemez. Evren konusundaki düşüncemizi üç öznel uzay ve bir bölgesel zaman boyutlarına bölersek, bu galaksilerin fotoğraf levhası üzerindeki çok eski sönük ışıklardan başka bir nesnel varlığı kalmaz. Ancak aralarında ilgi kurulan yapıda fiziksel gerçekliklerini bulurlar; bu yapı da dört-boyutlu uzay-zaman sürekliliğidir.

Dünyada kaldığı kısa süre boyunca insan, olayları geçmiş, şimdiki zaman ve gelecek duy-

gularına göre zihninde kişisel bir sıraya koyar. Fakat kişi bilinci dışında evren, ve gerçeklerin nesnel dünyası, «meydana gelmez», ancak vardır. Onu bütün yüceliğiyle ancak kozmik bir zihin kavrayabilir. Fakat bir matematikçi onu sembolik olarak dört-boyutlu bir uzay-zaman sürekliliği biçiminde gösterebllir. Genel Bağıntılık Kuramı'nı ve onun evreni olduğu gibi tutup, biçiminl ve büyüklüğünü belgileyen yerçekimi konusunda söylediklerini anlamak içln uzay-zaman sürekliliğinin anlaşılması gereklidir.

10

Özel Bağıntılık Kuramı'nda Einstein devim olayını çalıştı ve insanın yerin ya da başka bir devimli sistemin salt devimini yargılayabilmesi için evrende durağan bir ölçü olmadığını gösterdi. Devim ancak başka cisme göre yer değişmesi olarak anlaşılabilir. Örneğin, yerin güneş çevresinde saniyede otuz iki kilometre hızla devindiğini biliyoruz. Mevsimlerin değişmesi bu gerçeğin bir belirtisidir. Oysa dört yüz yıl öncesine dek insanoğlu güneşin gökte değişen yerinin güneşin yer çevresindeki devimini gösterdiğini düşünüyordu. Bu varsayıma göre, eski astronomiciler gökyüzündeki önemli olayları büyük bir doğrulukla önceden kestirmelerini mümkün kılan kullanışlı bir gök sistemi geliştirdiler. Onların bu varsayımı do-

ğaldı, çünkü uzaydaki devimimizi «duyamayız». Hiçbir fizik deneyi de yerin gerçekten devimli olduğunu göstermemiştir. Bütün öbür gezegenler, yıldızlar, galaksiler ve evrendeki devimli sistemler sürekli olarak yer değiştirdiği halde, devimieri ancak birbirine göre anlaşılabilir. Evrendeki bütün cisimler kaldırılıp yalnız birisi bırakılsa, kalan cisim duruyor mu yoksa boşlukta saniyede 160.000 kim. hızla fırıldanıyor mu, hiç kimse söyleyemezdi. Devim göreli bir durumdur; devimin karşılaştırılacağı bir sistem olmadan tek bir cismin deviminden sözetmek anlamsızdır.

Bununla birlikte, Özel Görelilik Kuramı'nı yayınladıktan kısa zaman sonra Einstein, başka bir sistemle ilgi kurulmadan, devinen cisme ettiği fiziksel etki ile anlaşılabilecek ve «salt» sayılabilecek bir devim biçimi olup olmadığı konusunda düşünmeye başladı. Örneğin, sarsıntısız ilerleyen bir trendeki gözlemci, tren içinde yaptığı gözlemlerle, devindiğini ya da durduğunu anlayamaz. Fakat makinist, ansızın ferene basar ya da islimi keserse, meydana gelen sarsıntıyla gözlemci, hızındaki değişikliği sezer. Tren yönünü değiştirirse, gözlemci, devim yönünün değişmesine karşı direnen gövdesinin dışa doğru çekilişinden trenin yönü-

nün değişmiş olduğunu anlar. Bu nedenle Einstein, bütün evrende tek bir cisim -söz gelimi, dünya- olsaydı ve ansızın düzensizce dönmeye başlasaydı, orada yaşayanların bunu sezeceklerini ve devimden rahatsız olacaklarını düşündü. Bu, güçlerin ve ivmelerin meydana getirdiği düzensiz devimin «salt» olabileceğini ve boş uzayın, salt devimi anlamaya yarayacak bir karşılaştırma noktası olabileceğini öne sürer.

Düzensiz devimin görünüşteki bu ayrı niteliği, uzayın boşluk ve devimin göreli olduğuna inanan Einstein'ın kafasını karıştırıyordu. Özel Bağıntılık Kuramı'nda Einstein, birbirine göre düzenli devinen bütün sistemler için doğa kanunlarının aynı olduğu savını önerme olarak almıştı. Doğanın evrensel uyumluluğuna derin inancı olan bir kişi olarak da, düzensiz devinen bir sistemin öbürlerinden ayrı ve oradaki kanunların değişik olacağına inanmadı. Bundan dolayı Genel Bağıntılık Kuramı'na temel önerme olarak şöyle söyledi: Devim durumları ne olursa olsun, bütün sistemler için doğa kanunları aynıdır. Bu savı geliştirirken, üç yüz yıldır insanoğlunun evren görüşüne biçim vermiş olan kavramların çoğunu altüst eden yeni çekim kanunları getirdi.

Einstein'ın çıkış noktası Newton'un Süredurum (Atalet) Kanunu idi. Bilindiği gibi bu kanun «etki eden güçler zorlanmadıkça, her cisim olduğu yerde durur ya da doğru bir çizgi üzerinde devimini sürdürür.» der. Bu demektir ki, tren ansızın yavaşlayınca, hızlanınca ya da yön değiştirince değişik duygularımıza yol açan şey süredurumdur (Atalet). Gövdemiz doğru bir çizgi üzerinde gitmek ister; tren karşı bir güçle bize etki ettiği zaman, süredurum denen özellik bu güce karşı bir direnç gösterir. Uzun bir yük vagonları zincirini hızlandırırken lokomotifi zorlatan da süredurumdur.

Bu başka bir düşünceye yol açar. Vagonlar yüklü ise, trenin vagonlar boş olduğu zamandan daha çok çalışması ve daha çok kömür yakması gerekir. Bu nedenle Newton, Süredurum Kanunu'na, bir cismi ivmek için gerekli gücün o cismin kütlesine bağlı olduğunu ve aynı güç kütleleri ayrı iki cisim üzerine etki ederse, küçük cismin büyük cisimden daha çok iveceğini söyleyen ikinci bir kanun ekledi. Bu ilke bir bebek arabasının itilmesinden topun ateşlenmesine kadar bütün olaylar için doğrudur. İnsanın küçük bir topu bir top güllesinden daha uzağa ve daha hızlı atabileceği gerçeğini genelleştirir.

Bununla birlikte devimli bir cismin ivmesiyle kütlesi arasında hiç bir bağıntı yokmuş gibi görünen garip bir durum vardır. Düşerlerken küçük top ve top gülesi aynı hıza erişirler. Bu olayı ilk kaz Galileo buldu. Galielo havanın direnci sayılmazsa, büyüklükleri ve yapıları ne olursa olsun bütün cisimlerin aynı hızla düştüğünü deneyle tanıtladı. Bir topla mendilin ayrı hızlarda düşmesinin tek nedeni, mendilin hava direncine karşı daha geniş bir alan göstermesidir. Fakat bilye, top ve gülle gibi benzer biçimli cisimler aynı hızla düşerler. (Havasız bir yerde mendil ve gülle yanyana düşerlerdi.) Bu olay Newton'un Süredurum Kanunu'na aykırıymış gibi görünür. Yatay olarak ve eşit güçlerle gönderildiğinde kesin olarak kütlelerinin belgilediği hızlarla devinen cisimler, büyüklük ve kütleleri ne olursa olsun, dikey olarak niçin aynı hızla giderler? Süredurum etkeni yalnız yatay düzlemde etkili oluyormuş gibi görünür.

Newton'un bu bilmeceye çözüm yolu Yerçekimi Kanunu'nda verilmiştir. Yerçekimi Kanunu, bir cismin başka bir cismi çekme gücünün, çekilen cismin kütlesiyle arttığını söyler. Cisim ne kadar ağır ise, çekme gücü o kadar

çoktur. Bir cisim küçükse, süredurumu ya da devime karşı direnci de küçüktür; fakat yerçekiminin o cisim üzerindeki gücü de küçük olur. Aynı yoğunluktaki bir cisim büyükse, süredurumu da büyüktür, buna karşılık yerçekimini cisim üezrindeki gücü büyük olur. Böylece, yerçekiminin etkisi tam cismin süredurumunu yenecek kadardır. Bu nedenle, kütleleri ne olursa olsun, bütün cisimler aynı hızla düşerler.

Yerçekimi ile süredurum arasındaki bu dikkate değer dengenin doğruluğu kabul edilmiş, fakat Newton'dan üç yüzyıl sonrasına dek anlaşılamamış ve açıklanamamıştı. Bütün çağdaş mekanik ve mühendislik Newton'un kavramlarından gelişti; gök cisimleri de Newton kanunlarına göre işliyor görünüyordu. Bununla birlikte, bütün buluşları dogmaya güvenmemekten doğan Einstein, Newton'un bazı varsayımlarını dengenin sadece doğanın bir rastantısı olacağından şüphe etti. Yerçekiminin büyük uzaklıklarda aynı anda etkili olabileceği düşüncesini kabul etmedi. Yerin etkisinin uzaya kadar işleyip bir cismi kendine doğru çekeceği ve bu çekme gücünün, şaşmaz şekilde, o cismin süredurum direncine eşit olacağı

kavramı Einstein'e hiç de olasılı görünmüyordu. Bu görüşlerine dayanarak Einstein yeni bir yerçekimi kuramı geliştirdi. Deneyler, bu kuramın doğayı Newton'un klâsik kanunundan daha doğru olarak anlattığını göstermiştir.

11

Einstein, yaratıcı düşünüşünün alışılmış biçimlyle, hayalî bir durumla işe başladı. Birçok düşünür uykulu ya da uykusuz anlarında bu durumun ayrıntılarını hayalinde canlandırmış olmalı. Einstein, çok yüksek bir yapı ve yapının içinde bağlarından kopmuş, serbest düşen bir asansör düşündü. İnişlerinin sonunun yıkım olacağından habersiz bir grup fizikçi, asansörün içinde deney yapıyor. Ceplerinden bir dolma kalem, bir maden para ve bir deste anahtar çıkarıp ellerinden bırakıyorlar. Hiçbir şey olmuyor. Kalem, para ve anahtarlar, asansördekilere havada duruyormuş gibi görünüyor. Çünkü bu şeyler, asansör ve insanlarla birlikte, Newton'un Yerçekimi Kanunu'nun bildirdiği hız-

la düşüyorlar. Oysa asansördekiler içinde bulundukları tehlikeli durumu bilmediklerinden, bu garip olayları başka bir varsayımla açıklayabilirler. Anlaşılmaz bir şekilde yerin çekim alanının dışına götürüldüklerine, uzayın boşluğunda bir yerde durup kaldıklarına inanabilirler. Bu inanç için haklı nedenleri de vardır. İçlerinden biri asansörün tabanından sıçrarsa, sıçrayışının hızına orantılı bir hızla tavana doğru kayar. Kalemini ya da anahtarlarını herhangi yöne iterse, bu cisimler asansörün duvarına çarpıncaya dek düzenli olarak giderler. Görünüşte her şey Newton'un Süredurum Kanunu'na uyar, durağanlığına ya da doğru bir çizgi üzerinde düzenli devinimi sürdürür. Asansör bir bakma bir süredurum sistemi olmuştur; içindeki insanların bir çekim alanında mı düştüklerini, yoksa hiçbir dış gücün etkisinde olmadan boş uzayda mı yüzdüklerini anlamaları mümkün değildir.

Sonra Einstein koşulları değiştiriyor. Fizikçiler yine asansördeler, fakat bu kez gerçekten uzayda, herhangi cismin çekme gücünden uzaktalar. Asansörün tavanına bir kablo takılmıştır; doğaüstü bir güç kabloyu içeriye çekmeye başlar ve asansör değişmez bir ivme ile -gittikçe daha hızlanarak- «yukarıya» doğru

çıkar. Asansördeki insanlar yine nerede olduklarını bilmiyorlar ve yine durumlarını anlamak için deneyler yapıyorlar. Bu kez ayaklarının tabana doğru bastırdığını görüyorlar. Sıçrarlarsa tavana doğru kaymıyorlar, çünkü taban onlara doğru çıkıyor. Ellerinden cisimleri bırakırlarsa, bu cisimler «düşüyor» gibi görünüyor. Cisimleri yatay bir yönde iterlerse, cisimler doğru bir çizgi üzerinde düzenli gitmiyorlar, fakat tabana göre parabolik bir eğri çiziyorlar. Böylece, penceresiz asansörlerinin yıldızlararası uzaya doğru tırmandığından habersiz olan bilim adamları, yere sıkıca bağlanmış ve yerçekimi gücünün normal etkisinde kalan durağan bir odanın alışılmış konullarında oldukları sonucuna varıyorlar. Gerçekte onların yerçekimi alanında olduklarını ya da çekim olmayan dış uzayda değişmez bir ivme ile yükseldiklerini anlamaları hiçbir şekilde mümkün değildir.

Odaları, dış uzayda dönen çok büyük bir atlı karıncasın kenarına bağlanmış olsaydı, bilim adamları aynı çıkmazla karşılaşırlardı. Kendilerini atlı karıncanın merkezinden dışarıya çekmeye çalışan anlaşılamaz bir gücü duyarlardı. Dıştaki bilgili bir gözlemci ise bu gücün süredurum (ya da, dönen cisimlerde ad-

landırıldığı gibi, merkezkaç gücü) olduğunu hemen anlardı. Oysa, odanın içinde olup bulundukları garip durumu anlayamayanlar, gücü yine yerçekimine vereceklerdir. Çünkü odanın içi boş ve süslenmemiş ise, nerenin taban ve nerenin tavan olduğunu anlamak için, onları odanın iç çeperlerinden birine doğru çeken güçten başka bir şey yoktur. Böylece, dıştaki gözlemcinin odanın «dış duvarı» dediği, içerdekler için odanın «tabanı» olur. Bir anlık düşünme, boş uzayda «aşağı» ve «yukarı» olmadığını gösterir. Dünya üzerinde «aşağı» dediğimiz yön, yerçekiminin yönünden başka bir şey değildir. Güneşteki bir insana, Avustralyalılar, Afrikalılar ve Arjantinliler, güney yarıküresinde oyaklarından asılmış gibi görünecekti. Aynı şekilde, Amiral Byrd'ın Güney Kutup üzerinden uçuşu geometrik bir tasarımdı; gerçekte o kutbun **altından** baş aşağı uçtu. Atlı karınca üzerindeki odada bulunan insanlar, yaptıkları bütün deneylerin, odaları uzayda «yukarı» doğru çıkarken yaptıkları deneylerle aynı sonuçları verdiğini göreceklerdir. Ayakları «taban» da sıkıca durur. Katı cisimler «düşer». Bu olayları onlar yine yerçekimi gücüne verirler ve bir çekim alanı içinde durduklarına inanırlar.

Einstein, bu hayalî olaylardan, büyük ku-

kamsal önemi olan bir sonuç çıkardı. Bu, fizikçilerce, Yerçekimi ve Süredurum'un Eşdeğerliliği ilkesi diye bilinir. Bu ilke, süredurum güçlerinin (ivme, geri tepme, merkezkaç gücü gibi) meydana getirdiği devimleri birbirinden ayırmanın mümkün olmadığını söyler. Bir havacı için bu ilkenin doğruluğu açıkça bellidir. Çünkü bir uçağın içinde süredurumun etkilerini yerçekimi etkilerinden ayırmak mümkün olmaz. Pike inişinden sonra yukarı çıkmanın verdiği duygu ile yüksek hızda dönüş yapmanın verdiği duygu aynıdır. Her iki durumda da uçucularca «G-yükü» (Yerçekimi yükü) diye bilinen etken görülür; kan baştan çekilir, gövde oturulan yere doğru bastırılır. Kör uçuş yapan bir pilot için, bu etkilerin benzerliği ciddî ve ölüme kadar götürebilen bir sorundur.

Genel Bağıntılık'ın temel taşı olan bu ilke ile Einstein yerçekimi ve «salt» devim sorunlarına cevap buldu. Bu ilke düzensiz devimin ayırıcı ya da «salt» bir yanı olmadığını gösterdi. Çünkü düzensiz devim durumunu gösterebileceği varsayılan etkileri, yerçekimi ektilerinden ayrılamaz. Böylece, atlı karınca durumunda, bir gözlemcinin süredurum ya da merkezkaç gücü -dolayısıyla devimin bir etkisi- olarak gördüğünü, başka bir gözlemci alışılagelen yerçeki-

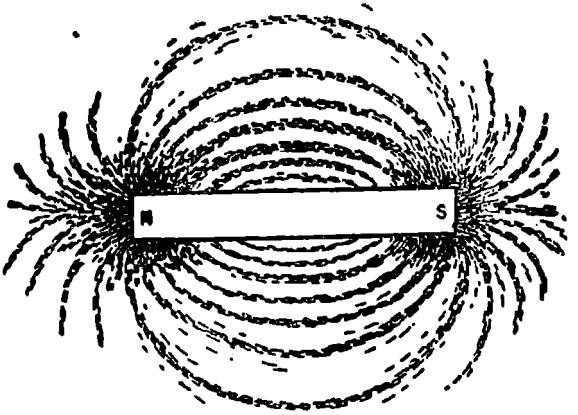
mi olarak gördü. Aynı şekilde, hızın ya da yönün değişmesiyle meydana gelen herhangi bir süredurum etkisi de değişen bir yerçekimi alanına verilebilir. Buna göre Bağıntılık'ın temel önermesi doğrudur: Düzenli ve düzensiz devim ancak bir karşılaştırma istemine göre düşünülebilir, salt devim yoktur.

Einstein'ın salt devim canavarını öldürmekte kullandığı kılıç yerçekimiydi. Fakat yerçekimi nedir? Einstein'ın yerçekimi Newton'unkinden tümüyle ayrıdır. Einstein'ınki bir «güç» değildir. Einstein'a göre, cisimlerin birbirlerini «çekeceği» düşüncesi, doğanın işleyişi konusundaki yanlış kavramlardan doğmuştur. Evrenin büyük bir makine olarak düşünüldüğü sürece, bu makinenin parçalarının birbiri üzerinde etkili güçleri olacağını düşünmek doğaldır. Oysa bilim, gerçeğin derinlerine indikçe, evrenin bir makine gibi olmadığı daha iyi görülmektedir. Böylece Einstein'ın Yerçekimi Kanunu'nda güç yoktur. Bu kanun, bir yerçekimi alanı içinde cisimlerin -örneğin, gazegenlerin- davranışını «çekme» açısından değil, yalnız bu cisimlerin izledikleri yollar açısından tanımlar. Einstein'a göre yerçekimi süredurumun bir parçasıdır; yıldızların ve gezegenlerin devimleri, yapılarında var olan süredurumdan doğar; izle-

dikleri yolları, uzayın, daha doğrusu uzay-zaman sürekliliğinin, ölçülebilen nitelikleri belgiler.

Bu, çok soyut ya da çelişmeli görülebilir, fakat aralarında milyonlarca kilometrelik uzay boşluğu bulunan cisimlerin fiziksel güçlerle birbiri üzerine etkili olabileceği kavramı bir yana itilirse, açıkça belli olur. Bu «uzaktan etki» kavramı Newton zamanından beri bilim adamlarına, özellikle elektrik ve magnetizma olaylarının anlaşılmasında, zorluk çıkarmıştır. Bilim adamları bugün mıknatısın bir demir parçasını anlaşılmayan bir uzaktan etkiyle «çektiğini» söylemiyorlar artık. Onun yerine, magnetik bir cismin çevresinde magnetik alan adını verdikleri bir fiziksel durum yarattığını; bu magnetik alanın demir üzerinde etkili olup, onun önceden kestirilebilecek belli bir biçimde davranmasını sağladığını söylüyorlar. Herhangi bir temel fen dersi öğrencisi, magnetik alanın nasıl bir şey olduğunu bilir, çünkü bir mıknatıs üzerine bir kâğıt parçası tutulup, kâğıt üzerine demir tozları dökülerek magnetik alan görülebilir. Magnetik alan ve elektrik alanı fiziksel gerçeklerdir. James Clark Maxwell'in alan denklemleriyle tanımlanan belli bir yapıları vardır. Geçen yüzyılın elektrik ve radyo mühendis-

liği alanlarındaki buluşlarının hepsine bu denklemler ışık tutmuştur. Magnetik alan da elektromagnetlk alan gibi fiziksel bir gerçektir; yapısı, Albert Einstein'ın alan denklemleriyle tanımlanmıştır.



Çubuk biçiminde bir mıknatısın alanı

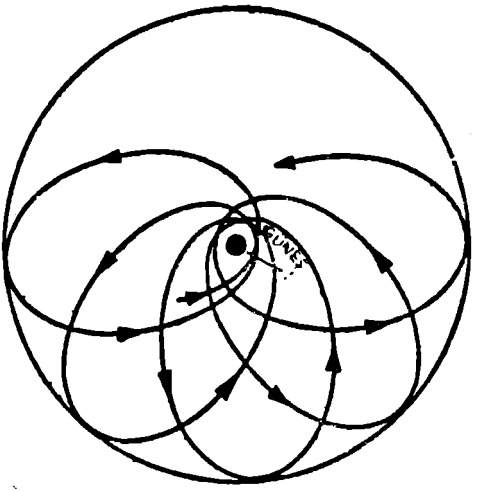
Maxwell ve Faraday'ın bir mıknatısın çevresinde belirli nitelikler yarattığını varsaydığı gibi, Einstein da yıldızların, ayların ve öbür gök cisimlerinin herbirinin, çevresinde bulunan uzayın niteliklerini belgilediği sonucuna vardı. Magnetik alanda bulunan bir demir parçasının

devimi nasıl bu alanın yapısıyla belgilenirse, yerçekimi alanı içinde bulunan bir cismin yolunu da, o alanın geometrisi belgiler. Newton ve Einstein'ın yerçekimi üzerine düşünceleri arasındaki ayrım, bazan, bir kentte boş alanda bilye oynayan bir çocuk örneğiyle gösterilir. Yer düzgün değildir, tümsekler ve çukurlar vardır. Caddeden on kat yüksekteki odada bulunan bir gözlemci, yerin bu engebelerini göremez. Bilyelerin alanın bazı kesimlerinden dönüp öbür kesimlerine gittiğini görerek, bilyeleri bazı yerlerden itip öbür yerlere çeken bir «güç» bulunduğunu varsayabilir. Oysa yerdeki bir gözlemci bilyelerin yolunu belgileyen şeyin, yerin eğimi olduğunu hemen görür. Bu örnekte Newton, bir «güç» olduğunu düşünen yukarıdaki gözlemci, Einstein da böyle bir varsayımı gereksiz bulan yerdeki gözlemcidir. Bu nedenle Einstein'ın yerçekimi kanunları sadece uzay-zaman sürekliliğinin özelliklerini tanımlar. Bu kanunlardan bir bölüğü, özellikle, yerçekimi etkisindeki bir cismin kütlesi ile o cismin çevresinde bulunan alanın yapısı arasındaki bağıntıyı ortaya koyar; bunlara yapı kanunları denir. İkinci bir bölüğü, yerçekimi alanlarında devinen cisimlerin çizdikleri yolları çözümler; bunlar devim kanunlarıdır.

Einstein'ın yerçekimi kuramının yalnızca matematiksel bir şema olduğu düşünülmemelidir. Bu kuram derin kozmik önemi olan varsayımlara dayanır. Bu varsayımlardan en dikkate değeri, evrenin, bağımsız maddenin bağımsız uzay ve zamanda yerleştiği katı ve değişmez bir yapı değil; tersine, sürekli değişiklik ve biçim bozulmasının etkisinde, kesin bir yapısı olmayan, plâstik ve değişken, biçimsiz bir süreklilik olduğudur. Madde ve devimin olduğu her yerde süreklilik bozulur. Denizde yüzen balığın çevresindeki suyu çalkalandırdığı gibi; bir yıldız, kuyruklu yıldız ya da bir galaksi de içinde devindiği uzay-zamanın geometrisini bozar.

Einstein'ın yerçekimi kanunları arstronom sorunlarına uygulandığında, Newton'un vardığı sonuçlara çok yakın sonuçlar verir. Sonuçlar bütün durumlarda birbirine paralel olsaydı, bilim adamları daha alışılmış olan Newton kanunlarının kavramlarını alıkoyar, Einstein'ın kuramını yeni, fakat garip bir düzme olarak defterden silerdi. Oysa hiç görülmedik birtakım yeni olaylar bulunmuş ve hiç değilse eski bir bilmece Genel Bağıntılık esasına göre çözümlenmiştir. Bu eski bilmece Merkür gezegeninin anlaşılamayan davranışından doğuyordu. Mer-

kür eliptik yörüngesinde öbür gezegenlerin düzenlliği ile dönmez, her yıl küçük fakat anlaşılamayan blr ölçüde yörüngesinden sapar. Astronomi bilginleri bu düzensizliğin her türlü olasılı nedenini araştırmışlar, fakat Newton kuramı çerçevesi içinde hiç bir çözüm bulamamışlardı. Einstein kendi yerçekimi kanunlarını geliştirmeden sorun çözümlenemedi. Gezegenler orasında güneşe en yakın olanı Merkür'dür.



Merkür'ün eliptik yörüngesinin dönüşü; açı büyültülmüştür. Gerçekte elips her yüzyılda ancak 43″ ilerler.

Merkür küçüktür ve büyük bir hızla döner. Newton kanunlarına göre bu etkenler sapmayı açıklayamaz; Merkür deviminin öbür gezegenlerinkiyle aynı olması gerekir. Einstein kanunlarına göre ise, güneşin yerçekimi alanının şiddeti ve Merkür'ün büyük hızı bir değişiklik yapar; Merkür'ün yörünge elipsinin güneş çevresinde 3.000.000 yılda bir dönüş yapacak hızda dolanmasına yol açar. Bu hesap, gezegenin yörüngesinin gerçek ölçülerine tümüyle uyar. Böylece, büyük hızlar ve güçlü çekim alanları konusunda Einstein'ın matematiği Newton'unkinden daha doğru sonuçlar verir.

Bununla birlikte, eski bir sorunun çözümlenmesinden çok daha önemli olan başarı, Einstein'ın, hiç bir bilim adamının düşünemediği kozmik bir olayı, yerçekiminin ışık üzerine etkisi olayını, önceden kestirmesidir.

12

Einstein'ın bu etkiyi önceden kestirmesine yol açan düşünce dizisi başka bir hayalî durumla başladı. Önceki gibi, durum, herhangi bir çekim alanından uzak, değişmez bir ivme ile boş uzaya doğru çıkan bir asansörde başlıyor. Bu kez, yıldızlar arasında dolaşan bir atıcı, asansöre ateş edip bir mermi gönderiyor. Mermi asansörün duvarını deliyor, içinden geçiyor ve birinci duvarı deldiği noktanın biraz altından öbür duvarı delip çıkıyor. Dışarıda bulunan atıcı için bunun nedeni bellidir. O, merminin, Newton'un Süredurum Kanunu'na uyarak, düzgün bir çizgi üzerinde gittiğini biliyor. Fakat mermi, asansörün iki duvarı arasındaki uzaklığı geçerken, asansör «yukarı» doğ-

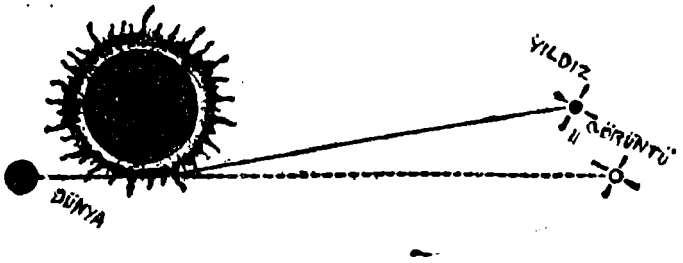
ru belli bir yol aldı; bu, ikinci mermi deliğinin birincinin tam karşısında değil, biraz aşağısında görünmesine yol açtı. Oysa, asansörün içindeki gözlemciler, evrende nerede bulunduklarını bilmediklerinden, durumu başka şekilde açıklıyorlar. Dünya üzerinde herhangi merminin yere doğru parabolik bir eğri çizdiğini bildiklerinden, bir yerçekimi alanı içinde duruyor olduklarını ve asansörden geçen merminin tabana göre çok normal bir eğri çizdiği sonucuna varıyorlar.

Bir an sonra, asansör uzaya doğru çıkmaya devam ederken, duvardaki delikten bir ışık düşer. Işığın hızı çok büyük olduğundan, bir duvardan giren ışık karşı duvara kadar olan uzaklığı saniyenin çok küçük bir bölümünde geçer. Bununla birlikte bu zaman süresinde asansör yukarı doğru belirli bir yol alır. Böylece ışık karşı duvarda, birinci duvardan girdiği noktanın biraz altına düşer. Asansördeki gözlemcilerin elinde yeterli duyarlıkta ölçü araçları varsa ışının eğimini ölçebilirler. Fakat sorun, onların bu olayı nasıl açıklayacaklarıdır. Henüz asansörün deviminden habersizdirler ve bir yerçekimi alanı içinde durduklarını sanırlar. Newton ilkelerine bağlı kalırlarsa büsbütün şaşırırlar, çünkü ışınların düz bir çizgi üzerinde

gittiğinde direneceklerdir. Oysa, Özel Bağıntılık'ı biliyorlarsa, $m=E/c^2$ denklemine göre enerjinin kütlesi olduğunu hatırlarlar. Işık bir enerji biçimi olduğundan, ışığın kütlesi olduğu ve yerçekimi alanı etkisinde kalacağı sonucuna varırlar. Asansördeki, ışığın eğimi de bunun sonucudur.

Tümüyle kuramsal olan bu düşüncelerden Einstein, büyük bir cismin çekim alanından geçerken ışığın, herhangi bir cisim gibi, bir eğri çizdiği sonucuna vardı. Bir yıldız ışığının güneşin çekim alanı içinde çizdiği yolu gözleyerek bu kuramının denenebileceğini öne sürdü. Yıldızlar gündüzün görünmediğinden, güneşin ve yıldızların gökte birlikte görülebileceği yalnız bir durum vardır, o da güneş tutulmasıdır. Bu nedenle Einstein, bir tutulma sırasında güneşin karanlık yüzünü çevreleyen yıldızların fotoğraflarının çekilmesini ve aynı yıldızların başka zamanlarda çekilmiş foftoğraflarıyla karşılaştırılmasını önerdi. Einstein'ın kuramına göre, güneşi çevreleyen yıldızların ışığı güneşin çekim alanından geçerken içe, güneşe doğru, eğilmesi gerekir. Böylece dünyadaki gözlemcilere bu yıldızların her zamanki görüntülerinin verleri değişmiş görünür. Einstein görülecek sapmayı hesapladı ve güneşe en yakın yıldız-

lar için bunun 1,75 saniyelik bir açı olacağını önceden kestirdi. Einsteln'ın bütün Genel Bağıntılık Kuramı bu deneye dayandığından, bütün dünyadaki bilim adamları 29 mayıs 1919 güneş tutulmasının fotoğraflarını çekmek için ekvator bölgelerine giden toplulukların buluşlarını heyecanla bekledi. Resimler bitirilip incelendiği zaman, güneşin çekim alanı içindeki yıldız ışıklarının kırılmasının ortalama 1,64 saniye olduğu görüldü. Bu sayı Einstein'ın önceden kestirdiği sayıya ölçme araçlarının elverdiği ölçüde uyuyor.



Güneşin çekim alanı içinde yıldız ışığının sapması. Güneşin çevresinde bulunan bir yıldızın ışığı, güneşin çekim alanından geçerken içe, güneşe doğru eğildiğinden, dünyadaki gözlemcilere yıldızın görüntüsü güneşten uzaklaşmış gibi görünür.

Einstein'ın Genel Bağıntılık'a dayanarak yaptığı başka bir kestirme, zaman konusundadır. Bir çekim alanının uzayın niteliklerine nasıl etki ettiğini gösterdikten sonra Einstein, benzer fakat daha karmaşık bir uslamlama ile, zaman aralıklarının da yerçekimi alanı ile değiştiği sonucuna vardı. Güneşe götürülen bir saatin, dünyada olduğundan biraz daha yavaş işlemesi gerekir. Bir güneş atomunun yaydığı ışık da, dünyada bulunan aynı yapıdaki bir atomunkinden daha düşük frekanslı olacaktır. Bu durumda dalga uzunlukları arasındaki ayrılık ölçülemeyecek kadar küçük olur. Fakat evrende güneşinkinden daha güçlü çekim alanları var. «Sirius'un eşi» diye bilinen beyaz bir cüce yıldızın çevresinde böyle bir alan vardır. «Sirius'un eşi» öyle inanılmayacak bir maddeden oluşmuştur ki, onun 16 cm^3 lük bir parçası dünyada bir ton gelirdi. Kütlesinin büyüklüğünden ötürü dünyanın ancak üç katı büyüklüğünde olan bu olağanüstü cücenin çekim alanı, kendisinden yetmiş kat büyük olan Sirius'un devimini karıştıracak ve kendi radyasyonunun frekansını ölçülebilecek derecede yavaşlatabilecek güçtedir. Spektroskopla yapılan gözlemler, Sirius'un eşinin yaydığı ışığın frekansının, tam Einstein'ın önceden kestirdiği ölçü-

de azaldığını tanıtlamıştır. Bu yıldızın spektrumunun dalga uzunluğundaki değişiklik astronomi bilginlerince «Einstein etkisi» diye bilinir ve Genel Bağıntılık için yeni bir kanıt sağlar.

13

Buraya kadar, Genel Görelilik kavramları, tek yerçekimi alanının durumları ile ilgiliydi. Oysa evren sayısız cisimlerle doludur - meteorlar, aylar, kuyruklu yıldızlar, nebulalar, çekim alanlarının birbirine girmiş geometrisiyle kümeleşen milyarlarca ve milyarlarca yıldızlar, bulutlar, galaksiler ve galaksi üstü sistemler. Doğal olarak insan, bu cisimlerin içinde yüzdüğü uzay-zaman sürekliliğinin genel geometrisi nedir, diye soruyor. Kabaca söylenirse, evrenin biçimi ve büyüklüğü nedir? Çağımızda bu soruya verilen bütün cevaplar doğrudan ya da dalaylı olarak Genel Görelilik ilkelerinden alınmıştır.

Einstein'dan önce evren, genellikle, son-

suz bir uzay denizinde yüzen bir madde adası olarak düşünülürdü. Bu kavram için birçok nedenler vardı. Çoğu bilim adamları evrenin sonsuz olması gerektiğinde görüş birliğindeydiler. Çünkü uzayın bir noktada biteceğini düşündükleri zaman, «O noktadan sonra ne var?» gibi sıkıcı bir soruyla karşılaşıyorlardı. Oysa Newton kanunu, maddenin düzenli olarak dağıldığı sınırsız bir evreni yasaklıyordu; çünkü o durumda, sonsuza dek uzanan madde kütlelerinin toplam çekim gücü sonsuz olacaktı. Bundan başka, insanın güçsüz gözüne, Samanyolu'nun ötesinde uzay ışıkları gittikçe seyrekleşiyor, dipsiz boşluğun uzak sınırlarında tektük dağılmış deniz fenerleri gibi görünüyordu. Fakat ada evreni de ortaya zorluklar çıkarıyordu. Böyle bir evrenin tuttuğu madde miktarı uzayın sonsuzluğuna oranla o kadar küçük olurdu ki, galaksilerin devimini yöneten dinamik kanunları bu maddeyi bulut damlacıkları gibi dağıtır, evren bomboş kalırdı.

Bu erime ve yitme görüşü Einstein'a çok yetersiz geldi. Einstein asıl zorluğun, insanın, evrenin geometrisinin dünyada ve kendi duyu organları ile algıladığı gibi olduğu yönündeki doğal fakat temelsiz varsayımından geldiğine karar verdi. Örneğin, iki paralel ışığın uzayda

hiç kesişmeden gideceğini güvenle varsayarız. Çünkü Öklid geometrisinin sonsuz düzleminde paralel çizgiler kesişmez. Aynı zamanda, tenis alanında olduğu gibi dış uzayda da, bir doğrunun iki nokta arasındaki en küçük uzaklık olduğuna güvenle bakarız. Oysa, Öklid bir doğrunun iki nokta arasındaki en küçük uzaklık olduğunu hiç **tanıtlamadı;** o ancak doğruyu iki nokta arasındaki en küçük uzaklık diye **tanımladı.**

İnsan, evreni Öklid geometrisi çerçevesinde görmekle, sınırlı algıları ile aldanıyor olamaz mı? diye sordu Einstein. Bir zamanlar insanoğlu yerin düz olduğunu düşünürdü. Bugün dünyanın yuvarlaklığını kabul ediyor ve dünya üzerinde New York ve Londra gibi iki nokta arasındaki en kısa yolun Atlantik üzerinden geçen düz bir yol değil, kuzeyden Nova Scotia, Newfoundland ve İslanda'dan geçen bir "büyük çember" olduğunu biliyor. Yeryüzü söz konusu olduğunda Öklid geometrisi geçerli değildir. Yeryüzünde, Ekvator'daki iki noktadan Kuzey Kutbu'na çizilen dev bir üçgen, bir üçgenin iç açıları toplamı iki dik açıya, ya da 180 dereceye, eşittir diyen Öklid teoremine uymaz. Yer yuvarlağına bakınca anlaşılacağı gibi, böyle bir üçgenin iç açıları toplamı 180 dereceden

çoktur. Yeryüzünde dev bir çember çizilirse, yarıçapı ile çevresi arasındaki orantının klâsik değer pi den küçük olduğu görülür. Öklid ilkelerinden ayrılan bu durumlar yerin yuvarlaklığından doğar. Bugün hiç kimse yerin yuvarlaklığından şüphe etmez, fakat insanoğlu bu gerçeği dünyadan ayrılıp ona uzaktan bakarak bulmamıştır. Yerin yuvarlaklığı, dünyada dururken de, kolayca gözlemlenen olayların uygun matematiksel açıklaması ile rahatça anlaşılabilir. Aynı şekilde Einstein, astronomik gerçekleri



ve sonuçları birleştirerek, evrenin çoğu bilim adamının düşündüğü gibi sonsuz, ya da Öklid'in gördüğü gibi değil, bugüne dek tasarımlanmamış bir şey olduğu sonucuna vardı.

Öklid geometrisinin bir çekim alanı içinde geçerli olmadığı daha önce gösterildi. Güneş ışınları çekim alanı içinden geçerken düz bir çizgi üzerinde gitmezler. Çünkü çekim alanı geometrisi, içinde doğru bulunmayan bir geometridir. Işığın çizebileceği en kısa yol bir eğri, ya da alınan geometrik yapısı ile belgilenen büyük bir çemberdir. Bir çekim alanının yapısını, düşen cismin -yıldız, ay ya da gezegen- kütlesi ve hızı belgilediğine göre, bir bütün olarak evrenin geometrik yapısına biçim veren de evrende bulunan maddelerin toplamı olmalıdır. Evrendeki her madde toplanmasına karşılık uzay-zaman sürekliliğinde bir biçim bozulması vardır. Her gök cismi, her galaksi uzay-zamanda bölgesel bozukluklar meydana getirir; denizdeki adaların çevresinde görülen çalkantılar gibi. Madde toplanması ne kadar yoğun olursa, bunun sonucu olan uzay-zaman eğrisi o kadar büyük olur. Sonuç, tüm uzay-zaman sürekliliğin bir bütün eğri olmasıdır: Evrendeki hesaplanamaz madde kütlelerinin meydana getirdiği biçim bozukluklarının yerleşmesi, sürek-

liliğin büyük bir kozmik eğri halinde kendi üzerine katlanmasına yol açar.

Bu nedenle Einstein evreni Öklid'inkinden ayrıdır ve sonsuz değildir. "Doğru" ileri sürünen bir solucana yerin düz ve sonsuz görüneceği gibi, yerdeki bir insana da bir ışın düz çizgi üzerinde sonsuza gidiyormuş gibi görünebilir. Yerin Öklid'in gördüğü biçimde olduğu kavramı, solucanın yer konusunda izlenimi gibi, insan duyularının yetersizliğinden gelir. Einstein evreninde doğru yoktur, yalnız büyük çemberler vardır. Uzay sonsuz değil fakat sınırsızdır. Matematikçi, uzayın geometrik özelliğini bir küre yüzeyinin dört boyutlu benzerlyle anlatır. Sir James Jeans'in daha somut anlatımı ile:

"Basit ve bilinen şeyler arasında, üzerinde kıvrımlar bulunan bir sabun köpüğü kabarcığı, Görelllık Kuramı'nın ortaya çıkardığı yeni evreni en iyi şeklde gösterebilir. Evren bu kabarcığın içi değil, yüzüdür. Kabarcığın yüzünün yalnız iki boyutu varken, evrenin dört boyutu -üç uzay boyutu bir zaman- olduğunu da unutmamalıyız. Evrenin yapıldığı ince sabun tabakası ise boş zaman içine yoğrulmuş boş uzaydır."

Çağdaş bilimin çoğu kavramları -örneğin,

foton ve elektron- gibi, küre biçimli bir evren de, gözde canlandırılamaz. Fakat, foton ve elektronda olduğu gibi, özellikleri matematiksel olarak tanımlanabilir. Çağdaş astronominin en kullanışlı değerlerini alıp, bunları Einstein'ın alan denklemlerine uygulayarak, evrenin **büyüklüğünü** hesaplamak mümkündür. Einstein'ın gösterdiği gibi, uzayın geometrisini ve eğrisini içinde bulunduran maddeler belgilediğine göre, evren-bilimsel sorun ancak evrendeki ortalama madde yoğunluğu konusunda bir sayı elde etmekle çözümlenebillr.

Elimizde böyle bir sayı var. Mt. Wilson Gözlemevi'nden Edwin Hubble göğün örnek bölümlerini yıllar boyunca incelikle çalıştı ve buralarda bulunan ortalama madde miktarını inceden inceye hesapladı. Bütün evrende, her cm^3 uzayda, 0,000000000000000000000000001 gram madde bulunduğu sonucuna vardı. Einstein'ın alan denklemlerine uygulandığında, bu sayı evrenin eğrisi için pozitif bir değer veriyor; buradan da evrenin yarıçapının 35 milyar ışık yılı, ya da 336.000.000.000.000.000. 000.000 klm. olduğu çıkıyor. Einstein'ın evreni sonsuz değildir; fakat herbiri yüz milyonlarca ateş halinde yıldızı ve hesaplanamayacak ölçüde seyrek gaz, soğuk demir, taş ve kozmik toz sis-

temlerini tutan milyarlarca galaksiyi içine alacak büyüklüktedir. Bu evrende, saniyede 297.600 klm. hızla uzayda yola çıkan bir güneş ışını büyük bir kozmik çember çizecek ve 200 milyar yer yılından biraz sonra kaynağına dönecektir.

14

Bununla birlikte Einstein, kendi evrenbilimini geliştirirken, yıllarca sonra açıklanan garip bir astronomik olayı bilmiyordu. Gaz moleküllerinin amaçsız akıntısı gibi, yıldızların ve galaksilerin deyimlerinin de rasgele olduğunu varsayıyordu. Bu devimlerde görünüşte hiçbir birlik olmadığından Einstein onları bir yana itti ve evreni durgun saydı. Oysa astronomi bilginleri teleskop görüş alanının uzaklıklarındaki dış galaksiler arasında düzenli devim belirtileri görmeye başlıyorlardı. Belli ki bütün bu uzak galaksiler, ya da "ada evrenleri", güneş sistemimizden ve birbirlerinden uzaklaşıyorlar. En ötedekileri 500 milyon ışık yılı kadar uzaklıkta olan dış galaksilerin bu düzenli uçuşu, daha yakındaki çekim sistemlerinin dönüşünden tümüyle ayrı bir durumdur. Böyle düzenli bir de-

vim, bir bütün olarak evrenin eğrisine etki ederdi.

Bu nedenle, evren durgun değildir. Bir sabun köpüğü kabarcığının ya da balonun açılışına benzer bir biçimde açılmaktadır. Bununla birlikte bu benzetme tümüyle doğru değildir. Çünkü evreni benekli bir balon gibi düşünürsek -ve benekler maddeyi gösterirse- bu beneklerin de açılıp genişlemesi beklenir. Oysa durum böyle değil, çünkü o durumda genişlemeyi biz sezemezdik; Hârikalar Ülkesi'nde Alis'in çevresi de onunla birlikte büyüyüp küçülse, Alis'in kendi boyundaki apansız değişiklikleri anlayamayacağı gibi. Bu nedenle, Kaliforniya Teknoliji Enstitüsü'nden evrenbilimci H. P. Robertson'un belirttiği gibi, evreni benekli bir balon olarak gözümüzde canlandırdığımızda, benekleri yüze dikilmiş genişlemeyen benekler saymalıyız. Uzay, balonun benekler arasındaki bölgesi gibi genişlerken, cisimler boyutlarını korurlar.

Bu olağanüstü olay evrenbilimi çok karmaşık hale getirdi. Dış galaksilerin açılmasını gösteren spektroskobik çözümleme doğru ise (çoğu astronomi bilginleri bunun doğruluğuna inanmaktadır), bunların gidiş hızları inanılmayacak derecededir. Uzaklığa göre hızın

yılı kadar olan yakın galaksiler, ancak saniyede 160 klm hızla yol alırken, 250 milyon ışık yılı kadar olan yakın galaksiler, 250 milyon ışık yılı uzaktakiler saniyede 40.000 klm. gibi ışık hızının yedide birine yakın bir hızla bizden öte doğru uçuyorlar. Ayrıcasız, bütün bu uzak galaksiler bizden ve birbirlerinden öteye gittiklerine göre, kozmik zamanın bir çağında hepsinin ateşli bir başlangıç kütlesi halinde toplu oldukları sonucuna varmak gerekir. Uzayın geometrisine biçim veren de içindeki madde ise, bu galaksi öncesi çağında evren, aşırı bir eğrisi ve tasarımlanamaz yoğunluğu olan sıkışık bir kap durumunda olmalı. Uzaklaşan galaksilerin hızlarına göre yapılan hesaplamalar, galaksilerin bu büzülmüş evrenin «merkezinden» beş milyar yıl önce koptuklarını ve uçmaya başladıklarını gösteriyor.

Genişleyen evren bilmecesini açıklamak için astronomi bilginleri ve evrenbilimciler birçok kuramlar ortaya attılar. Belçikalı evrenbilimci Abbé Lemaître'in öne sürdüğü kuram, evrenin ilk ve büyük bir atomla başladığı, bu atomun patlayarak bugün bile gördüğümüz açılmayı başlattığı yöndedir. George Washington Üniversitesi'nden Dr. George Gamow'un tanıttığı benzer bir kuram, evren genişlemeye baş-

lamadan önce yoğun ateşli özde elementlerin nasıl meydana gelmiş olabileceğini ayrıntıları ile yeniden kuruyor. Başlangıçta, diyor Dr. Gamow, evrenin çekirdeği, bugün yıldızların içinde bile bulunmayan tasarımlanamaz sıcaklıklarda kaynayan bir tip ilk buhar halindeydi. (Orta bir yıldız olan güneşin ısısı yüzeyde 5500 santigrad dereceden, içte 40.000.000 dereceye kadar değişir.) Bu ısıda hiç bir element, molekül ve atom yoktu; yalnız karışıklık içinde nötronlar ve öbür atomdan küçük parçalar başlayınca, ısı düşmeye başladı. Isı bir milyar derece dolaylarına düşünce, nötron ve protonlar toplu olarak yoğunlaştılar. Elektronlar yayıldı ve çekirdeklere bağlandılar, atomlar meydana geldi. Böylece evrendeki bütün elementler kozmik doğuşun dönüm noktasına raslayan anlarda meydana geldi ve bunu izleyen beş milyar yıllık sürekli açılma içindeki görevleri belirtildi.

Birkaç yıl önce, Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü'nden Dr. R. C. Tolman'ın ortaya attığı bir açılan evren kuramı, kozmik genişlemenin geçici bir durum olabileceğini ve gelecekte bunu bir daralma çağının izleyebileceğini öne sürüyor. Bu görüşe göre evren yürek gibi çarpan bir balondur, açılma ve daralma devirleri

zamanın sonsuzluğunda birbirlerini izlerler. Bu devirleri yöneten, evrendeki madde miktarındaki değişikliklerdir. Çünkü, Einstein'ın gösterdiği gibi, evrenin eğrisi, içinde bulunan maddeye bağlıdır. Bu kuramın zorluğu, evrenin bir yerinde maddenin yapılmakta olduğu varsayımına dayanmasındadır. Evrendeki madde miktarının sürekli olarak değiştiği doğru ise de, değişikliğin başlıca bir yönde çözülmeye doğru olduğu görülmektedir. Görülen ve görülmeyen, atomun içindeki ve uzaydaki bütün doğa olayları, evrenin madde ve enerjisinin doymaz bir boşluktaki buhar gibi dağıldığını gösteriyor. Güneş yavaş fakat belirli bir şekilde ölüyor, yıldızlar ölmek üzere olan közlerdir; evrenin her yerinde ısı soğuğa dönüşüyor, madde radyasyona çözümleniyor, enerji boş uzaya dağılıyor.

Böylece evren bir «ısı-ölüm»e, ya da teknik yönden tanımlandığı gibi, «işe çevrilemeyen maksimum enerji»ye doğru gidiyor. Bundan birkaç milyar yıl sonra evren bu duruma geldiği zaman tüm doğa eylemleri duracak. Bütün uzay aynı sıcaklıkta olacak. Hiç bir enerji kullanılamayacak, çünkü bütün enerji kozmozda eşit olarak yayılacak. Hiç bir ışık, canlılık ve ısı olmayacak, yalnız sürekli ve önüne

geçilemez bir durgunluk olacak. Zaman sona erecek. Çünkü işe çevrilemeyen enerji, zamanın yönünü gösterir ve rasgele olmanın ölçüsüdür. Evrendeki bütün düzen yok olduğunda, rasgelelik en yüksek düzeyine geldiğinde ve işe çevrilemeyen enerji artamadığında, sebep ve sonuç sırası kalmadığında; kısaca, evren durduğunda, zamanın yönü olmayacak -zaman olmayacak. Bu sonu önlemek mümkün değil. Çünkü bilimin ilerleyişinden sonra sağlam kalan ve klâsik fiziğin temel direği olarak ayakta duran, Termodinamiğin İkinci Kanunu diye bilinen ilke, doğanın temel eylemlerinin dönüşsüz olduğunu bildirir. Doğa yalnız bir yönde işler.

Bununla birlikte, insanoğlunun zayıf bilgi alanı ötesinde bir yerde, evrenin kendi kendini yeniden yapıyor olabileceğini öne süren birkaç çağdaş kuramcı var. Einstein'ın madde ve enerjinin eşdeğerlilliği ilkesinin ışığı altında, uzayda yayılmış olan radyasyonun yeniden proton, nötron ve elektron gibi madde parçacıkları halinde donduğunu tasarımlamak mümkün. Bunlar daha büyük birimler meydana getirmek için birleşebilir, daha sonra da kendi çekimlerinin etkisiyle nebula, yıldızlar ve en sonunda galaksi sistemleri halinde toplanabilirler. Ger-

çekte lâboratuvar deneyleri, gamma ışınları gibi yüksek-enerjil radyasyonu fotonlarının, belirli koşullar altında, elektron ve pozitron çiftleri meydana getirmek için maddeyle birbirlerine karşılıklı etki edebildiklerini göstermiştir. Yakın zamanda astronomi bilginleri, -hidrojen, helyum, oksijen, azot ve karbon gibi- zamanla moleküller ve mikroskobik toz ve gaz halinde birleşebileceğini de bilgilediler. Daha yakın zamanda, Harvard'dan Dr. Fred L. Whipple, 1948 de yayınlanan «Toz Bulutu Varsayımı»nda, yıldızlar arası uzayda yüzen, kütle bakımından evrende görülebilen maddeye eşit, seyrek kozmik tozun milyar yıl süresinde nasıl yoğunlaşıp yıldızlar halinde koyulaşabileceğini açıkladı. Whipple'a göre, çapları ancak santimetrenin yirmi binde biri kadar olan bu toz parçacıkları, yıldız ışığının küçük basıncı ile bir araya itilir; bir kuyruklu yıldızın ince kuyruğunun güneş fotonlarının etkisiyle güneşten öte saptığı gibi. Parçacıklar bir araya geldikçe, önce bir topluluk, sonra küçük bulut, daha sonra da bulut meydana gelir. Bulut dev boyutlara erişince (çapı on trilyon kilometreyi geçince), kütlesi ve yoğunluğu yeni bir fiziksel olaylar dizisini başlatmağa yeterli olur. Yerçekimi, bulutu şıkıştırır; sıkışma iç basıncı ve

ısıyı arttırır. En sonunda, çöküntünün beyaz-sıcak evresinde, bir yıldız gibi ısı ve ışık yaymağa başlar. Kuram, güneş sistemimizin de, özel koşullarda, böyle bir eylemle gelişmiş olabileceğini gösteriyor. Bu durumda güneş, sözü edilen yıldız; gezegenler ise ana bulut içinde dolaşan küçük bulutlardan yoğunlaşan yan sonuçlardır.

Bunun gibi olayları varsaymakla, oluşma ve bozulma, aydınlık ve karanlık, düzen ve düzensizlik, sıcak ve soğuk, genişleme ve daralma evrelerini yenileyerek varlığını sürdüren bir evren kavramına varılabilir. Fakat bu görüş henüz geniş çapta benimsenmemiştir. Çünkü onu destekleyecek kesin tanıt bulunmamıştır. Yıldızlar arası uzayın derinliklerinde asılı duran her büyüklükte ve yoğunlukta toz bulutları görülebilirse de, insanoğlunun geçici bakışına dayanarak bunların yıldızların temel maddesi olduğu söylenemez; herhangi bir gün, yerin mavi atmosferinde dolaşan beyaz bir kümülüs bulutunun, yarının yağmur fırtınası mı, yoksa rüzgârın şimdi toplayıp şimdi dağıtacağı bir sis görüntüsü mü olduğunun kesinlikle söylenemeyeceği gibi. Ayrıca, güneş sistemimizin, tek tek yıldızların ya da içinde bulunduğumuz doğa sisteminin herhangi bir parçasının oluşu-

mu konusundaki tahminlerden başka, evrenin henüz oluşum halinde olabileceği yönündeki her görüşte kuramsal ve deneysel zorluklar vardır. Cansız doğada hiçbir şeyin yaratıcı eylem olduğu şaşmazlıkla söylenemez. Örneğin, bir zamanlar, dış uzaydan sürekli olarak yeri döven anlaşılamayan kozmik ışınların, bir atomik yaratılışın yan sonucu olduğu düşünülürdü. Oysa bu ışınların, atomik bozulmanın yan sonucu olduğu karşıt görüş için daha çok dayanak var. Gerçekte, doğada görülen ya da kuramsal yollarla varlığı belirlenen her şey, evrenin önüne geçilmez biçimde karanlığa ve bozulup son bulmaya doğru gittiği görüşünü öne sürüyor.

Bu görüşün gerekli kıldığı önemli bir felsefî sonuç var. Evren azalıyorsa ve doğa eylemleri yalnız bir yönde gidiyorsa, kaçınılmaz sonuç, her şeyin bir başlangıcı olduğudur: Bir zaman ve bir yerde kozmik eylemler başlamış, yıldızlar ateşlenmiş ve büyük evren gösterisi ortaya çıkmıştır. Bundan başka, bilimsel bilginin iç ve dış sınırlarında bulunan ipuçları, Yaratılış için kesin bir zaman olduğu yönündedir. Uranyumun çekirdek enerjisini yayma hızı ve uranyum oluşumuna giden herhangi bir doğal işlemin olmayışı, yeryüzündeki bütün uranyumun belli bir zamanda ortaya çıkmış olması

gerektiğini gösteriyor. Yer fizikçilerinin en iyi hesaplamalarına göre, bu dört ile beş milyar yıl önceydi. Yıldızların içindeki termonükleer oluşumların maddeyi radyasyona çevirme hızı, astronomi bilginlerinin yıldız hayatı süresini oldukça güvenle hesaplamalarını sağlar. Bugün gök kubbede görülen çoğu yıldızların olasılı ortalama yaşı olarak elde ettikleri sayı beş milyardır. Böylece, yer fizikçileri ve astrofizikçilerin hesapları ile, hesaplamalarını uzaklaşan galaksilerin görünüşteki hızına dayandırıp, evrenin beş milyar yıl önce açılmaya başladığını bulan evren doğuşunu çalışanlarınki şaşırtıcı derecede birbirine uymaktadır. Bilimin öbür olanlarında aynı sonucu veren başka belirtiler var. Böylece, evrenin en sonunda yok olacağını gösteren bütün kanıtlar, aynı kesinlikle zaman içinde belirli bir başlangıcı da gösterir. İçinde bulunan güneşin, yerin ve kırmızı dev yıldızların yeni sayılacağı, yürek gibi atan ölmez bir evren düşüncesi kabul edilse bile, başlangıç sorunu ortada kalıyor. Bu düşünce, Yaratılış zamanını ancak sonsuz geçmişe iter. Çünkü kuramcılar; galaksiler, yıldızlar, yıldız tozu, atomlar ve atom parçalarının yapıları konusunda eksiksiz matematiksel açıklamalar getirirlerse de, her kuram **bir şeyin** -serbest nöt-

ronlar, enerji kuvantları, boş anlaşılmaz «dünya maddesi», ya da bütün çeşitliliğiyle, evrenin yapıldığı kozmik varlık gibi- önceden var-olduğu yönünde bir önsel varsayıma dayanır.

15

Evrenbilimciler çoğunlukla evrenin doğuşu sorusunda sessiz dururlar; bu sorunu felsefecilere ve tanrıbilimcilere bırakırlar. Bununla birlikte, çağdaş bilim adamları arasında fizik gerçeklerin altında yatan gizliliklere sırtını dönenler yalnız en katkısız deneycilerdir. Bilim felsefesi maddecidir diye eleştirilen Einstein bir kez şöyle dedi :

«Yaşayabildiğimiz en güzel ve en derin duygu, gizemi duymaktır. Bütün gerçek bilimin ekincisi budur. Bu duyguya yabancı olan, merak edip hayranlıkla dolmayan bir insan ölüden farksızdır. Derinliğine inemediğimiz şeyin gerçekte varolduğunu, kendini en yüce bilgelik ve ışıklı güzellik olarak ortaya koyduğunu ve bizim yetersiz zihinsel yeteneklerimizin onun

ancak en ilkel biçimlerini anlayabileceğini bilmek, bu bilgi, bu duygu, gerçek dindarlığın temelindedir.»

Başka bir zaman, «Bilimsel araştırmanın en güçlü ve en soylu kaynağı, kozmik din duygusudur,» dedi. Evrenin gizlilikleri, büyük güçleri, doğuşu, akla uygunluğu ve uyumundan söz ederken bilim adamlarının çoğu Tanrı sözcüğünü kullanmaktan kaçınırlar. Oysa Tanrıya inanmadığı söylenmiş olan Einstein'in böyle yasakları yoktur. «Benim dinim, kendini güçsüz zihinlerimizle anlayabildiğimiz küçük ayrıntılarda gösteren sonsuz ve üstün ruha alçakgönüllü hayranlık duymaktır. Anlaşılamayan evrende görülen üstün bir uslamlama gücünün varlığına olan derin duygusal inanç, benim Tanrı düşüncemdir» diyor Einstein.

Bilim söz konusu olduğunda, bugün fiziksel gerçeklerin daha derinliğine inmeyi vaadeden iki yol var. Bunlardan birisi, Kaliforniya'da Palomar Dağı'ndaki yeni büyük teleskoptur. Bu teleskop, insan görüş alanını, uzay ve zamanın, bir kuşak önce astronomi bilginlerinin hayal edebildiğinden çok daha derinlerine götürüyor. Yakın zamanlara dek teleskop görüş menzili, 500 milyon ışık yılı ötedeki sönük galaksilerde son buluyordu. Oysa Palomar'ın

iki yüz inçlik reflektörü bu menzili iki katına çıkarıyor, insanın daha ötelere bakmasını mümkün kılıyor. Bu reflektör şimdiden yeni homogen uzay okyanusları ve eski ışınları milyarlarca yıllık yer zamanında dünyaya doğru yüzmüş olan sayısız yeni uzak galaksiler gösteriyor. Başka gizlilikleri de açığa çıkarabilir -maddenin yoğunluğunda değişmeler ya da kozmik eğrinin gözle görülmesi gibi. Buna dayanarak insan, içinde önemsiz bir yer tuttuğu evrenin boyutlarını doğruca hesaplayabilir.

Bu bilgiye götürecek ikinci yol, Einstein'ın ömrünün son yirmi beş yılında üzerinde çalıştığı Birleştirilmiş Alan Kuramı'nın daha gelişlirilmesi ve işlenmesi ile açılabilir. Bugün insan bilgisinin dış sınırlarını Bağıntılık, iç sınırlarını Kuvant Kuramı tanımlar. Bağıntılık, uzay ve zaman, yerçekimi ve algılanamayacak kadar uzak ve geniş gerçekler konusundaki bütün kavramlarımıza biçim vermiştir. Atom, madde ve enerjinin temel birimleri ve algılanamayacak kadar şaşırtıcı ve küçük gerçekler konusundaki bütün kavramlarımıza biçim veren ise Kuvant Kuramı'dır. Oysa bu iki büyük bilimsel sistem, tümüyle ayrı ve birbiriyle bağıntısı olmayan kuramsal temellere dayanır, aynı dili konuşmazlar. Birleşik Alan Kuramı'nın ama-

cı bu iki sistem arasında bir köprü kurmaktır. Einstein, doğanın uyumuna ve düzeninin aynılığına inanarak, hem atom dünyasını hem de dış uzayı kapsayacak tek bir fizik kanunları yapısı aradı.

Yetkinleştirilmiş bir Birleştirilmiş Alan Kuramı'nın, doğanın beklenmeyen ne gibi yönlerini açığa çıkarabileceğini ve eski gizliliklerden kaçını çözümleyebileceğini söylemek için zaman çok erken. Fakat en az, yerçekimi ve elektromagnetik kanunlarını, temel ve kapsamlı bir evren kanunu yapısı içinde birleştirmeyi başaracağı açıktır. Bağıntılık'ın yerçekimini uzay-zaman sürekliliğinin geometrik bir niteliği durumuna koyduğu gibi, Birleşik Alan Kuramı da öbür büyük evrensel güç olan elektromagnetik gücü benzer duruma getirecektir. Einstein bir defasında şöyle söyledi: «Metrik yerçekimi yapısı ve elektromagnetik yapı gibi birbirinden bağımsız iki uzay yapısı olduğu düşüncesi, kuramsal ruhla bağdaşamaz.» Fakat bütün çabalarına rağmen, elektromagnetik alan kanunlarını Genel Bağıntılık ile birleştiremedi. Otuz yıl boyunca matematiksel mantığın sonsuz gambitlerini araştırdıktan sonra amacına çok yaklaştı. Elektromagnetik ve yerçekimi güçlerinin «aynı şey» olduğunu tanıtlayıp tanıtlama-

dığı sorulabilir. Böyle bir şey söylemek, buhar, buz ve suyun -bunlar aynı maddenin görünüş biçimleri olduğu halde- «aynı şey» olduğunu söylemekten daha doğru olmaz. Einstein'ın Birleşik -Alan Kuramı'nın yapmağa çalıştığı, yerçekimi ve elektromagnetik gücün birbirinden bağımsız olmadığını, gerçek fiziksel anlamda birbirinden ayrılamayacaklarını göstermektedir. Özellikle, yerçekimi ve elektromagnetik gücü, her ikisinin temelinde bulunan daha derin bir gerçek -içindeki yerçekimi ve elektromagnetik alanlarının, bir durumun özel geçici biçimleri olduğu temel ve evrensel bir alan- açısından tanımlamağa çalışır.

Geleceğin deneyleri Birleştirilmiş Alan Kuramı'nın bütün anlamını desteklerse -onun denklemlerinden Kuvant fiziği kanunları da elde edilebilirse- maddenin bileşimi, temel parçacıkların yapısı, radyasyon olayı ve atom parçalarının anlaşılamayan yönleri konusunda önemli yeni anlayış kazanılacağı şüphesizdir. Yine de bunlar yan sonuçlar olacaktır. Çünkü herhangi bir Birleştirilmiş Alan Kuramı'nın büyük felsefî başarısı, kuramın adının birinci sözcüğünde gizlidir. Bu kuram, bilimin uzun yolunu, insanoğlunun fiziksel dünya konusundaki kavramlarının birleştirilmesine doğru mantıksal

bir gerçekleştirmeye götürecektir. Yüzyıllar boyunca, değişik buluş, kuram, araştırma ve anlayış akımları, hep yaklaşmış, birbirine karışmış, ileriye giderek genişleyen ve derinleşen yataklara girmiştir. İlk uzun adım, dünyadaki çok çeşitli maddelerin 90 kadar doğal elemente indirilişiydi. Sonra bu elementler birkaç temel parçacığa indi. Aynı zamanda dünyadaki çeşitli «güçler»in herbiri, elektromagnetik gücün değişik görüntüleri, evrendeki ayrı radyasyon biçimleri -ışık, ısı, X-ışınları, radyo dalgaları, gamma ışınları- değişik dalga uzunluğu ve frekansı olan elektromagnetik dalgalar olarak bilindi. Evrenin özellikleri birkaç temel nicelik halinde ayrıldı: Uzay, zaman, madde, enerji ve yerçekimi. Oysa Einstein, Özel Bağıntılık'ta madde ile enerjinin eşdeğerliliğini, Genel Bağıntılık'ta uzay-zaman sürekliliğinin bölünemeyeceğini gösterdi. Onun Birleşik Alan Kuramı da bu birleşme işlemlerini en yüksek noktasına götürmeyi amaç güdüyordu. Çünkü bu büyük açıdan bakıldığında, bütün evren bir temel alan gibi görünür. Orada her yıldız, her atom, dolaşan kuyruklu yıldız, yavaş yavaş dönen her galaksi ve uçan elektron, temelde bulunan uzay-zaman birliğinin içinde bir dalgacık ya da kabarcık gibidir. Böylece doğanın

görünüşteki karmaşıklığının yerini derindeki basitlik alır. Açığa çıkan bağıntılarının ışığında, yerçekimi gücüyle elektromagnetik güç, madde ile enerji, elektrik yükü ile elektrik alan ve uzay ile zaman arasındaki ayrımlar yılter. Einstein'ın evren olarak belirttiği dört-boyutlu süreklilikte erirler. Böylece insanoğlunun dünya konusundaki bütün algıları ve gerçek konusundaki soyut sezgileri bir olur, evrenin derinliğindeki temel birlik açığa çıkar.

Bütünlenmiş bir Birleştirilmiş Alan Kuramı «tüm bilimin büyük amacına» dokunur. Bu amaç, Einstein'ın tanımladığı gibi, «en küçük sayıda hipotez ve aksiyomlardan mantıksal tümdengelim ile, en büyük sayıda deneysel gerçekleri kapsamaktır.» Önermeleri pekiştirmek, kavramları birleştirmek, görülebilen dünyanın değişiklik ve özelliğinden ötede yatan ayrımsız birliğe varmak dürtüsü yalnız bilimin özü değil, aynı zamanda insan zihninin en yüce tutkusudur. Bilim adamı gibi filozof ve gizemci de, içe dönüşün çeşitli bilgi dalları içinde, değişken aldatıcı dünyanın temelinde bulunan değişmez özü anlamak istemişlerdir. Yirmi üç yüzyıldan daha uzun zaman önce Eflâtun şöyle dedi: «Bilgiyi gerçekten seven kişi, **varlık**'ı an-

lamaya çabalıyor. O, varlığı yalnız görüntü olan olaylar kalabalığı ile yetinmez.»

Fakat insanoğlunun gerçeği araştırışının garip yanı şu ki, doğa görünüşteki giysilerinden soyundukça, karışıklıklardan düzen ve ayrılıktan birlik doğdukça, kavramlar birleşip temel kanunlar daha basit biçimler aldıkça, ortaya çıkan doğa resmi duyularla algılanmaktan çok uzakta kalıyor; bu resim, billnen blr yüzün gerisindeki kemik yapıdan daha acayip ve daha tanınmaz oluyor. Çünkü bir kafatasının geometrisi, desteklediği dokunun ana çizgilerini önceden belgilediği halde, duyularımızla algıladığımız bir ağaç görüntüsü ile dalga mekaniğinin meydana getirdiği ağaç arasında, ya da bir yaz gecesi görülen yıldızlı bir gök ile, duygusal Öklid uzayının yerini alan dört-boyutlu süreklilik arasında hiç bir benzerlik yoktur. Görüntüyü gerçekten ayırmak ve evrenin temel yapısını açığa çıkarmak çabasında, bilim, «duyuların düzensiz kalabalığı»ndan öte aşmak zorunda kalmıştır. Fakat, Einstein'ın işaret ettiğl glbi, en yüksek yapıtlar «içi boş olması pahasına elde edilmiştir.» Kuramsal bir kavram, duyusal yaşantıdan ayrıldığı ölçüde boş olur. Çünkü insanın gerçekten bilebileceği tek dünya, duyularının yarattığı dünyadır. 'Duyula-

rın çevirdiği ve belleğin topladığı tüm izlenimler silinirse, geriye hiç bir şey kalmaz. Filozof Hegel'in kapalı kısa sözüyle demek istediği budur: «Katkısız Varlık ve Hiçlik aynıdır.» Çağrışımlardan yoksun bir varolma durumunun anlamı yoktur. Böylece, bir çelişmeyle, bilim adamının ve filozofun görüntü dünyası dediği -ışık ve renk, mavi gök ve yeşil yapraklar, iç çeken eslnti ve mırıldanan suyun dünyası, insanın duyu organlarının fizyolojisiyle biçimlenen dünya- sınırlı insanoğlunun yaradılışıyla içinde tutsak olduğu dünyadır. Bilim adamının ve filozofun gerçekler dünyası dediği -insan algıları düzeyinin altında bir buzdağı gibi yatan renksiz, sessiz, anlaşılmaz kozmoz· sembollerden meydana gelmiş bir iskelet yapıdır.

Semboller değişir. Örneğin, geçen yüzyılın fizikçileri bir gülün kırmızısının öznel, estetik bir duygu olduğunu bildikleri halde, «gerçekte» kırmızı dedikleri niteliğin ışığı taşıyan esirin titreşimleri olduğuna inanırlardı. Bugün kırmızıyı dalga boyu açısından tanımlamak bir gelenek olmuştur. Oysa kırmızıyı fotonların enerji yüklerinin değeri olarak düşünmek aynı ölçüde uygundur. Bu düşüncelerden dolayı ünlü bir fizikçi, alaylı bir şekilde, pazartesi, çarşamba ve cuma günleri kuvant kuramının; salı,

perşembe ve cumartesi günleri de dalga kuramının kullanıldığını söyledi. İki durumda da kullanılan kavramlar soyut kuramsal yapılardır. Yerçekimi, elektromagnetizm, enerji, akım, moment, atom, nötron gibi kavramlar incelendiğinde, hepsinin her şeyin temelinde bulunduğu sezilen nesnel gerçeği açıklamak için insan zihninin kurduğu kuramsal yapılar, buluşlar ve benzetmeler olduğu görülür. Böylece duyuların her şeyi aldatıcı ve karışık olarak göstermesi yerine, bilim, çeşitli sembolik anlatım sistemleri getirmiştir. Bu sistemlerde sürekli olarak artan bir matematiksel doğruluk varsa da, hiç bir bilim adamı, geçmiş yanlışları görebilmesine dayanarak, salt gerçekler ortaya koyabilecek durumda olduğunu düşünmez. Tersine, Newton gibi çağdaş kuramcılar da, devlerin omuzlarına bastıklarını ve kendilerinden öncekilerin görüşleri onlara nasıl çarpık geliyorsa, kendi görüşlerinin de gelecek kuşaklara öyle görünebileceğini biliyorlar.

Bazı gizliliklerin gelecekte aydınlığa çıkacağı beklenirse de, insanoğlunun içinde bulunduğu çok biçimli doğayı anlama çabasında, bazı sınırlara erişilmiş olması mümkündür. Mikrokozmosun derinliğine indiğinde insan belirsizlik, ikilik ve çelişmeyle karşılaşmıştır. Bun-

lar, gözlemlemek istediği durumları değiştirmeden ve bozmadan nesnenin özüne işleyemeyeceğini hatırlatan engeller gibidir. Makrokozmosdaki araştırmasında ise, en sonunda, özelliği olmayan uzay-zaman, kütle-enerji, madde-alan birliğine varır. Bu, ötesinde gidilecek hiç bir yer olmayan sonsuz bir alandır. Eflâtun, «Tutsak evi, görüş-anlayış dünyasıdır» dedi. Bilimin inceiediği ve bu tutsak evinden kurtuluş yolu gibi görünen her yol, ancak sisli bir simgecilik ve soyutlama ülkesinin derinliğine götürür.

Eşbiçimli anlatımın yetkinleşmesiyle, bilimsel bilginin aşılamaz uç sınırına erişebilir. Bu, en sonunda kuram ile doğa eylemlerinin tüm ve eksiksiz olarak uyuşması, gözlemlenen her olayın açıklanmış olması ve hiç bir şeyin kuramın dışında kalmaması demektir. Bu amaca yaklaşma yolunda, bilim, en önemli eylemsel başarılarını bugüne dek kazanmıştır. Çünkü bilim, nesnelerin gerçek «tabiatı» konusunda bir şey söylemese bile, aralarındaki bağıntıları tanımlamayı ve karıştıkları olayları anlatmayı başarır. Alfred North Whitehead, «Olay, gerçek şeylerin birimidir,» dedi. Bununla, kuramsal sistemler değişse, simgeler ve kavramlar anlamsız kalsa bile, bilimin ve yaşamın temel ve sürekli gerçekleri eylemler ve olaylar-

dır, demek istedi. Bu görüşün anlamı, iki elektronun karşılaşması gibi basit bir fizlksel olayla açıklanabilir. Çağdaş bilim çerçevesi içinde, bu olay, maddenin iki temel parçacığının ya da elektrik enerjisinin temel birimlerinden ikisinin çarpışması, parçacıkların veya olasılık dalgalarının bir araya gelmesi, ya da dört-boyutlu uzay-zaman sürekliliğindeki küçük girdapların karışması olarak anlatılabilir. Kuram, bu karşılaşmanın aslının ne olduğunu tanımlamaz.. Böylece bir bakıma, elektronlar «gerçek» değil, ancak kuramsal simgelerdir. Öte yandan bu karşılaşma «gerçek» tir, bu olay «gerçek» tir. Gerçek nesne dünya, kapalı olarak yatıyor gibidir. Bu kubbenin, sürekli değişen kuramsal görüşlerle bozulan yüzeyinden içeriye baktığında, insanoğlu, belirli yarı saydam plâstik bir kubbe altında, yarı bağıntıları ve tekrarlanan olayları şöyle böyle görür. Bu bağıntıların ve olayların uyumlu ve eşbiçimli anlatımı, insan bilgisinin en yüksek düzeyi olacaktır. Bu noktadan sonra, insan boşluğa bakar.

Bilimsel düşüncenin evriminde, bir gerçek etkili bir şekilde açığa çıkmıştır; Fiziksel dünyada, daha derindeki bir gizliliğe işaret etmeyen hiçbir gizlilik yoktur. İnsan anlayışının, ku-

ram ve tahminlerin bütün yolları, insan zekâsının kavrayamayacağı bir uçuruma uzanıyor. Çünkü insan, kendi varlığının koşulları, sınırlılığı ve doğanın içinde oluşuyla bağlanmıştır. Ufuklarını genişlettikçe, fizikçi Niels Bohr'un dediği gibi, «Büyük varolma dramının hem seyircileri hem de oyuncuları olduğumuz» gerçeğini daha açıkça anlıyor. Böylece insan kendi kendinin bilmecesidir. Kendini anlayamadığı için, içine atıldığı geniş ve örtülü evreni anlamaz. Organik oluşumlar konusunda çok az bilir; çevresindeki dünyayı algılamak, uslamlamak ve tasarımlamak yeteneğini daha da az anlar. En az anlayabildiği şey, en yüce ve en gizli yeteneğidir: Bu da kendi düzeyini aşması, algılama eylemindeyken kendini algılamasıdır.

İnsanoğlunun önüne geçilmez çıkmazı, kendisinin de araştırdığı dünyanın bir parçası oluşudur. Gözdesi ve gurur duyduğu beyni, yıldızlar arası uzayda sürüklenen karanlık bulutları meydana getiren temel parçacıklardan olma bir mozaiktir.

En son çözümlemede, insan, ilk uzay-zaman alanının geçici bir bileşiminden başka bir şey değildir. Makrokozmos ile mikrokozmos arasında olup, her yanında engeller

görür. Belki de, on dokuz yüzyıl önce St. Paul'ün yaptığı gibi, hayretle düşünmekten başka bir şey yapamaz: «Dünya Tanrı'nın sözüyle yaratıldı; görülen şeyler görülmeyen şeylerden meydana geldi.»

SON



Çağımızın en büyük bilim adamı kimdir diye bir anket açılsa hiç şüphe yok, büyük bir çoğunlukla Einstein'ın adı gelir en başta. Bu büyük bilgin izafiyet-bağıntılık teorisi ile ilk defa olarak evreni ve uzayı yöneten yasaların en akla yakın bir açıklamasını yapmıştır. Pek çoğumuz duymuşuzdur bu teoriden söz edildiğini ama ne olduğunu bilenimiz pek azdır. Nedeni de teorinin çapraşıklığı içinde anlaşılması hayli güç olmasıdır. Oysa bir başka bilgin bize bu kuramı herkesin anlayabileceği bir dille açıklamayı başarmıştır. İşte size o eserin çevirisini sunuyoruz bu ciltte.

2 -