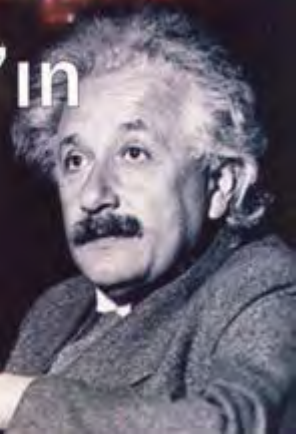
MICHIO

KAKU

Albert Einstein'ın Hayal Gücü, Uzay ve Zaman Kavrayışımızı Nasıl Dönüştürdü

Einstein'ın Evreni



ODTÜ YAYINCILIK

Einstein'ın Evreni

Einstein'ın Evreni

Albert Einstein'ın Hayal Gücü, Uzay ve Zaman Kavrayışımızı Nasıl Dönüştürdü

Michio Kaku

ODTÜ YAYINCILIK

EINSTEIN'S COSMOS
How Albert Einstein's Vision Transformed Our Understanding of Space and Time

© 2004 by Michio Kaku

EINSTEIN'IN EVRENİ
Albert Einstein'ın Hayal Gücü, Uzay ve Zaman Kavrayışımızı Nasıl Dönüştürdü

Michio KAKU

ISBN: 978-605-4362-83-7



ODTÜ Geliştirme Vakfı
Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayınları
ODTÜ Yayıncılık

© Tüm yayın hakları ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş.'nindir. Yayıncının izni olmaksızın, hiçbir biçimde ve hiçbir yolla, bu kitabın içeriğinin bir bölümü ya da tümü yeniden üretilemez ve dağıtılamaz.

Genel Yayın Yönetmeni
Levent GÖNÜL

Çeviren
Engin TARHAN

Editör
Eren Veysel ERSOY

Sayfa Düzeni ve Kapak Tasarımı
Emrullah ÖZ

1. Basım Ekim 2012
Semih Ofset Matbaacılık Ltd. Şti.
Büyük Sanayi 1. Cadde Çakırlar İşhanı İskitler-ANKARA
Tlf.: (312) 341 40 75 Faks: (312) 341 98 98
Sertifika no: 12613

ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş.
Üveçler 1042. Cad. No: 57/1 Çankaya-ANKARA
Tlf.: (312) 480 15 97 - 480 15 98
Faks: (312) 480 15 99
Sertifika no: 15723
E-posta: odtuyayincilik@odtuyayincilik.com.tr
İnternet: www.odtuyayincilik.com.tr

Bu kitap Michelle ve Alyson'a ithaf edilmiştir.

İçindekiler

ÖNSÖZ ix

TEŞEKKÜRLER xiii

BÖLÜM I

İLK RESİM: BİR IŞIK DEMETİYLE YARIŞMAK 1
1 Einstein'dan Önce Fizik 3
2 Başlangıç Yılları 13
3 Özel Görelilik ve "Mucize Yılı" 35

BÖLÜM II

İKİNCİ RESİM: ÇARPIK UZAY - ZAMAN 61
4 Genel Görelilik ve "Yaşamımın En Mutlu Düşüncesi" 63
5 Yeni Kopernik 81
6 Büyük Patlama ve Kara Delikler 97

BÖLÜM III

BİTMEMİŞ TABLO: BİRLEŞİK ALAN KURAMI 111
7 Birleştirme ve Kuantum Mücadelesi.....113
8 Savaş, Barış ve E = mc^2.....141
9 Einstein'ın Kehanet Dolu Mirası.....163

BİBLİYOGRAFYA 193

DİZİN 197

Önsöz

Albert Einstein'ın Mirasına Yeni bir Bakış

Dahi. Dalgın profesör. Göreliliğin babası. Albert Einstein'ın efsanevi görünüşü –rüzgârda parlayan saçlar, çorapsız ayaklar, iki beden büyük bir eşofman üstü, tüten bir pipo, çevreden habersiz bir yüz ifadesi– zihinlerimize iyice kazınmıştır. Biyografi yazarı Denis Brian, "Elvis Presley ve Marilyn Monroe ile aynı ölçekte bir pop simgesi, kartpostallardan, dergi kapaklarından, tişörtlerden ve dev posterlerden gizemli bakışlarla bakıyor. Bir Beverly Hills menajeri, televizyon reklamları için görüntüsünü satmakta. Hepsinden nefret ederdi," diye yazmıştı.

Katkıları dolayısıyla Isaac Newton'un yanında yer alan yüce bir şekil, Einstein, gelmiş geçmiş en büyük bilim insanları arasındadır. Time dergisinin onu Yüzyılın Kişisi seçmesi hiç de şaşırtıcı değil. Pek çok tarihçi, onu son bin yılın en etkili yüz kişisi arasında saymakta.

Tarihte işgal ettiği yer göz önüne alınınca, yaşamını tekrar incelemeye çalışmak için birkaç neden bulunmaktadır. İlk olarak, onun kuramları öylesine derinlik ve bilgelik sahibi ki, on yıllar önce yaptığı öngörüler hâlâ manşetlere egemen olmayı sürdürüyor, bu nedenle bu kuramların kökeninde yatanı anlamaya çalışmamız büyük bir önem taşıyor. 1920'lerde hayal edilmesi dahi mümkün olmayan yeni nesil birtakım cihazlar (örn. uydular, lazerler, süper bilgisayarlar, nanoteknoloji, çekim dalgası algılayıcıları) evrenin dış kenarlarını ve atomun içini keşfettikçe, Einstein'ın öngörüleri başka bilim insanları için Nobel Ödülleri kazanıyor. Einstein'ın masasındaki kırıntılar dahi bilime yeni bakış açıları kazandırmakta. Örneğin 1993 Nobel Ödülü, gökyüzündeki ikili nötron yıldızlarının hareketini çözümleyerek Einstein'ın 1916 yılında öngörmüş olduğu çekim dalgalarının varlığını doğrulayan iki fizikçiye verildi. Ayrıca 2001 Nobel Ödülü, Einstein'ın 1924 yılında öngörmüş olduğu, maddenin mutlak sıfır dolaylarında var olan yeni bir durumunun, Bose-Einstein yoğunlaşmalarının varlığını doğrulayan üç fizikçiye verildi.

Diğer öngörüler de hâlihazırda doğrulama aşamasında. Bir zamanlar Einstein'ın kuramının garip bir yönü olarak kabul edilen kara delikler, artık Hubble Uzay Teleskopu ve Çok Büyük Dizge Radyo Teleskopu (Very Large Array Radio Telescope) tarafından tanımlanmaktadır. Einstein halkaları ve Einstein mercekleri yalnızca doğrulanmakla kalmamış, gökbilimcilerin dış uzaydaki görünmeyen nesneleri ölçmek için kullandığı önemli araçlar haline de gelmiştir.

Einstein'ın "hataları" dahi evrene ilişkin bilgilerimize önemli katkılar olarak kabul edilmektedir. 2001 yılında gökbilimciler, Einstein'ın en büyük hatası olarak kabul edilen "evrensel sabit"in aslında evrendeki en büyük enerji yoğunlaşmasını içerdiğine ve evrenin nihai kaderini belirleyeceğine ilişkin inandırıcı kanıtlar bulmuştur. Böylece, Einstein'ın öngörülerini doğrulayan kanıtlar üst üste yığıldıkça, deneysel açıdan onun mirası üzerinde bir "rönesans" meydana gelmektedir.

İkinci olarak, fizikçiler onun mirasını ve özellikle düşünce sürecini yeniden değerlendirmektedirler. Son zamanlarda hazırlanan biyografiler, kuramlarının kökenine ilişkin ipuçları bulmak ümidiyle Einstein'ın özel yaşamını özenli şekilde incelemişlerse de, fizikçiler Einstein'ın kuramlarının (yaşamı bir yana!) gizemli matematik işlemlerine değil, basit ve şık fiziksel resimlere dayalı olduğunun giderek artan bir şekilde farkına varmaktadırlar. Einstein, eğer yeni bir kuram bir çocuğun anlayabileceği kadar basit bir fiziksel resim üzerine kurulu değilse muhtemelen bir işe yaramayacağını sık sık söylerdi.

Dolayısıyla bu resimler, Einstein'ın bilimsel hayal gücünün bu ürünleri, bu kitapta onun düşünce sürecinin ve en büyük başarılarının tarif edilmesi için eksen olarak alınan resmen düzenleyici ilkeler olacaktır.

Bölüm I, Einstein'ın ilk kez on altı yaşındayken aklına gelen bir resimden yararlanır: Eğer yanı başında koşabilseydi, bir ışık demeti neye benzerdi. Bu resimde muhtemelen okuduğu bir çocuk romanından esinlenmişti. Einstein, bir ışık demetinin yanı sıra koştuğunu hayal ederek o dönemin iki büyük kuramı, Newton'un kuvvetler kuramı ve Maxwell'in alanlar kuramı ile ışık arasındaki çelişkileri ortaya koydu. Bu ikilemin çözülmesi süreci boyunca bu iki büyük kuramdan birisinin -sonunda bunun Newton'un kuramı olduğu anlaşıldı- alaşağı edilmek zorunda kalacağını bilmekteydi. Bir bakıma, özel göreliliğin tümü (ki, sonunda yıldızların ve nükleer enerjinin gizemini çözecekti), bu resmin içinde yer alıyordu.

Bölüm II'de karşımıza yeni bir resim geliyor: Einstein, hayalinde gezegenleri kütle çekiminin uzay ve zamandaki bükülmeden kaynaklandığı görüşünü görselleştiren, merkezinde güneşin bulunduğu eğri bir yüzeyin etrafında dönen bilyeler olarak canlandırmıştı. Einstein, Newton'un düzgün bir yüzey için tanımladığı kuvvetleri eğik bir yüzey için yeniden tanımlayarak çekimin tamamen yeni, devrimsel bir resmini yaratmıştı. Bu yeni çerçevede Newton'un "kuvvetleri", uzayın kendisinde meydana gelen bir bükülmenin yarattığı yanılsamalardı. Bu basit resmin sonuçları, giderek bize kara delikleri, büyük patlamaları ve bütün evrenin nihai kaderini verecekti.

Bölüm III'de bir resim yoktur - bu bölüm, daha çok onun "birleşik alan kuramına" kılavuzluk edecek, Einstein'a madde ve enerji yasaları üzerindeki iki bin yıllık araştırmaların en üstün başarısını formüle etme yolunu gösterecek bir görüntü yaratmaktaki başarısızlıktan bahsetmektedir. Einstein'in sezgileri hızını kaybetmeye başlamıştı, çünkü onun zamanında çekirdeği ve atom altı parçacıkları yöneten kuvvetler hakkında neredeyse hiçbir şey bilinmiyordu.

Bitirilmemiş bu birleşik alan kuramı ve otuz yıldır "her şeyin kuramı"nı bulabilmek için yaptığı araştırmalar, kesinlikle bir başarısızlık değildi - fakat bu, ancak yakın bir zaman önce anlaşılabilmiştir. Onun akranları, bunun aptalca bir kovalamaca olduğunu düşünüyorlardı. Fizikçi ve Einstein biyograficisi Abraham Pais hayıflanmaktadır, "Yaşamının kalan 30 yılında aktif şekilde araştırmalara devam etti, fakat onun yerine balık tutmaya gitmiş olsaydı, sahip olduğu ün asla azalmazdı." Başka bir deyişle, fiziği 1955 yılında değil de 1925 yılında bıraksaydı, mirası daha da büyük olabilirdi.

Bununla beraber, son on yıldır, "süper sicim kuramı" veya "M kuramı" olarak adlandırılan yeni bir kuramın ortaya çıkışına bağlı olarak birleşik alan kuramının fizik dünyasında sahnenin ortasına yerleşmesi nedeniyle fizikçiler Einstein'ın son çalışmalarını ve mirasını yeniden değerlendirmeye başlamışlardır. Her şeyin kuramını elde etme yarışı, bütün genç ve hırslı bilim insanı neslinin en büyük hedefi haline gelmiştir. Bir zamanlar yaşlı fizikçilerin meslek yaşamlarının kabristanı olarak kabul edilen birleştirme, artık kuramsal fizikte egemen konu haline gelmiştir.

Bu kitapta Einstein'ın öncülük eden çalışmalarına yepyeni taptaze bir bakış sunmayı, hatta belki de onun ayakta dimdik duran mirasını basit fiziksel resimler aracılığıyla daha doğru bir şekilde betimlemeyi ummaktayım. Onun sezgileri, dış uzayda ve gelişmiş fizik laboratuarlarında yapılmakta olan ve onun en sevdiği hayalin, her şeyin kuramını gerçekleştirmeyi amaçlayan bir dizi devrimci deneyi ateşlemiştir. Bu, kanımca onun yaşamına ve çalışmalarına onun en beğeneceği yaklaşım şeklidir.

Teşekkürler

Bu kitap için yaptığım araştırmaların bir bölümü için Princeton Üniversitesi Kütüphanesi çalışanlarına konukseverlikleri dolayısıyla teşekkür ederim. Kütüphane, Einstein'ın el yazmalarının ve özgün malzemelerinin hepsinin kopyalarına sahiptir. Ayrıca, kitabımın müsveddelerini okuyarak yardımcı ve eleştirel yorumları nedeniyle New York Şehir Koleji'nden Profesörler V. P. Nair ve Daniel Greenberger'a teşekkür etmek isterim. Buna ek olarak, ciltler dolusu Einstein dosyasını temin eden Fred Jerome ile yaptığım görüşmeler çok yararlı oldu. Ayrıca Edwin Barber'a desteği ve teşviki, Jesse Cohen'e taslakları son derece güçlendiren ve ona bir odaklanma sağlayan paha biçilmez yorumları için şükran borçluyum. Son olarak, bunca yıl boyunca bilim üzerine yazdığım kitapların çoğunu temsil eden Stuart Krichevsky'e de minnettarım.

Bölüm I

İlk Resim: Bir Işık Demetiyle Yarışmak

1

Einstein'dan Önce Fizik

BİR GAZETECİ, Isaac Newton'dan bu yana en büyük bilim dahisi olan Albert Einstein'dan başarısının formülünü açıklamasını istedi. Büyük düşünür, bir saniye düşündü ve sonra yanıtladı, "Eğer A başarıysa, formülün A = X + Y + Z olduğunu söyleyebilirim, burada X çalışma, Y oyundur."

"Ya Z nedir?", diye sordu gazeteci.

"Çeneni kapalı tutmak."

İster dünya barışı üzerine konuşsun, isterse evrenin gizemi üzerine araştırma yapıyor olsun, fizikçilerin, krallarla kraliçelerin ve halkın sevimli bulduğu şey, onun insancıllığı, cömertliği ve nüktedanlığıydı.

Çocuklar dahi, fiziğin büyük yaşlı adamının Princeton sokaklarında yürüyüşünü görmek için toplanırlar ve o da kulaklarını oynatarak bu sevgiye karşılık verirdi. Einstein, özellikle Gelişmiş Araştırmalar Enstitüsü'ne yaptığı yürüyüşlerde kendisine eşlik eden beş yaşındaki bir çocukla sohbet etmekten hoşlanırdı. Bir gün birlikte gezerlerken Einstein birdenbire kahkaha-

lara boğuldu. Çocuğun annesi hangi konuda konuştuklarını sorunca, çocuk yanıtladı, "Einstein'a bugün tuvalete girip girmediğini sordum." Anne dehşete kapılmıştı, fakat o zaman Einstein yanıtladı, "Birisi bana yanıtlayabileceğim bir soru sorduğu için memnunum."

Fizikçi Jeremy Bernstein'ın bir zamanlar söylediği gibi, "Einstein ile gerçekten temas kuran herkes, adamın soyluluğunu vurgulayan güçlü bir duyguya kapılmaktaydı. Akla tekrar tekrar gelen ifade, onun 'insanlığı' oluyordu, ... karakterinin sade, cana yakın niteliği."

Dilencilere, çocuklara ve krallara karşı aynı ölçüde güler yüzlü olan Einstein, bilim ilahları galerisinde kendisinden önce gelenlere karşı da cömertti. Her ne kadar bilim insanları da bütün yaratıcı bireyler gibi rakiplerine karşı kıskançlıklarıyla tanınmış olabiliyor ve ufak tefek çekişmelere kapılabiliyorlarsa da, Einstein, öncüsü olduğu fikirlerin köklerini aralarında Isaac Newton ve James Clerk Maxwell'in de (her ikisinin resmi de masasında ve duvarında ayrıcalıklı yerlere sahipti) bulunduğu fiziğin devlerine kadar geriye giderek takip etmek için çok çaba harcamaktaydı. Aslına bakılacak olursa, Newton'un mekanik ve yerçekimi (evrensel çekim), Maxwell'in de ışık üzerine yaptıkları çalışmalar, yirminci yüzyıl başlarında bilimin iki sütununu oluşturmaktaydı. O sıralarda fizik konusunda mevcut bilgilerin neredeyse tümünün bu iki fizikçinin çalışmalarıyla elde edildiğine dikkat etmek gerekir.

Newton'dan önce Dünya üzerindeki ve gökyüzündeki nesnelerin hareketleri neredeyse tümüyle anlaşılmamış durumdaydı, çoğu insan kaderlerimizin ruhlar ve iblisler tarafından yapılan kötü amaçlı planlar tarafından belirlendiğine inanıyordu. Büyücülük, sihirbazlık ve hurafeler, Avrupa'nın en gelişmiş eğitim merkezlerinde dahi hararetli bir şekilde tartışılmaktaydı. Bildiğimiz şekliyle bilim, mevcut değildi.

Özellikle Yunanlı düşünürler ve Hristiyan ilahiyatçılar, nesnelerin insana benzer arzular ve duygular nedeniyle hareket ettiğini yazmaktaydılar. Aristo taraftarlarına bakılırsa, hareket halindeki nesneler eninde sonunda yavaşlamaktaydılar, çünkü

"yoruluyorlardı." Nesneler yere düşer, çünkü dünya ile birleşmeyi "arzu ederler," diye yazmaktaydılar.

Ruhların bu karmakarışık dünyasına düzen getirecek olan kişi, bir bakıma yaratılış ve kişilik açısından Einstein'ın tam tersiydi. Einstein basın mensuplarına zamanını daima cömertçe sunar ve onların hoşuna gidecek cümleler söylerken, Newton paranoya eğilimi taşıyan bir münzevi olarak ünlenmişti. Başkalarına karşı son derece kuşkucu olan Newton ile diğer bilim insanları arasında öncelik konusunda uzun yıllar süren kan davaları yaşanmıştı. Az konuşması, bir efsane olmuştu: İngiltere Parlamentosunda 1689-1690 dönemindeki üyeliği sırasında kayıtlara göre onun saygıdeğer meclis heyeti önündeki tek konuşması, bir esinti hissederek görevlilerden birine pencereyi kapatması için yapılmıştı. Biyografi yazarı Richard S. Westfall'a göre, Newton "İşkence altında olan bir adam, en azından orta yaş dönemi boyunca sinir krizinin eşiğinde bocalayan son derece nevrotik bir kişilikti."

Fakat bilim söz konusu olduğu zaman hem Newton, hem de Einstein, pek çok önemli özelliği paylaşan gerçek birer ustaydılar. Her ikisi de fiziksel bitkinlik ve çöküşe gidecek kadar yoğun bir odaklanma içerisinde tutkuyla haftalar ve aylar geçirebilirlerdi. Ve her ikisi de evrenin gizemlerini hayallerinde basit bir resim halinde canlandırma yeteneğine sahipti.

1666 yılında, Newton yirmi üç yaşındayken, *kuvvetlere* dayalı yeni bir mekanik düzenini ortaya atarak Aristocu dünyayı istila eden ruhları kovaladı. Newton, nesnelerin tam olarak ölçülebilen ve basit denklemlerle ifade edilebilen kuvvetler tarafından itildikleri veya çekildikleri için hareket ederken uydukları üç hareket yasası ileri sürmüştü. Nesnelerin hareket ederken sahip oldukları arzular üzerinde tahmin yürütmek yerine, onlara etki eden kuvvetleri birbirleriyle toplamak suretiyle düşen yapraklardan yükseklerde uçan roketlere, top mermilerinden bulutlara kadar her şeyin gezingesini hesaplayabiliyordu. Bu yalnızca akademik nitelik taşıyan bir iş değildi, çünkü koskoca lokomotifleri ve gemileri süren buhar makinelerinin gücü ile yeni imparatorlukların yaratıldığı Sanayi Devrimi'nin temelini atmaya

yardımcı olmuştu. Artık köprüler, barajlar ve bulutlara erişen gökdelenler güvenle inşa edilebilirdi, çünkü her tuğla ve her kirişin üzerine düşen gerilimler hesaplanabilmekteydi. Newton'un kuvvetler kuramının zaferi öylesine büyüktü ki, hak ettiği ünü yaşam süresi içerisinde kazandı ve Alexander Pope, onun için şu mısraları yazdı:

Doğa ve onun yasaları karanlıkta gizlenmiş, yatıyordu,
Tanrı dedi ki Newton olsun! Ve her şey apaydınlık oldu.

Newton, kendisine ait kuvvetler kuramını yeni bir çekim kuramı ortaya atarak evrene uyguladı. Cambridge Üniversitesi'nin veba salgını yüzünden kapanmak zorunda kalmasının ardından Lincolnshire'da Woolsthorpe kasabasındaki aile malikânesine dönüşünün hikâyesini anlatmaktan hoşlanırdı. Günün birinde, malikânedeki bir ağaçtan bir elmanın düşüşünü görünce, kendisine kaderini belirleyen o soruyu sormuştu: Bir elma düşebiliyorsa, Ay da düşebilir mi? Dünya üzerindeki bir elmaya etki eden yerçekimi kuvveti, gökyüzündeki cisimlerin hareketlerini yönlendiren kuvvetle aynı olabilir mi? Bu, dinsel inançlara aykırıydı, çünkü gezegenlerin insanlığın kötülük dolu davranışlarını yöneten günah ve kefaret yasalarına değil, mükemmel kutsal yasalara itaat eden sabit küreler üzerinde yer aldığı kabul edilmekteydi.

Newton, dünyevi ve semavi fiziği tek bir resimde birleştirebileceğini birdenbire kavrayıverdi. Bir elmayı toprağa doğru çeken kuvvet, Ay'a kadar ulaşan ve ona yörüngesinde kılavuzluk eden kuvvetle aynı olmalıydı. Yerçekimine ilişkin yeni bir bakış açısını tesadüfen yakalamıştı. Kendisini bir dağın tepesine oturmuş, taş atarken hayal etti. Taşı daha hızlı ve daha da hızlı atarak, uzağa ve daha uzağa atabileceğini fark etti. Fakat sonra, kaderini belirleyen o adımı attı: Taşı geri dönmeyecek kadar hızlı atarsan ne olurdu? Yerçekiminin etkisi altında sürekli olarak düşen bir taşın dünyaya çarpmayacağını, onun etrafında dolaşacağını, sonunda sahibine geri döneceğini ve onu başının arkasından vuracağını fark etti. Bu yeni bakış açısında taşı

sürekli olarak düşen fakat asla yere çarpmayan, çünkü tıpkı taş gibi Dünya'nın etrafında dairesel bir yörüngede dönmekte olan Ay ile değiştirdi. Ay, kilisenin zannettiği gibi semavi bir kürenin üzerinde durmuyordu, bir taş veya bir elma gibi yerçekimi kuvvetinin kılavuzluğu altında sürekli serbest düşüş halindeydi. Bu, Güneş sisteminin hareketine dair yapılan ilk açıklamaydı.

Yirmi yıl sonra, 1682 yılında, bütün Londra gece vakti gökyüzünü aydınlatan parlak bir kuyruklu yıldızın dehşetini ve şaşkınlığını yaşamaktaydı. Newton, kuyruklu yıldızın hareketini bir aynalı teleskop (onun icatlarından birisi) kullanarak dikkatle izledi ve serbest düşüşte olduğu ve yerçekiminin etkisi altında bulunduğu varsayıldığı takdirde hareketinin kendi denklemlerine kusursuz şekilde uyduğunu gördü. Amatör gökbilimci Edmund Halley ile birlikte kuyruklu yıldızın (daha sonra Halley kuyruklu yıldızı olarak ünlendi) ne zaman geri döneceğini hassas bir şekilde öngördü. Bu, kuyruklu yıldızların hareketi üzerine yapılan ilk öngörüydü. Halley kuyruklu yıldızının hareketini hesaplamak için Newton'un kullandığı çekim yasaları, günümüzde uzay araçlarını Uranüs ve Neptün'den daha ilerde yönlendirmek için NASA tarafından kullanılanların aynısıdır.

Newton'a göre bu kuvvetler derhal etki etmektedir. Örneğin eğer Güneş bir anda ortadan yok olacak olsaydı, Newton Dünya'nın yörüngesinden o anda sapacağını ve uzayın derinliklerinde donacağını tahmin etmekteydi. Evrendeki herkes, Güneş'in ortadan kalktığını tam o anda öğrenecekti. Bu şekilde, bütün saatleri evrenin her yerinde tekdüze bir şekilde çalışmak üzere aynı zamana ayarlamak mümkündü. Dünya'daki bir saniye, Mars veya Jüpiter'deki bir saniye ile aynı değere sahip olacaktı. Zaman gibi, uzay da mutlak olacak, Dünya'daki metreler, Mars ve Jüpiter'deki metrelerle aynı boya sahip olacaktı. Metrelerin boyu evrenin herhangi bir yerinde değişmeyecekti. Newton'a göre saniyeler ve metreler, uzayın neresine gidersek gidelim, aynıdır.

Böylece Newton, görüşlerini sağduyunun dikte ettiği *mutlak uzay ve zaman* kavramı üzerine inşa etti. Uzay ve zaman, Newton için bütün nesnelerin hareketlerini değerlendirmemizi sağlayan

bir mutlak referans sağlamaktaydı. Örneğin bir trende seyahat etmekteysek, trenin hareket ettiğine ve dünyanın sabit durduğuna inanırız. Bununla beraber, penceremizden geçen ağaçları seyrettikten sonra aslında belki de trenin durmakta olduğunu ve ağaçların penceremizin önünden geçirildiğini düşünebiliriz. Trenin içindeki her şey hareketsiz göründüğü için, tren mi hareket ediyor, yoksa ağaçlar mı sorusunu sorabiliriz. Newton'a göre bu mutlak referans çerçevesi, yanıtın belirlenmesini sağlayabilirdi.

Newton'un yasaları, yaklaşık iki yüzyıl boyunca fiziğin temeli olarak kaldı. Sonra, on dokuzuncu yüzyıl sonlarına doğru, telgraf ve elektrik ampulü gibi yeni icatlar Avrupa'nın büyük şehirlerinde devrimler yaratırken, elektrik üzerine yapılan araştırmalar bilime tamamıyla yeni bir kavram getirdi. Elektriğin ve manyetizmanın gizemli kuvvetlerini açıklamak için, 1860'lı yıllarda Cambridge Üniversitesi'nde çalışan İskoçyalı bir fizikçi, James Clerk Maxwell, Newton'un kuvvetlerine değil de *alanlar* ismi verilen yeni bir kavrama dayalı bir ışık kuramı geliştirdi. Einstein'ın yazdığına göre alan kavramı, "fiziğin Newton'dan bu yana yaşadığı en derin ve en bereketli kavramdı."

Bu alanlar, bir parça kâğıdın üzerine demir tozu serpiştirerek görselleştirilebilir. Kâğıt parçasının altına bir mıknatıs yerleştirin, demir tozları sihirli bir şekilde dizilerek örümcek ağına benzeyen, çizgileri Kuzey Kutbu'ndan Güney Kutbu'na uzanan bir şekil oluşturur. Dolayısıyla, her mıknatısın etrafını saran bir manyetik alan, uzayın tamamını delip geçen görünmez bir kuvvet çizgileri dizgesi vardır.

Elektrik de alanlar yaratır. Bilim fuarlarında çocuklar, bir statik elektrik kaynağına dokundukları zaman saçları dimdik olunca gülüşürler. Saçlar, kaynaktan çıkarak yayılan görünmez elektrik alanı çizgilerini izlemektedir.

Bununla beraber, bu alanlar Newton tarafından öne sürülen kuvvetlerden çok farklıydı. "Kuvvetler," diyordu Newton, "bütün uzaya bir anda etki eder, öyle ki evrenin bir parçasında meydana gelen bir değişiklik, bütün evrende o anda hissedilir."

Maxwell'in görkemli gözlemine göre ise, manyetik ve elektriksel etkilerin Newton'un kuvvetlerinde olduğu gibi bir anda yol almadığı, zaman aldığı ve belli bir hızla hareket ettiği yolundaydı. Martin Goldman şöyle yazıyordu; "Manyetik etkinin *zamanı* fikri... Maxwell'i bir anda yıldırım gibi çarpmış olmalıydı." Örneğin Maxwell, birisi mıknatısı salladığı takdirde yakındaki demir tozlarının harekete geçmesinin zaman aldığını göstermişti.

Gözünüzün önüne rüzgârda titreşen bir örümcek ağı getirin. Ağın bir parçası üzerinde rüzgârın yarattığı etki, bütün ağ boyunca yayılan bir dalgalanmaya yol açar. Kuvvetlerin aksine, alanlar ve örümcek ağları belli bir hızda yol alan titreşimlere olanak sağlarlar. O zaman Maxwell, bu manyetik ve elektriksel etkilerin hızını hesaplamaya girişti. On dokuzuncu yüzyılın en büyük buluşlarından birinde ışığın gizemini çözmek için bu fikirden yararlandı.

Maxwell, Michael Faraday'ın ve başkalarının daha önce yapmış oldukları çalışmalar nedeniyle hareket eden bir manyetik alanın bir elektrik alanı yaratabileceğini, bunun aksinin de doğru olduğunu bilmekteydi. Dünyamızı elektriklendiren jeneratörler ve motorlar, bu eytişimin doğrudan sonuçlarıdır (Bu ilke, evlerimizi aydınlatmak için kullanılmaktadır. Örneğin bir barajda dökülen su bir çarkı, çark da bir mıknatısı döndürür. Bu sayede değişen manyetik alan, bir elektrik alan doğurur ve telin içindeki elektronları iter. Elektronlar da bir yüksek voltaj kablosunun üzerinden giderek oturma odamızın duvarındaki prize gelir. Aynı şekilde, duvarımızdaki prizden gelen elektrik bir elektrikli süpürgede bir manyetik alan yaratır, o da motorun kanatlarını dönmeye zorlar).

Maxwell'in dahice başarısı, bu iki etkiyi bir araya getirmesinden kaynaklandı. Eğer değişken bir manyetik alan bir elektrik alanı yaratabiliyorsa ve bunun aksi de doğruysa, o zaman belki ikisi birlikte, elektriksel alanlar ve manyetik alanlar sürekli olarak birbirini besleyerek ve birbirine dönüşerek döngüsel bir hareket yaratabilirdi. Maxwell, bu döngüsel değişimin, hepsi birlikte titreşen, her biri bitip tükenmek bilmeyen bir dalga halinde bir diğerine dönüşen hareketli bir elektriksel ve manye-

tik alanlar dizgesi yaratacağını fark etti. Sonra, bu dalganın hızını hesapladı.

Şaşkınlıkla gördü ki, bu hız ışık hızıdır. Üstelik, on dokuzuncu yüzyılın belki de en devrimci beyanını yaparak, bunun ışık *olduğunu* öne sürdü. Maxwell, daha sonra meslektaşlarına bir kehanette bulundu, *"Işığın elektriksel ve manyetik olayların nedeni olan enine titreşimlerden meydana geldiği* sonucundan kaçınmamız pek mümkün görünmemektedir." Işığın özelliklerini anlamak için binlerce yıl süren meraklı arayışın ardından bilim insanları, onun en derin gizemlerini en sonunda anlamayı başarmışlardı. Newton'un bir anda ortaya çıkan kuvvetlerinin aksine, bu alanlar belirli bir hızda hareket etmekteydi: Işık hızında.

Maxwell'in çalışmaları, son bir buçuk asırdır her elektrik mühendisinin ve fizikçinin ezbere bilmek zorunda olduğu sekiz adet zor kısmi diferansiyel denklem ("Maxwell denklemleri" olarak bilinirler) halinde yazıldı. Günümüzde üzerinde bu sekiz denklemin tümünün bütün şan ve şerefiyle yazılı olduğu bir tişört satın almak mümkündür. Tişörtün üstünde denklemlerden önce "Başlangıçta Tanrı dedi ki...", denklemlerden sonra ise "... ve ışık meydana geldi" diye yazar.

On dokuzuncu yüzyılın sonunda Newton ve Maxwell'in deneysel başarısı o denli büyüktü ki, bazı fizikçiler bilimin bu iki büyük devinin evrene dair tüm temel soruları yanıtlamış olduğunu kendilerine güvenerek öngörmüşlerdi. Max Planck (kuantum kuramının babası) danışmanına fizikçi olmak istediğini söylediği zaman, kendisine alan değiştirmesi söylenmişti, çünkü fizik esas itibariyle bitmiş bulunuyordu. Keşfedilecek yeni hiçbir şey olmadığı anlatılmıştı ona. Bu görüşler, ufukta görünebilecek açıklanamamış belki birkaç küçük "bulut" haricinde fiziğin temel olarak tamamlanmış bulunduğunu söyleyen on dokuzuncu yüzyılın ünlü fizikçisi Lord Kelvin tarafından da tekrarlanmıştı.

Ancak, Newton'un dünyasının kusurları, her geçen yıl daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktaydı. Marie Curie'nin radyumu ve radyoaktiviteyi bulması gibi keşifler, bilim dünyasının sarsılmasına neden olmakta ve halkın hayal gücünün çalışması-

na yol açmaktaydı. Bu ender bulunan ışık yayan madde, karanlık bir odayı bir şekilde aydınlatabiliyordu. Madam Curie ayrıca enerjinin yaratılamayacağını ve yok edilemeyeceğini savunan enerjinin sakınımı yasasına başkaldırır şekilde atomun derinliklerinden sınırsızmış gibi görünen miktarlarda enerji gelebileceğini de göstermişti. Bununla beraber, bu küçük "bulutlar", çok geçmeden yirminci yüzyılın çifte devrimini, görelilik ve kuantum kuramlarını doğuracaktı.

Fakat en mahcup edici görünen şey, Newton'un mekaniğini Maxwell'in kuramıyla birleştirebilmek için yapılan bütün girişimlerin başarısız olmasıydı. Maxwell'in kuramı ışığın bir dalga olduğu gerçeğini doğruluyor, fakat dalgalanma nedir sorusunu açık bırakıyordu. Bilim insanları ışığın bir boşlukta yol alabileceğini (aslında uzak yıldızlardan çıkıp dış uzayın boşluğunu geçerek milyonlarca ışık yılı yol kat ettiğini) biliyorlardı, fakat tanımı itibarıyla boşluk, bir "hiçbir şey" olduğu için, yalnızca hiçbir şeyin dalgalanması bir ikilem olarak ortaya çıkmaktaydı!

Newton'cu fizikçiler, ışığın evreni dolduran, görünmeyen, sabit bir gaz olan "eter"* (aether, ether) içerisinde titreşen dalgalardan meydana geldiği yolunda bir sav geliştirerek bu soruyu yanıtlamaya çalıştılar. Eterin, bütün hızların ölçülmesini sağlayabilecek bir mutlak referans çerçevesi olduğu varsayılıyordu. Kuşkucular, Dünya Güneş'in çevresinde, Güneş de galaksinin çevresinde döndüğü için, aslında hangisinin dönmekte olduğunu ayırt etmenin olanaksız olduğunu söyleyebilirdi. Newton'cu fizikçiler, Güneş sisteminin hareketsiz olan etere göre hareket halinde olduğunu, bu nedenle aslında neyin hareket etmekte olduğunun belirlenebileceğini söyleyerek bunu yanıtladılar.

Bununla beraber, eter giderek daha sihirli ve garip özellikler kazanmaya başladı. Örneğin, fizikçiler dalgaların daha yoğun ortamlarda daha hızlı yol aldığını biliyorlardı. Ses titreşimleri, bu nedenle su içinde havaya kıyasla daha hızlı yol alabilir. Buna karşın, ışık inanılmaz bir hızda (saniyede 300.000 kilometre) hareket ettiği için, bu durum ışığı iletebilmek için eterin son

* Bu sözcüğün Türkçedeki karşılığı "esir"dir.

derece yoğun olmasını gerektirmekteydi. Ancak, eterin havadan daha hafif olduğu da varsayıldığına göre, bu nasıl mümkün olabilirdi? Zaman içerisinde eter, hemen hemen gizemli bir maddeye dönüştü: Mutlak şekilde hareketsizdi, ağırlığı yoktu, hareket etmiyordu, akışkanlığa karşı sıfır direnç sahibiydi, bütün bunlara karşın çelikten sağlamdı ve herhangi bir cihaz tarafından algılanamazdı.

1900 yılına gelindiğinde, Newton'cu mekaniğin yetersiz taraflarını açıklamak giderek zorlaşmaktaydı. Dünya artık bir devrime hazırdı, fakat öncülüğünü kim yapacaktı? Başka fizikçiler eter kuramındaki deliklerin gayet iyi farkında olmalarına karşın, bunların hepsini Newton'cu bir çerçeve içerisinde çözümlemeye gayret ettiler. Kaybedecek hiçbir şeyi olmayan Einstein, sorunun tam kalbine inmeyi başarabilmişti: *Newton'un kuvvetleri ile Maxwell'in alanları uyumlu değildi. Bilimin iki sütunundan birinin devrilmesi gerekliydi.* Bu sütunlardan birisi en sonunda devrilince, iki yüz yılı aşkın bir zamandır hüküm süren fiziği alt üst edecek, evrene ve gerçekliğin kendisine bakış açımızda bir devrim yaratacaktı. Newton'cu fizik, Einstein tarafından bir çocuğun dahi anlayabileceği bir resim yardımıyla alaşağı edilecekti.

2

Başlangıç Yılları

EVRENİ ANLAYIŞ TARZIMIZI sonsuza kadar değiştirecek olan adam, 14 Mart 1879 tarihinde Almanya'nın Ulm isminde küçük bir şehrinde dünyaya geldi. Hermann ve Pauline Koch Einstein, oğullarının kafasının şeklindeki bozukluk nedeniyle çok dertliydiler ve çocukta zihinsel bir hasar olmaması için dua ediyorlardı.

Einstein'ın ebeveynleri, büyümekte olan ailelerini geçindirme mücadelesi içinde olan orta sınıf laik Yahudilerdi. Pauline, görece zengin bir adamın kızıydı: Babası Julius Derzbacher (soyadını Koch olarak değiştirmişti), servetini fırıncılıktan ayrılıp tahıl ticaretine girişerek elde etmişti. Pauline, Einstein ailesinde kültürlü olan taraftı, çocuklarının müzikle ilgilenmesinde ısrar etmiş ve küçük Albert'in kemana karşı bir ömür boyu sürecek aşkının başlamasını sağlamıştı. Çalışmaya kuş tüyü yatak satarak başlamış olan Hermann Einstein, kayınpederinin aksine cansız bir iş yaşamına sahipti. Kardeşi Jakob, onu yeni kurulmaya başlanan elektrokimya sanayii alanına geçmeye ikna etti.

Faraday, Maxwell ve Thomas Edison'un hepsi de elektriğin gücünü dizginlemekte kullanılan keşifleri artık dünyanın her yanındaki şehirleri aydınlatmaktaydı ve Hermann, dinamolar ve elektrikli aydınlatma araçları üretiminde bir gelecek görmüştü. Bununla beraber, piyasanın riskli oluşu dönemsel mali krizlere ve iflaslara yol açarak Einstein'ın doğumundan bir yıl sonra gittikleri Münih dahil olmak üzere çocukluğu sırasında aileyi birkaç kere yer değiştirmek zorunda bırakmıştı.

Küçük Einstein konuşmayı çok geç söktü, o kadar geç ki, ailesi onun geri zekâlı olabileceğinden korkmaya başlamıştı. Fakat en sonunda konuşmaya başladığı zaman, tam cümleler kurmaya başladı. Yine de, dokuz yaşındaki bir çocuk için dahi pek iyi konuşamıyordu. Tek kardeşi, Albert'ten iki yaş küçük olan kız kardeşi Maja idi (Albert, başlangıçta evin yeni misafirini anlamakta zorlanmıştı. Ağzından çıkan ilk ifadelerden birisi "İyi ama nerede bunun tekerlekleri?" olmuştu). Albert'in küçük kardeşi olmak hiç de keyifli bir şey değildi, çünkü onun eline geçen her şeyi kızın kafasına fırlatmak gibi bir huyu vardı. Kız kardeşi daha sonra "Bir düşünürün kardeşi olmak için sağlam bir kafatası gerekir" diye dert yanmıştı.

Efsanenin aksine, Einstein okulda iyi bir öğrenciydi, fakat yalnızca matematik ve fen gibi ilgisini çeken alanlarda başarılıydı. Alman eğitim sistemi, öğrencileri ezbere dayalı kısa yanıtlar vermeye özendiriyordu – aksi takdirde parmaklara vuruluna acı verici darbelerle cezalandırılabilirlerdi. Bununla beraber, genç Albert yavaşça, duraklayarak, kelimelerini dikkatle seçerek konuşmaktaydı. Mükemmel öğrenci olmanın çok uzağında, yaratıcılığı ve hayal gücünü ezip yok eden, onların yerine beyni uyuşturan tekrarları getiren boğucu, otoriter bir sistemin altında kıvranmaktaydı. Babası başöğretmene Albert'in hangi mesleğe yönelmesi gerektiğini sorduğu zaman, şu cevabı almıştı: "Hiç fark etmez; hiçbir şeyde başarılı olması mümkün değil."

Einstein'ın hal ve tavırları erken yaşlarda kendini göstermişti. Genellikle düşünceye veya okumaya dalmış, hayalperest bir tarzı vardı. Sınıftaki arkadaşları, ona inek öğrenci anlamına gelen *Biedermeier* diye seslenerek alaya alırlardı. Bir arkadaşı

şöyle hatırlıyor: "Sınıf arkadaşları Albert'i bir ucube olarak görüyordu, çünkü spora karşı hiçbir ilgi beslemiyordu. Öğretmenler, ezberleyerek öğrenmede başarısız olması ve garip davranışları nedeniyle onun pek zeki olmadığını düşünmekteydiler. Albert'in on yaşındayken girdiği Luitpold Gymnasium adlı okuldaki en büyük derdi, klasik Yunanca dersleriydi. Can sıkıntısını gizlemek için yüzünde boş bir gülümseme ile sandalyesinde otururdu. Günün birinde, yedinci sınıf Yunanca öğretmeni Herr Joseph Degenhart, orada bulunmamasının daha iyi olacağını Albert'in suratına söyleyiverdi. Einstein hiçbir şey yapmadığını söyleyerek itiraz edince, öğretmen açık bir şekilde şöyle yanıtladı: "Evet, bu doğru. Fakat sen en arka sırada oturup gülümsüyorsun ve bu, bir öğretmenin sınıfından beklediği saygı duygusunu yerle bir ediyor."

Aradan onlarca yıl geçtikten sonra dahi, Einstein o zamanlar geçerli olan otoriter yöntemlerin bıraktığı yara izlerini acı bir ifadeyle anlatıyor: "Aslında şurası bir gerçek ki, modern eğitim yöntemlerinin araştırmaya yol açan kutsal merakı tümüyle boğmamış olması bir mucizeden başka bir şey değildir, çünkü bu minicik hassas çiçeğin uyarılma dışındaki en önemli gereksinimi, özgürlüktür."

Einstein'ın fen bilimlerine duyduğu merak erken yaşlarda, manyetizma ile onun "ilk mucize" olarak adlandırdığı ilk karşılaşmasıyla başladı. Babası ona bir pusula vermişti, o da görünmez kuvvetlerin nesneleri döndürebilmesi karşısında bitip tükenmek bilmeyen bir hayranlık duymaktaydı. Sevgiyle anımsıyor, "Böyle bir harikayla 4 veya 5 yaşındayken, babam bana bir pusula iğnesini gösterdiği zaman karşılaşmıştım. . . . hâlâ hatırlayabiliyorum . . . bu deneyimin üzerimdeki derin ve kalıcı etkisini. Olayların arkasında çok derinlere gizlenmiş bir şeyler var olmalıydı."

Bununla beraber, on bir yaşına geldiğinde yaşamında hiç beklenmeyen bir değişiklik meydana geldi: Koyu bir dindar oldu. Uzaktan bir akrabaları Albert'i Yahudi inancı konusunda eğitmeye geliyordu ve Albert, buna şaşırtıcı bir coşkuyla, neredeyse yobazca bir şekilde bağlanmıştı. Domuz eti yemeyi redde-

diyordu, hatta okula giderken kendi bestelediği şükür ifade eden birkaç şarkı söylerdi. Bununla beraber, yoğun dinsel tutku dolu bu dönem uzun sürmedi. Dinsel bilgilerin ve doktrinlerin içine daldıkça, bilim ve din dünyalarının birbiriyle zıt düştüğünü, dinsel metinlerde bulunan mucizelerden çoğunun bilim yasalarıyla çeliştiğini daha çok fark ediyordu. Sonunda kararını verdi, "Popüler kitapları okuyarak kısa zamanda karar verdim ki İncil'de anlatılan hikâyelerin çoğu gerçek olamazdı."

Dine ne kadar hızlı bir şekilde sarıldıysa, o kadar hızlı bir şekilde kenara itmişti. Bununla beraber, yaşadığı dindar dönem daha sonraki görüşleri üzerinde belirgin bir etki yapmıştı. Geri dönüşü, düşünmeyen otoriteyi ilk reddedişini, kişiliğinin yaşam boyu süren özelliklerinden birisini simgelemekteydi. Einstein, otoriteyi bir daha asla sorgusuz sualsiz kabullenmeyecekti. İncil'de bulunan dinsel bilgilerin bilimle bağdaştırılmasının mümkün olmadığına karar vermiş olmakla beraber, evrende bilimin erişebileceği uzaklıkların hemen ötesinde kocaman alanlar mevcut olduğuna ve insanoğlunun bilimin ve insan düşüncesinin kısıtlamalarını çok iyi anlaması gerektiğine de karar vermişti.

Bütün bunlara karşın, eğer genç Albert kendisine fikirlerini keskinleştirecek şefkatli bir yol gösterici bulmuş olmasaydı pusulalara, fen bilimlerine ve dine karşı küçük yaşta duyduğu ilgi sönüp kaybolabilirdi. Einstein'ı okuldaki derslerin kuru, sıkıcı ezberinin çok ötesiyle, bilimin harikalarıyla tanıştıran kişinin adı Talmud idi. Talmud, yıllar sonra sevgi dolu şu satırları yazmıştı: "Bütün bu yıllar boyunca hiçbir hafif kitap okuduğunu görmedim. Okul arkadaşlarıyla veya kendi yaşındaki diğer oğlanlarla birlikte de görmedim. Tek eğlencesi müzikti, annesinin eşliğinde Mozart ve Beethoven'in sonatlarını çalardı." Talmud'un verdiği bir geometri kitabını Einstein gece gündüz okuyup bir çırpıda yutuvermişti. Einstein, buna "ikinci mucize" adını verdi. Şöyle yazmıştı: "On iki yaşındayken tamamen farklı nitelikte ikinci bir harikayla karşılaştım: Öklid'in düzlem geometrisini anlatan küçük bir kitap." Einstein, buna "kutsal geo-

metri kitabı" adını vermişti ve sanki ikinci İncil'iymiş gibi görüyordu.

Einstein, en sonunda saf düşünce âlemi ile burada temas kurdu. Pahalı laboratuarlar veya cihazlar olmaksızın, yalnızca insan zihninin gücü ile sınırlanan evrensel gerçekleri keşfedebiliyordu. Kız kardeşi Maja'nın gözlemlediğine göre matematik, özellikle ilgi uyandırıcı bulmacalar ve muammalar içerdiği takdirde, Albert için sonsuz bir zevk kaynağı haline gelmişti. Kız kardeşine, Pisagor'un dik üçgenler teoremi için bambaşka bir kanıt yöntemi bulduğunu gururlanarak anlatmıştı.

Einstein'ın matematik konusunda okudukları, orada bitmedi; sonunda kendi kendine cebir öğrenerek yol göstericisini şaşırttı. Talmud, şöyle ifade ediyordu, "Matematik dehasının uçuşu çok geçmeden öylesine yükseklere çıkmıştı ki, artık izleyemiyordum. ... Artık konuşmalarımız sık sık felsefe etrafında odaklanmaya başlamıştı. Ona Kant'ı okumasını önerdim." Talmud'un genç Albert'i Kant'ın dünyasıyla ve onun *Saf Aklın Eleştirisi* ile tanıştırması, Einstein'ın felsefeye karşı bir ömür boyu süren ilgisini geliştirdi. Bütün düşünürlerin karşı karşıya olduğu sorular, örneğin ahlakın kökeni, Tanrı'nın varlığı ve savaşların doğası üzerine kafa yormaya başladı. Özellikle Kant, Tanrı'nın varlığı üzerine şüphenin gölgesini düşürmeye kadar varan alışılmışın dışında görüşlere sahipti. Klasik felsefenin "genellikle çok rüzgârlı olan" (veya Çiçero'nun bir vesileyle, "Komik hiçbir şey yoktur ki bir filozof söylemiş olmasın." diyerek anlattığı) kendini beğenmiş dünyası ile alay ederdi. Kant ayrıca savaşları sona erdirmenin tek yolunun bir dünya devleti kurmak olduğunu yazmıştı; Einstein da bu görüşü ömrünün sonuna kadar paylaştı. Bir yerde Einstein Kant'ın düşüncelerinden öylesine etkilenmişti ki, bir düşünür olmayı dahi aklından geçirmişti. Oğlu için daha pratik bir meslek arzu eden babası, "felsefi saçmalık" diyerek buna engel oldu.

İyi (bir) tesadüf eseri olarak, babasının elektrokimya işi dolayısıyla fabrikanın her yerinde onun merakını destekleyecek ve bilime duyduğu ilgiyi kamçılayacak çok sayıda elektrik dinamosu, motoru ve aleti bulunmaktaydı. (Hermann Einstein, kardeşi

Jacob ile birlikte büyük bir projenin, Münih şehir merkezine elektrik getirilmesine ilişkin sözleşmenin peşindeydi. Hermann, bu tarihi girişimin en önünde yer alınayı düşlemekteydi. Eğer bu projeyi kabul ettirebilirse, bu hem parasal açıdan sağlamlık, hem de elektrik fabrikasını büyük ölçüde genişletme anlamına gelecekti.)

Koskoca garip elektromanyetik makinelerle çevrilmiş olmak, hiç şüphesiz Albert'te elektrik ve manyetizma konularında sezgisel bir anlayış doğmasına yol açmıştı. Büyük olasılıkla da, doğa yasalarını olağanüstü bir doğrulukla tanımlayan grafik, fiziksel resimler geliştirme konusundaki dikkat çekici yeteneğini özellikle geliştirmişti. Diğer bilim insanları genellikle kafalarını anlaşılmaz matematiğin içine gömerken, Einstein fizik yasalarını basit şekiller olarak açıkça görmekteydi. Belki de bu büyük yetenek, babasının fabrikasını dolduran aletlere bakıp elektrik ve manyetizma yasaları üzerinde düşündüğü o mutlu döneme kadar uzanıyordur. Her şeyi basit resimler halinde görme şeklinde ortaya çıkan bu yetenek, Einstein'ın bir fizikçi olarak önemli özelliklerinden biri olacaktı.

On beş yaşına geldiği zaman Einstein'ın eğitimi ailenin dönemsel mali sorunları yüzünden kesintiye uğradı. Fazlasıyla cömert olan Hermann, parasal sıkıntıya düşenlere daima yardımcı olurdu; başarılı pek çok iş adamının aksine, katı düşünceli değildi. (Albert, daha sonra aynı ruh cömertliğini miras olarak alacaktı.) Şirketi, Münih'i aydınlatma sözleşmesini yapmayı başaramayınca iflas etti. Pauline'in artık İtalya'da, Cenova'da yaşamakta olan zengin ailesi, yeni bir şirket kurması için Hermann'a destek olma önerisinde bulundu. Ancak, bir şartları vardı. Ailesini İtalya'ya taşıması (kısmen onun düşüncesizce, aşırı cömert dürtülerini sıkıca dizginlemek için) konusunda ısrarcıydılar. Aile, Pavia'daki yeni bir fabrikanın yakınına, Milano'ya taşındı. Oğlunun eğitimini daha fazla kesintiye uğratmak istemeyen Hermann, Albert'i Münih'teki bazı uzak akrabalarının yanında bıraktı.

Yalnız kalan Albert, nefret ettiği bir yatılı okulda tuzağa düşmüştü, korkunç Prusya ordusunda askerlik hizmeti ile karşı

karşıyaydı ve çok mutsuzdu. Öğretmenleri onu sevmiyordu ve bu duygu karşılıklıydı. Okuldan atılması bir an meselesiydi. Öyle bir an geldi ki, Einstein ailesinin yanına gitmeye karar verdi. Aile doktorundan ailesinin yanına gitmediği takdirde bir sinir krizi geçirebileceğini beyan eden, okuldan uzaklaşmasını sağlayacak bir tıbbi rapor aldı. Sonra tek başına İtalya'ya gitti, sonunda hiç beklenmedik bir şekilde ebeveynlerinin kapısına ulaştı.

Hermann ve Pauline, askerden kaçan, liseyi terk eden, hiçbir becerisi, hiçbir mesleği, hiçbir geleceği olmayan oğulları ile ne yapacaklarını şaşırmışlardı. Bir düşünür olmak üzerinde konuşmayı tercih eden Albert, elektrik mühendisliği gibi uygulamalı bir mesleğin ardından koşması gerektiğini düşünen babası ile uzun tartışmalara giriyordu. Sonunda bir anlaşmaya vardılar, Albert giriş sınavına katılan öğrencilerin çoğundan iki yaş küçük olmasına karşın İsviçre'deki meşhur Zürich Politeknik Enstitüsü'ne girmeyi kabul etti. Bu okulun avantajlarından birisi, Politeknik'in bir lise diploması aramıyor olması, yalnızca zorlu giriş sınavında alınacak bir geçer notu kabul etmesiydi.

Ne yazık ki Einstein, giriş sınavında başarısız oldu. Fransızca, kimya ve biyoloji bölümlerinde başarısız olmuştu, fakat matematik ve fizik bölümlerinde o kadar olağanüstü bir başarı elde etmişti ki, çok etkilenen okul müdürü Albin Herzog, Albert'i gelecek yıl sınavlara katılmasına gerek olmaksızın okula alma sözü verdi. Fizik bölümünün başında bulunan Heinrich Weber, Zürich'te bulunduğu zamanlar Einstein'ın fizik derslerine dinleyici olarak katılmasını dahi önerdi. Herzog, Einstein'ın aradaki bir yıl boyunca Zürich'in yalnızca otuz dakika kuzeyinde bulunan Aarau'daki bir liseye devam etmesini önerdi. Albert, orada lise yöneticisi Jost Winteler'in evinde pansiyoner olarak kaldı, Einstein ailesi ile Winteler ailesi arasında ömür boyu süren bir dostluk kurulmasına vesile oldu. (Aslında Maja daha sonra Winteler'in oğlu Paul ile, Einstein'ın arkadaşı Michele Besso ise en büyük kızı Anna ile evlendi.)

Einstein, okulun rahat, hoşgörülü atmosferinden hoşlanmıştı. Burada Alman sisteminin baskıcı, otoriter kurallarından göre-

ce uzaktaydı. Hoşgörüye ve ruhsal bağımsızlığa değer veren İsviçrelilerin cömertliğini seviyordu. Einstein, sevgiyle hatırlıyor, "İsviçrelileri severim, çünkü genel olarak şimdiye kadar aralarında yaşadığım diğer insanlardan daha insancıldırlar." Alman okullarındaki yıllarına ait bütün kötü anıları hatırda tutarak genç bir insan için şaşırtıcı bir girişimde bulundu, Alman vatandaşlığından çıkmaya da karar verdi. Beş yıl boyunca (İsviçre vatandaşı oluncaya kadar) vatansız olarak yaşadı.

Daha serbest olan bu ortamda gelişen Albert, çekingen, asabi, içe dönük, yalnızlığı seven görüntüsünü değiştirerek dışa dönük, sokulgan, hoşsohbet ve sadık arkadaşlar edinen bir insan olmaya başladı. Özellikle Maja, olgun ve bağımsız bir düşünüre dönüşmekte olan ağabeyindeki değişiklikleri fark ediyordu. Einstein'ın kişiliği, yaşamı boyunca birbirinden kesin olarak ayırt edilebilen birkaç aşamadan geçti. Bunlardan ilki, onun okumaya düşkün, çekingen, içine kapanık olduğu aşamaydı. İtalya'da ve özellikle İsviçre'de ikinci aşamasına gitmekteydi: oldukça cüretkâr, ukala, kendinden emin bir bohem, daima çarptıracak zekice laflarla dolu. Yaptığı kelime oyunlarıyla insanların gülmekten kırılmasını sağlayabiliyordu. Hiçbir şey onu arkadaşlarını kahkahadan yerlere yatıran komik fıkralar anlatmaktan daha mutlu edemezdi.

Birisi, ona "fırlama Svabyalı*" adını takmıştı. Öğrenci arkadaşlarından birisi, Hans Byland, Einstein'ın yükselen kişiliğini anlamıştı: "Ona yaklaşan herkes, onun üstün kişiliğinin esiri oluyordu. Dışarıya çıkık alt dudağıyla tombul ağzının etrafında uçuşan alaycı tavır, onunla dalga geçmek isteyebilecek olanlara hiç cesaret vermiyordu. Geleneksel kısıtlamalarla bağlı olmadığı için, dünyanın karşısına gülen bir filozof olarak çıkıyordu ve zarif iğnelemeleri ile bütün kendini beğenmişliği ve yapaylığı acımasız bir şekilde yerden yere vurmaktaydı."

Söylentilere göre, bu "gülen filozofun" kızlar arasında gördüğü rağbet de artmaktaydı. Esprili bir arkadaştı, fakat kızlar

* Svabya: Almanya'nın güney batısındaki Baden-Württemberg eyaletinin büyük bir kısmına verilen isim- Schwabenland (Ç.N.).

onun ayrıca hassas, sırların kolaylıkla anlatılabildiği ve halden anlayan bir insan olduğunu da görüyordu. Bir arkadaşı ondan erkek arkadaşıyla ilgili olarak tavsiye istiyordu. Bir başkası onun hatıra defterini imzalamasını istiyor, o da komik bir şiir yazıyordu. Keman çalması da onu pek çok kişiye sevdiriyor ve akşam toplantılarının gözdesi yapıyordu. O dönemden kalan mektuplar, piyanoya eşlik edecek kemanlar arayan kadın grupları arasında epeyce gözde olduğunu göstermektedir. Biyografi yazarı Albrecht Folsing'in yazdığına göre, "Genç veya yaşlı pek çok kadın, yalnızca keman çalması yüzünden değil, duygusuz bir bilim öğrencisinden çok tutkulu bir Latin virtüöze benzemesini sağlayan görüntüsü nedeniyle ona bayılmaktaydı."

Kızlardan biri onun dikkatini özellikle çekmekteydi. Henüz on altı yaşında olan Einstein, Jost Winteler'in kızlarından birine, kendisinden iki yaş büyük olan Marie'ye tutkulu bir şekilde âşık olmuştu (Aslına bakılacak olursa yaşamındaki bütün önemli kadınlar ondan daha yaşlıydı. Bu eğilim, oğullarının ikisi tarafından da paylaşılmaktaydı). Nazik, hassas ve yetenekli Marie, babası gibi öğretmen olmak istiyordu. Albert ve Marie, sık sık uzun yürüyüşlere çıkıyorlar, Winteler ailesinin sevdiği uğraşlardan biri olan kuş gözlemciliği ile vakit geçiriyorlardı. Ayrıca Albert, Marie piyano çalarken ona kemanı ile eşlik de ediyordu.

Albert, gerçek aşkını ona açıkladı: "Sevgilim, canımın içi . . . Özlemin ve hasretin gerçek anlamını şimdi anlamak zorunda kaldım. Fakat aşk, özlemin verdiği acıdan çok daha büyük bir mutluluk veriyor. Sevgili küçük gün ışığımın mutluluğum için ne kadar vazgeçilmez olduğunu yeni anlıyorum." Marie, Albert'in sevgisine karşılık verdi ve hatta Albert'in annesine dahi yazdı, o da onaylayarak cevap verdi. Doğrusu, Winteler'lar ve Einstein'lar bu iki muhabbet kuşundan bir evlilik duyurusu beklemeye başlamışlardı. Bununla beraber Marie, sevdiği adamla bilim üzerine konuşurken kendisini biraz yetersiz hissetti ve böylesine yoğun, böylesine odaklanmış bir erkek arkadaşla arasındaki ilişkide bunun bir sorun yaratabileceğini düşündü. Einstein'ın ilk gerçek aşkı olan fizik ile rekabet etmek zorunda kalacağını fark etti.

Einstein'ın ilgisini çeken tek şey Marie'ye karşı giderek artan sevgisi değildi, aynı zamanda ışık ve elektriğin gizemlerine de hayranlık duymaktaydı. 1895 yazında ışık ve eter konusunda "Bir Manyetik Alan İçerisinde Eter'in Durumunun Araştırılması" başlıklı bağımsız bir makale yazdı ve bu makaleyi Belçika'da bulunan en sevdiği dayısı Caesar Koch'a gönderdi. Yalnızca beş sayfa uzunluğundaki bu ilk bilimsel makalesinde kendisini çocukken çok cezbeden manyetizma adlı şu gizemli kuvvetin eter'deki bir tür şekil bozukluğu olarak kabul edilebileceğini öne sürmekteydi. Talmud, yıllar önce Einstein'ı Aaron Bernstein'ın *Doğa Bilimleri Konusunda Popüler Kitaplar*'ı ile tanıştırmıştı. Einstein, daha sonra bunun "dikkatten nefesi kesilmiş halde okuduğu bir çalışma" olduğunu yazacaktı. Bu kitap, onun üzerinde çok önemli bir etki yapacaktı, çünkü yazar, elektriğin gizemleri konusunda bir de tartışma eklemişti. Bernstein, okurdan bir telgraf telinin içerisinde hayal ürünü bir geziye çıkmasını, bir elektrik sinyalinin yanı sıra inanılmaz hızlarda koşmasını istemekteydi.

Einstein, on altı yaşındayken ona sonradan insanlık tarihinin akışını değiştirecek ilhamı veren bir gündüz düşü görmüştü. Belki de Bernstein'ın kitabındaki hayali yolculuğu hatırlayan Einstein, kendisini bir ışık demetinin yanı sıra koşarken hayal etmiş ve kendi kendine çok önemli bir soru sormuştu: Işık demeti neye benzerdi? Newton'un hayalinde bir taşı dünyanın etrafında yörüngeye girinceye kadar fırlattığını canlandırması gibi, Einstein'ın da böyle bir ışık demetini hayal etmeye çalışması, derin ve şaşırtıcı sonuçlara yol açacaktı.

Newton'cu dünyada yeterince hızlı hareket edebilirseniz her şeye yetişebilirsiniz. Örneğin hızla giden bir otomobil, bir trenle yarışabilir. Eğer trenin içine bakacak olursanız, yolcuların sanki kendi oturma odalarında oturuyormuş gibi gazete okuduklarını veya kahve yudumladıklarını görebilirsiniz. Büyük bir hızla gidiyor olmalarına karşın, biz onların yanı başında otomobilin içinde aynı hızla giderken onlar tamamen hareketsiz görünürler.

Aynı şekilde, aşırı hızlı giden bir arabaya yetişmekte olan bir polis otomobilini gözünüzde canlandırın. Polis otomobili hızla-

nıp arabanın yanına yanaştığı zaman polis memuru arabanın içine bakarak elini sallayabilir ve onun sağa çekmesini isteyebilir. Hem araba, hem de polis otomobili saatte 150 kilometre hızla gidiyor olabilir, ancak polis için arabanın sürücüsü hareketsiz görünmektedir.

Fizikçiler ışığın dalgalardan meydana geldiğini biliyordu, bu yüzden Einstein, mantık yürüterek bir ışık demetinin yanı başında koşabildiğiniz takdirde, ışık demetinin tamamen hareketsiz görünmesi gerektiğine karar verdi. Bu, koşucu tarafından görülen ışık demetinin donup kalmış bir dalga gibi, dalganın bir fotoğrafı gibi olacağı anlamına geliyordu. Zamana göre bir salınım yapmayacaktı. Fakat bu, genç Einstein'a hiç de doğru gelmemişti. Hiç kimse hiçbir yerde hiçbir zaman donup kalmış bir dalga görmemişti; bilimsel eserlerde böyle bir tarif yoktu. Einstein için ışık özeldi. Bir ışık demetini yakalayamazdınız. Donmuş ışık diye bir şey yoktu.

O sırada farkında değildi, fakat görelilik ilkesine kadar uzanan, yüzyılın en büyük bilimsel gözlemlerinden birisini kaza eseri yapmış bulunmaktaydı. Daha sonraları, "Böyle bir ilke, benim 16 yaşındayken zaten karşılaşmış olduğum bir ikilemden kaynaklanmaktaydı: Eğer c hızında (ışığın boşluktaki hızı) hareket eden bir ışık demetini takip edersem, bu ışık demetini . . . hareketsiz olarak görmem gerekirdi. Bununla beraber, gerek deneyimler ve gerekse Maxwell'in denklemleri uyarınca böyle bir şey yokmuş gibi görünmektedir" diye yazmıştır.

Einstein'ı bilimsel bir devrim başlatmanın eşiğine getiren şey, onun herhangi bir olayın ardında yatan önemli ilkeleri bulup çıkartmak ve asıl resmin üzerine odaklanmak konusundaki yeteneğiydi. Matematiğin içinde kaybolan ikinci derecedeki bilim insanlarının aksine, Einstein basit fiziksel resimler halinde düşünmekteydi - hızla giden trenler, düşen asansörler, roketler ve hareket eden saatler. Bu resimler, ona yirminci yüzyılın en büyük fikirlerinin içinde hatasız bir şekilde kılavuzluk etmişti. Şöyle yazdı: "Matematiksel ifadeleri ne olursa olsun bütün fizik kuramları, bir çocuğun dahi anlayabileceği kadar basit bir şekilde ifade edilebilmelidir."

1895 yılının sonbaharında Einstein nihayet Politeknik'e girdi ve yaşamının tamamen farklı bir aşamasına başladı. Fizik alanında bütün kıtada tartışılmakta olan en son gelişmelerle yaşamında ilk kez karşılaşacağını düşünüyordu. Fizik dünyasında devrimci rüzgârlar esmekte olduğunun farkındaydı. Isaac Newton'un yasalarına ve klasik fiziğe başkaldırı gibi görünen pek çok sayıda yeni deney yapılmaktaydı.

Einstein, Politeknik'te daha sonraları "öğrenciliğim sırasında karşılaştığım en büyüleyici konu" diye yazdığı ışık konusunda, özellikle Maxwell'in denklemlerine ilişkin yeni kuramları öğrenmek istiyordu. Einstein, Maxwell'in denklemlerini nihayet öğrendiğinde, sürekli olarak aklını işgal eden soruyu yanıtlama olanağı buldu. Tahmin ettiği gibi, Maxwell'in denklemlerinin çözümlerinden hiçbiri, ışığın zamanda donup kalmış olması durumunu kapsamamaktaydı. Fakat sonra daha fazlasını keşfetti. Maxwell kuramında siz ne kadar hızla hareket ediyor olursanız olun, ışık demetinin meğerse daima aynı hızda yol aldığını buldu. Bulmacanın nihai yanıtı işte buradaydı: *bir ışık demetine asla yetişemezdiniz, çünkü o sizden daima aynı hızla uzaklaşırdı.* Bu da, mantığının kendisine dünya hakkında anlattığı her şeyi ihlal etmekteydi. Işığın daima aynı hızda yol aldığını söyleyen bu önemli gözlemin getirdiği ikilemleri çözümlemek, onun birkaç yılını daha aldı.

Bu devrimci zamanlarda devrimci yeni kuramlar ve yeni, cesur liderlere ihtiyaç vardı. Ne yazık ki Einstein, bu liderleri Politeknik'te bulamadı. Öğretmenleri klasik fizik ile oyalanmayı tercih ederek Einstein'ın derslere daha az ilgi göstererek zamanının büyük kısmını laboratuarda geçirmesine veya yeni kuramları kendi çabasıyla öğrenmesine neden oldular. Profesörleri, sınıfta sık sık tekrarlanan yokluğunu süreğen tembellik olarak görüyorlardı; Einstein'ın öğretmenleri, onu bir kez daha hafife almışlardı.

Politeknik'teki öğretmenler arasında Einstein'dan etkilenerek giriş sınavında başarısız olmasının ardından onu derslerine dinleyici olarak gelmeye davet eden profesör Heinrich Weber de bulunmaktaydı. Hatta Einstein'a mezun olduktan sonra asistanı

olarak iş dahi önermişti. Bununla beraber, aradan zaman geçtikçe Weber, Einstein'ın sabırsızlığından ve otoriteyi hiçe saymasından rahatsızlık duymaya başladı. Sonunda profesör, "Zeki bir çocuksun, Einstein, çok zeki bir çocuk. Fakat büyük bir kusurun var: Sana bir şey söylenmesine izin vermiyorsun" diyerek ona desteğini çekti. Fizik eğitmeni Jean Pernet de Einstein'dan hoşlanmıyordu. Bir gün Einstein, Pernet'in sınıflarından birine ait bir laboratuar kitabını hiç okumadan çöpe atınca, Pernet fena halde alınmıştı. Fakat Pernet'in asistanı, her ne kadar alışılmışın dışında olsalar da, Einstein'ın çözümlerinin daima doğru olduğunu söyleyerek Einstein'ı savunmuştu. Pernet, yine de Einstein ile yüzleşmişti: "Heveslisin, fakat fizik konusunda tamamen ümitsizsin. Kendi iyiliğin için başka bir şeye geçiş yapmalısın, belki tıp, edebiyat veya hukuk." Bir seferinde Einstein laboratuar talimatlarını yırtıp attığı için, yanlışlıkla bir patlamaya yol açmış, fena halde yaralanan sağ elindeki yarayı kapatmak için dikiş atılması gerekmişti. Pernet ile aralarındaki ilişki öylesine kötü bir duruma gelmişti ki, Pernet kendi dersinden Einstein'a mümkün olan en düşük not olan "1" vermişti. Matematik profesörü Hermann Minkowski, Einstein'dan bahsederken "tembel köpek" yakıştırmasını dahi yapıyordu.

Profesörlerinin küçümsemelerine karşın, Einstein'ın Zürich'de edindiği dostları yaşamı boyunca sadık bir şekilde onun arkasında durdular. O yıl fizik sınıfında yalnızca beş öğrenci vardı ve o, hepsiyle arkadaşlık kurmuştu. Bunlardan biri, dikkatli ve düzenli bir şekilde bütün derslerin notlarını tutan Marcel Grossman adında bir matematik öğrencisiydi. Tuttuğu notlar o kadar iyiydi ki, Einstein sık sık derse girmektense o notları ödünç alır, sınavlarda çoğunlukla Grossman'dan daha yüksek bir başarı elde ederdi. (Grossman'ın notları bugün dahi üniversitede saklanmaktadır.) Grossman, Einstein'ın annesi ile yaptığı bir konuşma sırasında ona Einstein'ın bir gün "çok büyük işler başaracağını" söylemişti.

Fakat Einstein'ın dikkatini çeken tek kişi sınıftaki başka bir öğrenci, Sırbistan'dan gelen bir kadın olan Mileva Maric idi. Balkanlardan gelen bir fizik öğrencisi ile, üstelik bir kadınla kar-

şılaşmak, çok ender bir durumdu. Mileva, üniversiteye kadınların kabul edildiği Almanca konuşulan tek ülke olan İsviçre'ye gelmeye kendi başına karar vermiş olan zorlu bir kadındı. Politeknik'te fizik öğrenimi görmek üzere kabul edilen beşinci kadındı. Einstein, boy ölçüşebileceği biriyle, ilk aşkının dilini konuşabilen bir kadınla karşılaşmıştı. Onu pek dayanılmaz buldu ve Marie Winteler ile ilişkisini hızla bitirdi. Kendisinin ve Mileva'nın fizik profesörü olacaklarını ve beraberce büyük keşifler yapacaklarını hayal ediyordu. Çok geçmeden aralarında büyük bir aşk başladı. Seyahatler dolayısıyla ayrı kaldıklarında birbirlerine "Johnny" ve "Dollie" gibi gözde rumuzlarla hitap ederek uzun, ihtiras dolu aşk mektupları yazıyorlardı. Einstein, ona şiirler yazıyor, aşkını anlatıyordu: "Canımın istediği her yere gidebilecek durumdayım - fakat hiçbir yere ait değilim ve senin iki küçük kolunu, şefkatle ve öpücüklerle dolu pırıldayan ağzını özlüyorum." Einstein ve Mileva birbirlerine, çocukları tarafından saklanan 430'dan fazla mektup gönderdiler. (Şu işe bakın ki, fakirliğin kıyısında, borç tahsilâtçılarının yalnızca bir adım ilerisinde yaşamalarına karşın, bu mektuplardan bazıları bir süre önce bir açık arttırmada 400.000 dolar bedel karşılığında satıldı.)

Einstein'ın arkadaşları, onun Mileva'da ne bulduğunu bir türlü anlayamıyorlardı. Einstein kıvrak bir mizah anlayışına sahip, dışa dönük biri olmasına karşın, dört yaş büyük olan Mileva çok daha içe kapanıktı. Kaprisliydi, aşırı derecede kişiseldi ve başkalarına güvenmezdi. Ayrıca doğuştan gelen bir sorun nedeniyle (bir bacağı diğerinden kısaydı) fark edilebilir bir topallama ile yürümekteydi, bu da onu diğerlerinden biraz daha uzaklaştırıyordu. Arkadaşları, garip davranışları olan ve daha sonra şizofreni teşhisiyle bir kliniğe yatırılan kız kardeşi Zorka'nın tuhaf tavırları nedeniyle arkasından fısıldaşırlardı. Fakat en önemlisi, tartışılabilir durumdaki sosyal konumuydu. İsviçreliler bazen Yahudileri küçük görürken, Yahudiler de güney Avrupalıları, özellikle Balkanlıları küçük görmekteydi.

Mileva ise Einstein'a ilişkin yanlış varsayımlara sahip değildi. Onun otoriteye karşı saygısız yaklaşımı olduğu kadar, zekâ-

sı da efsane haline gelmişti. Alman vatandaşlığından ayrıldığını ve savaş ile barış üzerine pek rağbet görmeyen fikirler taşıdığını biliyordu. Bir seferinde, "Sevgilimin çok tehlikeli bir dili var, üstelik Yahudi de," diye yazmıştı.

Bununla beraber, Einstein'ın Mileva'ya karşı giderek artan yakınlığı, ailesi ile arasında bir uçurum doğmasına yol açmaktaydı. Marie ile olan ilişkisini onaylamış olan annesi, Mileva'dan hiç hoşlanmıyor, onu Albert'in altında, ona ve onun ününe yıkım getirecek birisi olarak görüyordu. Çok yaşlıydı, çok hastaydı, hiç kadınsı değildi, çok iç karartıcıydı ve çok fazla Sırp'tı. "Bu Bayan Maric, bana yaşamının en acı saatlerini yaşatıyor," diye yakınınıştı bir arkadaşına. "Eğer elimden gelseydi, onu bizim ufkumuzdan uzaklaştırmak için mümkün olan her çabayı harcardım. Ondan gerçekten hiç hoşlanmıyorum. Albert üzerindeki bütün etkimi kaybettim." Onu uyarıyordu, "Sen 30 yaşına geldiğin zaman o yaşlı bir cadı olacak."

Fakat Einstein, birbirine çok bağlı olan aile fertleri ile arasında derin bir uçurum doğmasına yol açsa dahi Mileva ile görüşmeye kararlıydı. Einstein'ın annesi, oğlunu bir ziyaretinde "O ne olacak?" diye sordu. Einstein "Karım," diye yanıtlayınca, annesi kendini birdenbire yatağın üstüne atarak kontrol edilmez bir biçimde ağlamaya başladı. Annesi, "iyi bir aileye girmesi mümkün olamayacak" bir kadın uğruna geleceğini mahvettiği için oğlunu suçluyordu. Ebeveynlerinin şiddetli itirazları ile karşı karşıya kalan Einstein, sonunda okulu bitirip kendisine iyi para kazandıracak bir iş buluncaya kadar Mileva ile evlenme düşüncelerini rafa kaldırmak zorunda kalacaktı.

1900 yılında, Einstein Politeknik'ten fizik ve matematik dallarında birer derece ile mezun olduktan sonra, şansı ters döndü. Kendisine bir asistanlık görevi verilmesi bekleniyordu. Özellikle bütün sınavlarını geçtiği ve okulda başarılı olduğu için, alışılagelmiş olan buydu. Fakat Profesör Weber iş önerisini geri çekmiş olduğu için, Einstein kendi sınıfında asistanlık alamayan tek kişiydi - suratına atılan bariz bir tokattı bu. Bir zamanlar kendinden çok emin iken, özellikle Cenova'daki varlıklı bir teyzeden gelen maddi desteğin mezuniyetle birlikte kuruması nedeniyle kendisini birdenbire belirsizlik içerisinde buluvermişti.

Weber'in derin nefretinden habersiz olan Einstein, geleceğini daha da fazla baltaladığının farkında olmadan onun ismini referans olarak vermek hatasına düştü. Bu hatanın meslek yaşamını muhtemelen daha başlamadan ölüme mahkûm etmiş olduğunu yavaş yavaş anlamaya başlamıştı. "Eğer Weber benimle dürüst olmayan bir oyun oynamamış olsaydı uzun zaman önce [bir iş] bulmuş olurdum. Ne olursa olsun, çalınmadık kapı bırakmıyorum ve mizah anlayışımdan vazgeçmiyorum. ... Tanrı eşeği yarattı ve ona kalın bir deri verdi," diye acı bir şekilde hayıflanmıştı.

Einstein bu arada İsviçre vatandaşlığı için de başvuruda bulunmuştu, fakat bir iş sahibi olduğunu kanıtlayıncaya kadar buna olanak yoktu. Dünyası hızla çökmekteydi. Sokaklarda bir dilenci gibi keman çalmak zorunda kalabileceğini dahi düşünüyordu.

Oğlunun çaresizlik içerisinde karşı karşıya bulunduğu durumun ciddiyetini anlayan babası, Leipzig'de bulunan Profesör Wilhelm Ostwald'a bir mektup yazarak oğluna bir asistanlık vermesi için ricada bulundu (Ostwald, bu mektuba yanıt dahi vermedi. Komiktir ki Ostwald, on yıl sonra fizik alanında Nobel Ödülü için Einstein'ı aday gösteren ilk kişi olacaktı). Einstein, dünyanın birdenbire nasıl adaletsiz bir hal aldığını şöyle anlatıyordu: "Herkes, yalnızca bir mideye sahip olduğu için, bu kovalamacaya katılmakla cezalandırılmıştır." Üzgün bir ifadeyle devam etmişti," Akrabalarım için bir yükten başka bir şey değilim. ... Hiç yaşamamış olsaydım mutlaka daha iyi olurdu."

İşleri daha da zorlaştırmak için olsa gerek, babası tam da o sırada bir kez daha iflas etti. Aslında babası, karısının mirasını tamamen harcamıştı ve onun ailesine fena halde borçlu durumdaydı. Einstein için mevcut en vasıfsız öğretmenlik işini bulmaktan başka çare kalmamıştı. Çaresiz bir şekilde gazeteleri tarayarak herhangi bir iş için ipucu aramaya başladı. Öyle bir an geldi ki, fizikçi olmaktan neredeyse ümidini kesip bir sigorta şirketi için çalışmayı ciddi şekilde düşünmeye başladı.

1901 yılında Winthertur Teknik Okulu'nda bir matematik öğretmenliği işi buldu. Yorucu öğretmenlik çalışmaları arasında

bir şekilde yeterli zamanı ayırarak, "Kılcallık Olayından Elde Edilen Tümdengelimler" adlı, devrim yaratıcı nitelikte olmadığını kendisinin dahi kabul ettiği ilk makalesini yayınladı. Ertesi yıl Schaffhausen'deki bir yatılı okulda geçici bir okutmanlık pozisyonu buldu. Kendisinden beklendiği gibi, okulun otoriter yöneticisi Jacob Nuesch ile geçinemedi ve kısa zamanda kovuldu (Yönetici öylesine öfkeliydi ki, Einstein'ı devrim kışkırtıcılığı yapmakla dahi suçlamıştı).

Einstein, yaşamının geri kalan kısmını umursamaz öğrencilere ders vererek ve gazetelerdeki iş ilanlarını okuyarak tamamlayacağını düşünmeye başlıyordu. Arkadaşı Friedrich Adler, o sıralarda Albert'in açlıktan ölmeye yaklaştığını hatırlıyor. Tam bir başarısızlık örneğiydi. Yine de, akrabalarından para yardımı istemeyi reddediyordu. Sonra, iki terslikle daha karşılaştı. İlk olarak Mileva, Politeknik'teki final sınavlarında ikinci kez başarısız oldu. Bu, bir fizikçi olarak meslek yaşamının temelde sona erdiği anlamına gelmekteydi. Bu sönük sicille hiç kimse onu lisansüstü eğitime kabul etmezdi. İçine işleyen ümitsizlikle fiziğe duyduğu ilgiyi kaybetti. Evreni birlikte keşfetmek için kurdukları romantik hayaller sona ermişti. Ve sonra, 1901 Kasım ayında, Mileva ülkesine döndükten sonra Albert, onun hamile olduğunu bildiren bir mektup aldı!

Gelecekten ümitli olmamasına karşın Einstein baba olma olasılığı karşısında yine de heyecanlanmıştı. Mileva'dan ayrı olmak bir işkenceydi, fakat neredeyse her gün birbirlerine mektup yazıyorlardı. Nihayet, 4 Şubat 1902 günü, Mileva'nın ailesinin Novi Sad'daki evlerinde doğan ve Lieserl adı verilen bir kız çocuğunun babası olduğunu öğrendi. Çok heyecanlanmış olan Einstein, bebek hakkında her şeyi bilmek istiyordu. Onun bir fotoğrafını veya elle çizilmiş resmini göndermesi için Mileva'ya yalvardı bile. İşin gizemli yanı, bebeğe ne olduğunu hiç kimsenin bilmemesidir. Ondan son olarak, kızıl hastalığına yakalandığının bildirildiği, 1903 Eylül ayına ait bir mektupta söz edilmektedir. Tarihçiler, bebeğin büyük olasılıkla hastalıktan öldüğüne veya en sonunda evlatlık olarak verildiğine inanmaktadırlar.

Şansı tam da daha fazla batmasının mümkün olmadığını göstermeye başladığı sırada Einstein, hiç ummadığı bir yerden haber aldı. Sevgili arkadaşı Marcel Grossman, ona Bern Patent Ofisinde küçük bir memuriyet ayarlamayı başarmıştı. Einstein, bu önemsiz konumdan dünyayı değiştirecekti. (Günün birinde profesör olabilmesi konusunda giderek sönmekte olan ümitlerini canlı vaziyette tutmak için, Zürich Üniversitesi'nden Profesör Alfred Kleiner'i bu dönemde kendisinin Ph.D. danışmanı olmaya ikna etmişti.)

23 Haziran 1902 tarihinde Einstein, patent ofisinde üçüncü sınıf bir teknik uzman olarak küçük bir maaşla çalışmaya başladı. Şimdi geriye bakıldığında görülür ki, bu ofiste çalışmanın en az üç gizli avantajı bulunuyordu. İlk olarak, işi onu her icadın altında yatan temel fizik ilkelerini bulmak zorunda bırakıyordu. Gün boyunca gereksiz ayrıntıları ayıklayıp her patentin temel bileşenini ortaya çıkartarak ve sonra da bir rapor yazarak zaten gelişmiş olan fiziksel içgüdülerini cilalamaktaydı. Raporlarında ayrıntılar ve incelemeler öylesine uzun yazılıyordu ki, arkadaşlarına yazdığı mektuplarda geçimini "mürekkep işeyerek" kazandığını anlatıyordu. İkinci olarak, patent başvurularının çoğu elektromekanik cihazlar hakkındaydı, bu nedenle dinamoların ve elektrik motorlarının içsel çalışmalarını görselleştirmek üzerine babasının fabrikasında edindiği geniş tecrübenin büyük yararını görmekteydi. Son olarak da bu iş, dikkatinin dağılmasına engel oluyor ve ona ışık ve hareket konusundaki derin sorular üzerinde kafa yoracak zaman sağlıyordu. Çoğunlukla işinin ayrıntılarını çabucak bitirebiliyor, bu da ona kendisini gençliğinden beri takip eden hayallerin peşinden koşmak için uzun saatler kazandırıyordu. İş saatlerinde ve özellikle geceleri, fiziğe dönüyordu. Patent ofisinin sessiz ortamı, ona çok uygun geliyordu. İşyerine "dünyevi manastır" adını takmıştı.

Einstein, patent ofisindeki yeni işine ancak alışmaya başlamıştı ki, babasının bir kalp rahatsızlığı nedeniyle ölmek üzere olduğunu öğrendi. Ekim ayında alelacele Milano'ya gitmek zorunda kaldı. Hermann, ölüm yatağında Albert'e nihayet Mileva ile evlenmesi için onay verdi. Onun ölümü, Albert'i aile-

sini ve babasını hayal kırıklığına uğrattığı yolunda bunaltıcı ve daima onunla birlikte kalan bir duygu altında bırakmıştı. Sekreteri Helen Dukas'ın yazdığına göre, "Aradan pek çok yıl geçtikten sonra, bu kaybın getirdiği ezici duyguyu hatırlamaktaydı. Bir seferinde, babasının ölümünün hayatında karşılaştığı en derin şok olduğunu yazmıştı." Özellikle Maja'nın üzüntüyle belirttiği gibi, "[babasının] kötü talihi, iki yıl sonra oğlunun gelecekteki büyüklüğünün ve ününün temelini atacağını tahmin dahi etmesine izin vermemişti."

1903 yılının Ocak ayında Einstein nihayet kendisini Mileva ile evlenecek kadar güvende hissetti. Bir yıl sonra oğulları Hans doğdu. Einstein, bir koca ve bir baba olarak küçük bir memur yaşamı sürmeye başladı. Arkadaşı David Reichinstein, bu dönemde Einstein'a yaptığı bir ziyareti canlı bir şekilde hatırlıyor: "Dairenin kapısı, yeni silinmiş olan yerin ve oturma odasına asılmış çamaşırların kurumasını sağlamak için açık duruyordu. Einstein'ın odasına girdim. İçinde bir çocuğun bulunduğu bir beşiği bir eliyle sabırlı bir şekilde sallıyordu. Einstein'ın ağzında kötü, gerçekten kötü bir puro, diğer elinde ise açık duran bir kitap vardı. Soba, korkunç bir biçimde tütüyordu."

Biraz ek gelir sağlamak için, yerel gazetelere "özel matematik ve fizik dersleri" vermek üzere bir ilan verdi. Kayıtlara göre herhangi bir gazetede Einstein'ın adının geçmesi, bu şekilde olmuştur. Romanyalı Yahudi bir felsefe öğrencisi olan Maurice Solovine, ilanı yanıtlayan ilk öğrenci oldu. Einstein, uzay, zaman ve ışık konusundaki pek çok düşüncesi için Solovine'in mükemmel bir denek olduğunu görmekten büyük keyif aldı. Fizikteki ana akımlardan tehlikeli bir şekilde uzak kalmayı önlemek amacıyla, önemli güncel konular üzerinde tartışmalar yapmak üzere, alay edercesine "Olympia Akademisi" adını verdiği, resmî olmayan bir araştırma grubu kurmaya karar verdi.

Şimdi geriye bakıldığında, akademi grubuyla geçirdiği günlerin Einstein'ın yaşamındaki belki de en zevkli günler olduğu görülmektedir. Aradan on yıllar geçtikten sonra, günün önemli bilimsel çalışmalarını aç gözlü bir şekilde silip süpürdükten sonra ortaya attıkları renkli, cesur iddiaları hatırlayınca gözleri

yaşarırdı. Ateşli çekişmeleri ve gürültülü tartışmaları Zürich'in kahvehanelerini ve birahanelerini doldururdu ve her şey olası görünürdü. Neşe içinde küfrederlerdi, "Epikür'ün şu sözleri bize çok uygun: 'Neşeli fakirlik ne kadar güzel bir şey!'"

Özellikle duyularımızın ötesindeki şeylerden bahseden her fizikçiye meydan okuyan bir tür atsineği olan Viyanalı fizikçi ve düşünür Ernst Mach'ın tartışmalı çalışmaları üzerinde konuşuyorlardı. Mach, kuramlarını *The Science of Mechanics* – Mekanik Bilimi adlı etkili bir kitapta açıklamıştı. Ölçülebilir âlemin çok ötesinde olduğunu düşündüğü atomlara ilişkin görüşlere karşı çıkıyordu. Bununla beraber, Einstein'ın dikkatini en fazla çeken şey, Mach'ın eter ve mutlak hareket konularındaki sert eleştirileri olmuştu. Mach'a göre, mutlak uzay ve mutlak zaman kavramları asla ölçülemeyecek şeyler olduğu için, Newton'cu mekaniğin görkemli binası kumdan yapılmıştı. Göreli hareketlerin ölçülebileceğine, fakat mutlak hareketlerin ölçülemeyeceğine inanıyordu. Şimdiye kadar hiç kimse gezegenlerin ve yıldızların hareketini belirleyebilecek gizemli mutlak referans çerçevesini bulamadığı gibi, hiç kimse eter için en küçük bir deneysel kanıt dahi bulamamıştı.

Bu görünmeyen eter'in özelliklerinin mümkün olan en iyi ölçümünü yapmak için harekete geçen Albert Michelson ve Edward Morley tarafından, 1887 yılında bu Newton'cu manzara içerisinde ölümcül bir zayıflığa işaret eden bir dizi deney yapılmıştı. Bu ikili, dünyanın eter denizinde yüzdüğü, bir "eter rüzgârı" yarattığı, dolayısıyla dünyanın gittiği yöne bağlı olarak ışığın hızının değişmesi gerektiği şeklinde bir mantık yürütüyordu.

Örneğin, rüzgârlı bir havada koştuğunuzu düşünün. Eğer rüzgârla aynı yönde koşarsanız, rüzgârın sizi ittiğini hissedersiniz. Rüzgâr arkanızdan geldiği zaman daha yüksek bir hızla yol alırsınız ve gerçekten de hızınız, rüzgârın hızı tarafından arttırılır. Eğer rüzgâra karşı koşarsanız, yavaşlarsınız; şimdi hızınız, rüzgârın hızı nedeniyle azalacaktır. Aynı şekilde, eğer rüzgârı 90 derece yanınızdan alarak koşarsanız, şimdi de bambaşka bir hızla yana doğru seğirtirsiniz. Mesele şu ki, hızınız rüzgâra göre hangi yönde koştuğunuza bağlı olarak değişecektir.

Michelson ve Morley, akıllıca bir deney tasarladılar. Tek bir ışık demeti iki ayrı demete bölünecek, bunların her biri birbirine dik açı yapacak şekilde başka bir yöne gönderilecekti. Aynalar, bu ışık demetlerini geldikleri yere yansıtacak, sonra bu iki demet birleştirilecek ve birbirlerini etkilemelerine olanak sağlanacaktı. Aletin tamamı, serbestçe dönebilmesi için cıvadan yapılmış bir yatak üzerine dikkatle yerleştirilecekti. Düzenek o kadar hassastı ki, geçen at arabalarının hareketlerini dahi kolaylıkla almaktaydı. Eter kuramına göre, iki demetin farklı hızlarda yol alması gerekiyordu. Örneğin demetlerden birisi eter içerisinde dünyanın gittiği yönde gidecek, diğeri ise eter rüzgârıyla 90 derece açı yapan bir yol üzerinde hareket edecekti. Böylece, kaynağa geri döndükleri zaman birbirlerine göre farklı fazda olmaları gerekmekteydi.

Michelson ve Morley, düzenek nereye yönlendirilirse yönlendirilsin, bütün ışık demetlerinin hızının da aynı olduğunu şaşkınlıkla gördüler. Bu, çok rahatsız ediciydi, çünkü ortada eter rüzgârı diye bir şey var olmadığı ve düzeneklerini bütün yönlere çevirmelerine karşın ışığın hızının asla değişmediği anlamına geliyordu.

Bu durum, fizikçileri, ikisi de aynı ölçüde tatsız iki seçenekle karşı karşıya bırakmıştı. Bunlardan birisi, dünyanın etere göre tam anlamıyla hareketsiz olduğuydu. Bu seçenek, dünyanın evrendeki yerinin herhangi bir özellik taşımadığını bulan Kopernik'in orijinal çalışmalarından bu yana gök bilimi hakkında bilinen her şeyle çelişiyormuş gibi görünüyordu. İkinci seçenek ise, eter kuramından ve onunla beraber Newton mekaniğinden vazgeçmekti.

Eter kuramını kurtarmak için kahramanca çabalar harcandı. Bu bulmacanın çözümüne en fazla yaklaşan adım, Hollandalı fizikçi Hendrik Lorentz ve İrlandalı fizikçi George Fitzgerald tarafından atılmıştı. Bu ikili, eter içerisindeki hareketi sırasında dünyanın aslında eter rüzgârı tarafından fiziksel olarak sıkıştırıldığını, bu nedenle Michelson-Morley deneyi sırasında kullanılan bütün metrelerin küçüldüğünü öne sürdüler. Görünmezlik, sıkıştırılamazlık, aşırı yoğunluk gibi neredeyse

mistik özelliklere sahip olan eter, şimdi yeni bir özellik kazanmıştı: Atomların içinden geçerek onları mekanik olarak sıkıştırabiliyordu. Bu, elde edilen olumsuz sonucu gayet uygun bir şekilde açıklamaktaydı. Bu resimde ışığın hızı aslında değişmekteydi, fakat bu değişimi asla ölçme olanağını bulamazdınız, çünkü bir metre kullanarak yaptığınız her denemede ışığın hızı değişmekle beraber metrenin kendisi de eter rüzgârının yönünde tastamam doğru miktarda kısalıyor olurdu.

Lorentz ve Fitzgerald kısalmanın miktarını bağımsız olarak hesapladılar ve günümüzde "Lorentz-Fitzgerald kısalması" adı verilen şeyi buldular. Ne Lorentz, ne de Fitzgerald, bu sonuçtan yeterince hoşlanmamıştı; çok şipşak bir çözümdü, Newton mekaniğine yapılan bir yamaydı, fakat yapabildiklerinin en iyisi buydu. Lorentz-Fitzgerald kısalmasını fizikçilerin çoğu da beğenmedi, çünkü eter kuramının bel veren değerine destek olmak için ortaya atılıvermiş özel amaçlı bir ilke tadı vermekteydi. Yarı mucizevî özellikleriyle eter kuramı, Einstein'a yapay ve uyduruk gelmekteydi. Daha önce Kopernik, Batlamyus'un gezegenlerin "epicycle" adı verilen son derece karmaşık dairesel hareketlerle hareket ediyor olmasını gerektiren Dünya merkezli Güneş sistemini ortadan kaldırmıştı. Kopernik, Occam'ın Usturası'nı kullanarak Batlamyusçu sistemi düzeltmek ve Güneş'i Güneş sisteminin merkezine koymak için gerek duyulan epicycle fırtınasını dilim dilim kesmişti.

Tıpkı Kopernik gibi Einstein da eter kuramının çok sayıdaki iddiasını kesip atmak için Occam'ın Usturası'nı kullanacaktı. Ve bunu yapmak için bir çocuk resmini kullanacaktı.

3

Özel Görelilik ve "Mucize Yılı"

MACH'IN NEWTON'UN KURAMINA ilişkin eleştirilerinden meraklanan Einstein, on altı yaşından beri aklından çıkmayan, bir ışık demetinin yanı sıra koşmakta olduğu resme geri döndü. Politeknik'te iken yapmış olduğu, Maxwell'in kuramı uyarınca nasıl ölçerseniz ölçün ışık hızının aynı kalacağı yolundaki garip fakat önemli keşfi tekrar gözden geçirdi. Yıllar boyu, bunun nasıl olabileceği üzerinde kafa yormuştu, çünkü Newton'cu, sağduyulu bir dünyada hızla giden bir nesneye daima yetişebilirdiniz.

Hızla giden bir otomobili takip eden polisi tekrar gözünüzün önüne getirin. Polis, yeterince hızlı gittiği takdirde otomobile yetişeceğini bilmektedir. Aşırı hız yüzünden ceza alan herkes, bunu bilir. Fakat şimdi eğer otomobili bir ışık demeti ile değiştirirsek, bütün bu olaya şahit olan bir gözlemci, polisin ışık demetinin hemen ardından neredeyse ışık hızına eşit bir hızla gittiği sonucuna varacaktır. Polisin, ışık demeti ile başa baş gittiğinin farkında olduğundan hiç şüphemiz yoktur. Fakat daha sonra,

kendisiyle bir görüşme yaptığımız zaman, garip bir hikâye dinleriz. İddia etmektedir ki, az önce şahit olduğumuz gibi ışık demetinin yanı başında gitmemiştir, ışık hızla ondan uzaklaşmış, ona toz yutturmuştur. Söylediğine göre, motorunu ne kadar zorlarsa zorlasın, ışık demeti ondan tam olarak aynı hızla uzaklaşmıştır. Aslına bakılacak olursa, ışık demetini yakalamanın yanına bile yaklaşmayı başaramadığına yemin etmektedir. Ne kadar hızlı giderse gitsin, sanki hızla giden bir polis arabasının içinde değil de yolun kenarında sabit şekilde duruyormuş gibi, ışık demeti ondan ışık hızında uzaklaşmıştır.

Fakat siz polis memurunun ışık demeti ile başa baş gittiğini, onunla ışık demeti arasında bir saç kılı kadar mesafe kaldığını gördüğünüzü söyleyerek ısrar edecek olursanız, o zaman size deli olduğunuzu söyleyecektir; yanına bile yaklaşamamıştır. Einstein için bu önde gelen, rahatsız eden gizemdi: *İki kişinin aynı olayı böylesine farklı şekillerde görmesi nasıl mümkün olabilirdi?* Eğer ışığın hızı gerçekten doğanın bir sabiti ise, nasıl olur da bir gözlemci polisin ışık demeti ile başa baş gittiğini iddia edebilir, buna karşılık polis memuru yanına dahi yaklaşamadığına yemin edebilirdi?

Einstein, Newton'cu resim (hızlar toplanıp çıkartılabilir) ile Maxwell'ci resmin (ışığın hızı sabittir) birbiriyle tamamen çelişki içerisinde olduğunu çok önceleri anlamıştı. Newton'cu kuram, az sayıda varsayıma dayanan, kendi kendini tamamlayan bir sistemdi. Eğer bu varsayımlardan yalnızca bir tanesi dahi değişecek olursa, bütün kuram tıpkı kopuk bir ilmeğin bir kazağı sökebildiği gibi darmadağın olurdu. Bu ilmek, Einstein'ın bir ışık demeti ile yarışma hayali olacaktı.

1905 yılının Mayıs ayı civarında bir gün Einstein, kendisi de patent ofisinde çalışmakta olan iyi arkadaşı Michele Besso'yu ziyarete gitti ve on yıldır aklını kurcalamakta olan bir problemin boyutlarını ortaya serdi. Einstein, en sevdiği deneme tahtası olarak kullandığı Besso'ya konuyu açıkladı: Fiziğin iki devi, Newton'cu mekanik ve Maxwell'in denklemleri, birbirleriyle uyumlu değildi. Ya biri, ya da diğeri, yanlıştı. Hangi kuramın doğru olduğu kanıtlanırsa kanıtlansın, nihai çözüm fizikte

uçsuz bucaksız bir yeniden düzenleme yapılmasını gerektirecekti. Bir ışık demetiyle yarışma ikileminin üzerinden tekrar tekrar geçti. Einstein'ın sonradan hatırladığına göre, "Özel görelilik kuramının mikrobu, bu ikilemin içinde zaten vardı." Saatlerce konuştular, Maxwell'in ışığın hızının sabit olduğu yönündeki iddiası ile çelişir gibi görünmekte olan Newton'un mutlak uzay ve zaman kavramı dahil olmak üzere, problemi her yönüyle tartıştılar. En sonunda Einstein, tamamen tükenmiş bir vaziyette yenildiğini ve bu araştırmadan vazgeçeceğini bildirdi; başarısız olmuştu.

O akşam evine döndüğünde, morali bozuk olmasına karşın Einstein'ın düşünceleri hâlâ kafasında yarış yapmaktaydı. Bern'de bir tramvaya bindiğini ve şehrin tümüne egemen olan meşhur saat kulesine dönüp baktığını özellikle hatırlıyor. Sonra, bu tramvay saat kulesinden ışık hızında uzaklaştığı takdirde ne olacağını gözünün önüne getirdi. Çabucak farkına vardı ki, saat durmuş görünecekti, çünkü ışık tramvaya yetişemeyecekti, fakat tramvayın içinde bulunan kendi saati normal şekilde çalışacaktı.

Derken, bütün problemin anahtarı, beyninde bir şimşek gibi çaktı. Einstein, "Beynimde bir fırtına koptu," diye hatırlıyor. Yanıt, basit ve şık idi: *Zaman, sizin ne kadar hızlı hareket ettiğinize bağlı olarak evrenin her tarafında farklı hızlarda akabilir.* Uzayın farklı noktalarına dağıtılmış, her biri farklı zamanları gösteren, her biri farklı bir hızda çalışan saatleri gözünüzün önüne getirin. Dünya üzerindeki bir saniye, Ay üzerindeki bir saniye veya Jüpiter üzerindeki bir saniye ile aynı uzunlukta değildi. Aslına bakılacak olursa, siz ne kadar yüksek bir hızla hareket ediyorsanız, zaman o kadar yavaşlıyordu (Bir seferinde Einstein, görelilik kuramında evrenin her noktasına her biri farklı hızda çalışan saatler yerleştirdiğini, fakat gerçek hayatta tek bir saat alacak kadar dahi parasının olmadığını söyleyerek espri yapmıştı). Bu, bir çerçeve içerisinde aynı anda meydana gelen olayların başka bir çerçeve içerisinde Newton'un zannettiği gibi aynı anda meydana gelmek zorunda olmadığı anlamına gelmekteydi. Nihayet "Tanrı'nın düşüncelerinin" içine girebilmişti. Sonradan heye-

canlı bir şekilde anlatmıştı, "Uzay ve zaman hakkındaki görüşlerimiz ve kurallarımızın yalnızca deneyimlerimizle açık bir ilişki içerisinde oldukları ölçüde geçerlilik iddiasında bulunabileceklerini düşününce, çözüm bir anda aklıma geliverdi ....eş zamanlılık kavramını elden geçirerek daha işlenebilir bir şekil kazandırdıktan sonra, görelilik kuramına ulaştım."

Örneğin, aşırı hız yapan otomobil ikileminde polis memurunun ışık demeti ile başa baş gittiğini, fakat polis memurunun gaza ne kadar basarsa bassın ışık demetinin kendisinden tam ışık hızında uzaklaşmayı sürdürdüğünü iddia ettiğini hatırlayın. Bu iki resim arasındaki farkı kaldırmak için tek yol, polisin beynini yavaşlatmaktır. *Polis için zaman, yavaşlar.* Eğer yolun kenarında durduğumuz yerden polisin kol saatini görecek olsaydık, saatin neredeyse durmuş olduğunu ve polisin yüz ifadelerinin de zaman içerisinde donduğunu görürdük. Böylece, biz baktığımız noktadan onun ışık demeti ile başa baş gittiğini, fakat onun saatlerinin (ve beyninin) neredeyse durmuş olduğunu görürüz. Daha sonra polis memuru ile konuştuğumuz zaman ışık demetini beyni ve saatleri çok daha yavaş çalıştığı için kendisinden hızla uzaklaşıyormuş gibi göründüğünü anlarız.

Einstein, kuramını tamamlamak amacıyla Lorentz-Fitzgerald kısalmasını da işin içine kattı. Ancak bu sefer kısalan şey, Lorentz ve Fitzgerald'ın düşündüğü gibi atomlar değil, uzayın kendisiydi. (Uzay kısalması ile zaman genişlemesinin toplam etkisi, günümüzde "Lorentz transformasyonu" olarak adlandırılır.) Böylece, eter kuramından tamamen kurtulabilirdi. Görelilik için geçtiği yolu özetleyerek, "Herkesten çok Maxwell'e borçluyum," diye yazmıştı. Michelson-Morley deneyinden şöyle böyle haberi olmasına karşın, görünüşe göre göreliliğin esini eter rüzgârından değil, doğruca Maxwell'in denklemlerinden gelmişti.

Bu keşfi izleyen gün Einstein tekrar Besso'nun evine gitti ve selam dahi vermeden bir nefeste söyleyiverdi, "Teşekkür ederim, problemi tamamen çözdüm." Gururla devam etti, "Çözümüm, zaman kavramının bir çözümlemesinden geldi. Zaman mutlak şekilde tanımlanamaz ve zaman ile sinyal hızı arasında birbirinden ayrılması olanaksız bir ilişki vardır." Daha sonraki

altı ay boyunca bu göz kamaştırıcı sezgisinin bütün matematiksel ayrıntılarını hesapladı, belki de gelmiş geçmiş en önemli bilimsel makalelerden birisini hazırladı. Oğlunun aktardığına göre, herhangi bir matematiksel hata olup olmadığını kontrol etmesi için makaleyi Mileva'ya verdikten sonra doğruca yatağına gitti ve iki hafta uyudu. Sonuçta ortaya çıkan makale, "Hareket Eden Cisimlerin Elektrodinamiği Üzerine," el yazısıyla otuz bir sayfa uzunluğundaydı, fakat dünyanın tarihini değiştirdi.

Makalede başka hiçbir fizikçiye atıfta bulunmamakta, yalnızca Michele Besso'ya teşekkürlerini bildirmektedir (Einstein, Lorentz'in konu üzerindeki başlangıç çalışmalarından haberdardır, fakat Lorentz kısalmasından haberi yoktur, onu kendisi de bağımsız olarak bulmuştur). Makale, nihayet 1905 Eylülünde *Annalen der Physik* dergisinin 17. cildinde yayımlandı. Aslında o meşhur 17. ciltte Einstein'ın çığır açan üç yazısı birden yayımlanmıştı. Meslektaşı Max Born, 17. cilt için "bütün bilimsel kaynaklar arasında en dikkat çekici olanlardan birisidir. İçinde Einstein'ın her biri farklı bir konu üzerine yazılmış ve günümüzde her biri bir başyapıt olarak kabul edilen üç yazısı bulunmaktadır" diye yazmıştır. (O meşhur cildin kopyaları 1994 yılındaki bir açık arttırmada 15,000 dolara satılmıştır.)

Einstein, nefes kesen bir hızla makalesine başlamış ve kuramlarının yalnızca ışık için geçerli olmanın ötesinde, evrenin kendisi için de doğru olduğunu beyan etmişti. Dikkate değer olan şey, çalışmaların hepsini sabit referans çerçeveleri (yani birbirine göre sabit hızla hareket eden nesneler) için geçerli iki basit postulattan (önerme) türetmiş olmasıdır:

1. *Fizik kuralları bütün sabit referans çerçevelerinde aynıdır.*
2. *Işığın hızı bütün sabit referans çerçevelerinde aynıdır.*

Görünüşte çok basit olan bu iki ilke, Newton'un çalışmalarından bu yana evrenin özelliklerine ilişkin en derin sezgileri içermektedir. Onlardan başlayarak uzay ve zamanın tamamen yeni bir resmini türetmek mümkündür.

Ustaca bir fırça darbesiyle Einstein ilk olarak eğer doğada ışık hızı gerçekten sabit ise o takdirde en genel çözümün Lorentz transformasyonu olduğunu kanıtladı. Sonra, Maxwell denklemlerinin gerçekten bu ilkeye uyduğunu gösterdi. Son olarak, hızların birbirleriyle garip bir şekilde toplandığını gösterdi. Yelkenli gemilerin hareketini gözlemleyen Newton'un hızların sınırsız bir şekilde eklenebileceği sonucuna varmış olmasına karşın, Einstein ışık hızının evrende erişilebilecek en yüksek hız olduğu sonucuna varmıştı. Bir an için, Dünya'dan ışık hızının %90'ı kadar bir hızla uzaklaşmakta olan bir roketin içinde bulunduğunuzu düşünün. Şimdi, roketin içinde mermisi yine ışık hızının %90'ı kadar bir hızla giden bir tabancayla ateş edin. Newton'cu fiziğe göre merminin ışık hızının %180'i kadar bir hızla hareket etmesi, böylece ışık hızını aşması gerekirdi. Fakat Einstein, metrelerin kısalması ve zamanın yavaşlaması nedeniyle bu iki hızın toplamının aslında ışık hızının %99'una yakın olduğunu gösterdi. Aslında Einstein, ne kadar uğraşırsanız uğraşın, hızınızı asla ışık hızının üstüne çıkartamayacağınızı gösterebilirdi. Işık hızı, evrenin nihai hız sınırıydı.

Bu tuhaf çarpıklıkları ömrümüz boyunca asla görmeyiz, çünkü biz asla ışık hızına yakın hızlarda yolculuk yapmayız. Newton'un yasaları, her gün karşılaşılan hızlar için tam anlamıyla yeterlidir. Newton yasalarına yapılacak ilk düzeltmeyi keşfetmek için iki yüz yıldan fazla zaman geçmesinin temelinde yatan neden budur. Fakat şimdi de ışık hızının yalnızca saatte 30 kilometre olduğunu hayal edin. Eğer bir otomobil yoldan aşağı doğru gidecek olsaydı, yüksekliği aynı kalmasına karşın uzunluğu, hareket yönünde ezilmiş gibi, mesela bir akordeon gibi kapanarak, belki de 2 santimetre olmuş gibi görünürdü. Otomobilin içindeki yolcular 2 santimetrelik bir boşluğa sıkışacakları için, kemikleri kırılırken bağırıp çığlık atmalarını beklerdik. Aslında yolcular hiçbir gariplik sezmezlerdi, çünkü otomobilin içindeki her şey, kendi vücutlarındaki atomlar da dahil, aynı ölçüde kısalmış olurdu.

Otomobil yavaşlayarak dururken uzunluğu yavaş yavaş artarak 2 santimetreden yaklaşık 4 metreye ulaşır, yolcular da

sanki hiçbir şey olmamış gibi yürüyüp giderlerdi. Gerçekte ezilen hangisidir? Siz mi, yoksa otomobil mi? Görelilik kuralı uyarınca bunu söylemeniz olanaksızdır, çünkü uzunluk kavramının mutlak bir anlamı yoktur.

Geri dönüp baktığımız zaman, başkalarının da göreliliği keşfetmeye hayret edilecek kadar yaklaştığını görebiliriz. Lorentz ve Fitzgerald aynı sıkışmayı elde etmişler, fakat bunun uzay ve zamanda meydana gelen küçük bir transformasyon değil de atomlardaki elektromekanik bir şekil bozukluğu olduğunu düşünerek sonuçları tamamen yanlış bir şekilde yorumlamışlardı. Döneminin en büyük Fransız matematikçisi olarak kabul edilen Henri Poincaré, çok yaklaşmıştı. Işığın hızının her referans çerçevesinde sabit bir değere sahip olması gerektiğini anlıyordu ve hatta bir Lorentz transformasyonu altında iken dahi Maxwell denklemlerinin aynı şekli koruduğunu göstermişti. Bununla beraber, o da Newton'cu eter çerçevesini terk etmeye karşı çıkmış ve bu şekil bozukluklarının yalnızca elektrik ve manyetizmaya ait bir olay olduğunu düşünmüştü.

Daha sonra Einstein biraz daha yüklendi ve bir sonraki can alıcı sıçrayışı yaptı. 1905 yılının sonlarına doğru dünyayı değiştirecek minicik, neredeyse bir dip not sayılabilecek bir makale yazmıştı. Eğer hızınız arttıkça elinizdeki metreler ve saatler değişiyorsa, o zaman o metrelerle ve saatlerle ölçtüğünüz madde ve enerji dahil her şeyin de değişmesi şarttı. Einstein, örneğin bir nesnenin hızı artarsa, kütlesinin de arttığını gösterebilirdi (Aslına bakılacak olursa, ışık hızına ulaşınca nesnenin kütlesi de sonsuza ulaşırdı - bu da olanaksız olduğu için ışık hızına ulaşmanın olanaksızlığını kanıtlamaktaydı). Bu, hareket enerjisinin her nasılsa dönüşüme (transformasyona) uğrayarak nesnenin kütlesini arttırdığı anlamına gelmekteydi. Yani, madde ve enerji, birbirinin yerine geçebilirdi. Eğer ne kadar enerjinin kütleye dönüştürülmekte olduğunu hassas bir şekilde hesaplayacak olursanız, basit birkaç satır yazarak gelmiş geçmiş en ünlü denklem olan $E=mc^2$ eşitliğine ulaşabilirdiniz. Işık hızı inanılmayacak kadar büyük, karesi ise daha da büyük bir sayı olduğu için bu, çok küçük miktarda bir maddenin dahi olağanüstü mik-

tarda bir enerjiyi serbest bırakabileceği anlamına gelmekteydi. Örneğin birkaç çay kaşığı dolusu madde, birkaç hidrojen bombasının enerjisine sahiptir. Doğrusunu isterseniz, ev büyüklüğünde bir madde parçası, dünyayı ortadan ikiye ayırmak için yeterli olabilir.

Einstein'ın formülü basit bir akademik egzersiz değildi, çünkü o, bu formülün Marie Curie tarafından keşfedilen merak uyandırıcı bir gerçeği, yalnızca 25 gram radyumun hiç bitmeyen bir şekilde saatte 4.000 kalorilik ısı yayarak termodinamiğin birinci yasasını (toplam enerji miktarı daima sabittir) ihlal edişini açıklayabileceğine inanıyordu. Einstein, radyum dışarıya enerji yaydıkça kütlesinde küçük (1905 yılında kullanılan cihazlarla ölçülemeyecek kadar küçük) bir azalma olması gerektiği sonucuna varmıştı. "Bu fikir, eğlenceli ve baştan çıkarıcıdır; fakat Tanrı buna gülüyor ve beni kandırıyor olabilir mi, işte orasını bilemem" diye yazmıştı. Görüşünün doğrudan kanıtlanmasının "şu anda muhtemelen gerçekleşebilecek şeyler âleminin ötesinde bulunduğuna" karar vermişti.

El değmemiş bu enerji daha önce neden kimsenin dikkatini çekmemişti? Bu durumu hiç para harcamamak suretiyle servetini gizli tutan inanılmaz derecede zengin bir adama benzetiyordu.

Eski öğrencilerinden biri olan Banesh Hoffman, şöyle yazmıştı, "Böyle bir adımın ne kadar cesaret gerektirdiğini gözünüzün önüne getirin. ... Dünyadaki her toprak parçası, her tüy, her toz tanesi, el değmemiş müthiş bir enerji kaynağı haline geliyor. O sıralarda bunu herhangi bir şekilde doğrulamak mümkün değildi. Ancak Einstein, 1907 yılında denkleminin sunumunu yaparken bunun görelilik kuramının getirdiği en önemli sonuç olduğunu söyledi. Einstein'ın denkleminin aradan yirmi beş yıl geçinceye kadar doğrulanmamış olması, onun çok ilerileri görme konusundaki olağanüstü yeteneğini göstermektedir.

Görelilik ilkesi, fizikte bir kez daha esaslı bir revizyon yapılmasını zorunlu kıldı. Eskiden fizikçiler enerjinin korunmasına, yani toplam enerji miktarının asla yaratılamayacağını ve yok edilemeyeceğini söyleyen termodinamiğin birinci yasasına ina-

nırlardı. Şimdi ise fizikçiler, madde ve enerjinin toplam bileşik değerinin koruma altında olduğuna inanmaktadırlar.

Einstein'ın durup dinlenmek bilmeyen zihni, aynı yıl bir başka problem, fotoelektrik etki üzerinde çalışmaya başladı. 1887 yılında Heinrich Hertz, bir metal üzerine çarpan bir ışık demetinin belirli koşullar altında küçük bir elektrik akımı yaratabildiğini fark etmişti. Bu, modern elektroniğin altında yatan ilkenin kendisidir. Güneş hücreleri (bazen güneş pilleri olarak da adlandırılır) bildiğimiz güneş ışığını hesap makinelerimizi çalıştırmak için kullanılabilecek elektrik kuvvetine dönüştürür. TV kameraları, görüntüleyecekleri nesneden gelen ışık demetlerini alarak onları sonunda TV ekranımızda görüntülenen elektrik akımlarına çevirirler.

Bütün bunlar, yüzyılın başlangıcında hâlâ tümüyle bir muammaydı. Işık demeti, bir şekilde metaldeki elektronları itiyordu, fakat nasıl? Newton, ışığın "parçacık" adını verdiği minik taneciklerden meydana geldiğini düşünmekteydi, fakat fizikçiler ışığın bir dalga olduğuna emindiler ve klasik dalga kuramı uyarınca enerjisi frekansından bağımsızdı. Örneğin, kırmızı ve yeşil ışığın farklı frekanslarda olmalarına karşın aynı enerjiye sahip olmalıydılar ve dolayısıyla bir metal parçasının üzerine düştükleri zaman yerinden edilen elektronların enerjisinin de aynı olması gerekirdi. Aynı şekilde, klasik dalga kuramının söylediğine göre eğer daha fazla lamba kullanılarak ışık demetinin gücü arttırılırsa, bu durumda çıkan elektronların enerjisinin artması şarttı. Bununla beraber, Philipp Lenard'ın çalışmaları, yerinden oynatılan elektronların enerjisinin ışık demetinin şiddetine değil, kesinlikle frekansına veya rengine bağlı olduğunu göstermişti, bu da dalga kuramının öngörüsüne aykırıydı.

Einstein, fotoelektrik etkiyi 1900 yılında Berlin'de Max Planck tarafından keşfedilen yeni "kuantum kuramını" kullanarak açıklamaya çalıştı. Planck, enerjinin bir sıvı gibi düzgün bir nicelik olmadığını, "kuanta" adı verilen belirgin, kesikli paketler halinde meydana çıktığını varsayarak klasik fizikten yapılmış en köklü sapmalardan birini yapmıştı. Her kuantumun enerjisi, fre-

kansı ile doğru orantılıydı. Oransallık sabiti doğanın yeni bir sabitiydi ve artık "Planck sabiti" adını taşıyordu. Atom ve kuantum dünyasının bu kadar garip görünmesinin nedenlerinden birisi, Planck sabitinin çok küçük bir sayı olmasıdır. Einstein mantık yürüterek, enerji kesintili paketlerden meydana geldiğine göre ışığın kendisinin nicelendirilmesi gerektiğine hükmetti. (Einstein'ın "ışık kuantası" paketi daha sonra, 1926 yılında kimyacı Gilbert Lewis tarafından bir ışık parçacığı anlamına gelen "foton" adıyla vaftiz edildi.) Einstein, eğer fotonun enerjisi frekansı ile doğru orantılıysa, o takdirde klasik fiziğin söylediğinin aksine, çıkan elektronun enerjisinin de frekansıyla doğru orantılı olması gerektiğine karar vermişti. (Meşhur TV dizisi *Uzay Yolu*'nda *Atılgan*'ın tayfasının düşmanlara "foton torpidoları" attığını hatırlamak eğlendirici olabilir. Gerçekte en basit foton torpidosu fırlatıcısı, bir el feneridir.)

Einstein'ın yeni resmi, ışığın kuantum kuramı, deneysel olarak kontrol edilebilecek doğrudan bir öngörüde bulunuyordu. Gelen ışık demetinin frekansı arttırılmak suretiyle, metalde üretilen voltajda kesintisiz bir artış ölçülmesi mümkün olmalıydı. Bu tarihi makale (ona zaman içinde fizik dalında Nobel Ödülü kazandırdı) 9 Haziran 1905 tarihinde "Işığın Üretilmesi ve Transformasyonu Konusunda Buluşsal Bir Bakış Açısı" adıyla yayımlandı. Bu makaleyle birlikte fotonun ve ışığın kuantum kuramının doğumu tescil edilmiş oldu.

"Mucize yıl" 1905 bitmeden, yazılan bir başka makalede Einstein, atom problemini ele aldı. Atom kuramının gazların ve kimyasal tepkimelerin özelliklerini belirlemede dikkat çekici bir başarı elde etmesine karşın, Mach ve diğer muhaliflerin zevkle vurguladığı gibi, atomun varlığına ilişkin doğrudan bir kanıt mevcut değildi. Einstein, atomların bir sıvı içerisindeki küçük parçacıklara yaptığı etkiyi gözlemek suretiyle varlıklarını kanıtlama olanağı bulabileceğini düşündü. Örneğin "Brown hareketi", bir sıvı içerisinde asılı halde duran küçük parçacıkların yaptığı minik, rastgele hareketleri ifade eder. Bu özellik, garip rastgele hareketler sergileyen minik polen parçacıklarını mikroskop altında gözlemleyen botanikçi Robert Brown tarafından 1828

yılında keşfedilmişti. Brown, başlangıçta bu zikzak hareketlerin erkek sperm hücrelerinin hareketine benzediğini düşünmüştü. Fakat daha sonra, aynı garip kural dışı hareketin minicik cam ve granit parçacıkları tarafından da sergilendiğini bulmuştu.

Bazıları, Brown hareketinin moleküller tarafından yapılan rasgele etkilerden kaynaklandığı yolunda tahminlerde bulunsa da, hiç kimse kabul edilebilir bir kuram oluşturamamıştı. Buna karşın Einstein, bir sonraki belirleyici adımı attı. Atomların gözlemlenemeyecek kadar küçük olmalarına karşın, büyük nesneler üzerine yaptıkları birikimli etkinin hesaplanması yoluyla büyüklüklerinin ve davranışlarının tahmin edilebileceğini düşündü. Eğer insan atom kuramına ciddi şekilde inanıyorsa, o zaman atom kuramının Brown hareketini çözümleyerek atomların fiziksel boyutlarını hesaplama olanağına sahip olması gerekirdi. Trilyonlar kere trilyonlarca su molekülünün rastgele şekilde birbiriyle çarpışmasının bir toz parçacığının yaptığı rastgele hareketlere yol açtığını varsayarak atomların boyutlarını ve ağırlığını hesaplayabildi ve bu sayede atomların varlığına ilişkin deneysel kanıt sağlamış oldu.

Einstein'ın basit bir mikroskoba bakarak bir gram hidrojende doğru değere çok yakın olarak $3{,}03 \times 10^{23}$ atom bulunduğunu hesaplayabilmesi, şaşırtıcıydı. Başlık, "Hareketsiz Sıvıların İçerisinde Asılı Küçük Parçacıkların Moleküler-Kinetik Isı Kuramı Tarafından Gerek Duyulan Hareketi Hakkında" şeklindeydi (18 Temmuz). Bu basit makale, aslında atomların varlığına dair ilk deneysel kanıtı vermekteydi (İşe bakın ki, atom kuramının öncülüğünü yapmış olan fizikçi Ludwig Boltzmann, biraz da atom kuramını öne sürmesi yüzünden kendisiyle dalga geçilmesi nedeniyle Einstein'ın atomların boyutlarını hesaplamasından yalnızca bir yıl sonra intihar etmişti). Einstein, bu dört makaleyi yazdıktan sonra doktora tezi olarak moleküllerin boyutları konusunda daha önce yazmış olduğu bir makaleyi danışmanı Profesör Alfred Kleiner'a teslim etti. O gece, Mileva ile birlikte sarhoş oldular.

Tezi başlangıçta reddedildi. Ancak Einstein, 15 Ocak 1906 tarihinde Zürich Üniversitesi'nden Ph.D. derecesini nihayet aldı.

Artık kendisini Dr. Einstein olarak görebilirdi. Yeni fiziğin doğuşu, tümüyle Bern'de, Kramgrasse 49 adresindeki Einstein konutunda gerçekleşti (Günümüzde o bina "Einstein Evi" olarak anılmaktadır. Sokağa bakan cumbalı güzel penceresinden dışarıya baktığınızda bir plâkette görelilik kuramının bu pencerede yaratıldığını okuyabilirsiniz. Öbür duvarda da atom bombasının resmini görebilirsiniz).

Bu nedenle 1905 yılı, bilim tarihinde gerçekten bir *annus mirabilis* idi. Eğer benzer bir mucize yıl aramak istersek, yirmi üç yaşındaki Isaac Newton'un evrensel çekim yasasını, integral ve diferansiyel cebri, binom kuramını ve kendi renk kuramını açıkladığı 1666 yılına bakmamız gerekecektir.

Einstein, 1905 yılını her biri uluslararası övgülere değer olan foton kuramını açıklayarak, atomların varlığına dair kanıt sağlayarak ve Newton fiziğinin çerçevesini yerle bir ederek tamamladı. Buna karşın, sonuçta ortaya çıkan sağır edici sessizlik karşısında hayal kırıklığına uğramıştı. Görünüşe göre çalışmaları tamamen göz ardı edilmekteydi. Cesareti kırılan Einstein, çocuğunu büyüterek ve patent ofisinde çalışarak kişisel yaşamına devam etti. Fizikte yeni dünyalara öncülük etme fikri, belki de tamamen boş bir hayalden ibaretti.

Bununla beraber, 1906 yılının başlarında gelen ilk yansıma belirtisi, Einstein'ın dikkatini çekti. Yalnızca bir tane mektup almıştı, fakat bu mektup zamanın belki de en büyük fizikçisi olan ve Einstein'ın çalışmalarının içerisinde gizli olan radikal anlamları bir bakışta anlayan Max Planck'tan geliyordu. Planck'ı görelilik kuramına cezbeden şey, bir nicelikten başka bir şey olmayan ışık hızını temel bir doğa sabiti düzeyine çıkartıyor olmasıydı. Örneğin Planck sabiti, klasik dünya ile kuantumun atom altı dünyası arasındaki sınırları ortaya koymaktaydı. Atomların garip özelliklerine karşı, Planck sabitinin küçük oluşu sayesinde korunmaktayız. Planck, Einstein'ın ışık hızını aynı şekilde yeni bir doğa sabiti haline yükselttiğini düşünmekteydi. Kozmik fiziğin aynı ölçüde garip olan dünyasından ışık hızının sahip olduğu muazzam değer sayesinde korunmaktaydık.

Bu iki sabit, Planck sabiti ve ışık hızı, Planck'ın zihninde aklıselimin ve Newton fiziğinin sınırlarını ortaya koymaktaydı.

Fiziksel gerçekliğin temelde tuhaf olan doğasını, Planck sabitinin küçüklüğü ve ışık hızının muazzamlığı nedeniyle göremiyorduk. Eğer görelilik ve kuantum kuramı sağduyu ile çelişiyorsa, bunun tek nedeni tüm yaşamımızı evrenin minicik bir köşesinde, hızların ışık hızına kıyasla yavaş ve cisimlerin Planck sabiti ile karşılaşmamızı engelleyecek kadar iri olduğu bir dünyada geçiriyor olmamızdı. Bununla beraber doğa, bizim aklıselimimize hiç aldırmadan, düzenli bir şekilde ışık hızına yakın hızlara ulaşan ve Planck'ın formülüne itaat eden atom altı parçacıklara dayalı bir evren yaratmıştı..

1906 yılının yazında Planck, bir anda ortaya çıkarak Isaac Newton'un mirasını sorgulamaya başlayan bu kamu çalışanı ile buluşmak üzere asistanı Max von Laue'yi gönderdi. Patent ofisinin bekleme odasında buluşmaları gerekiyordu, fakat von Laue gösterişli, otoriter bir şahıs beklemekte olduğu için komik bir şekilde birbirlerinin yanından geçip gitmişlerdi. Sonunda Einstein kendisini tanıştırdığı zaman, von Laue tamamen farklı biriyle, şaşırtıcı derecede genç ve günlük giysilerle dolaşan bir kamu görevlisiyle karşılaştığı için şaşırmıştı. Yaşam boyu arkadaş oldular (Bununla beraber, von Laue kötü bir puroyu uzaktan dahi tanıyabiliyordu. Einstein ona bir puro ikram edince von Laue, sohbet ederek bir köprünün üzerinden geçerlerken Einstein'ın bakmadığı bir anda puroyu Aare Nehrine fırlatıvermişti).

Max Planck'ın onaylamasıyla birlikte Einstein'ın çalışmaları, yavaş yavaş diğer fizikçilerin dikkatini çekmeye başladı. Garipliklerden birisi, dersleri asması yüzünden Einstein'a Politeknik'deyken "tembel köpek" adını takan bir eski profesörünün, eski öğrencisinin çalışmalarıyla özellikle ilgilenmesiydi. Matematikçi Hermann Minkowski, harekete geçerek Einstein'ın görelilik denklemlerini daha da ileri götürdü ve bu denklemleri hız arttıkça uzayın zamana ve zamanın da uzaya dönüştüğü şeklinde yeniden formüle etmeye çalıştı. Minkowski, bunu matematik diline çevirdi ve uzay ile zamanın dört boyutlu bir bütünlük oluşturduğu sonucuna ulaştı. Birdenbire herkes, dördüncü boyuttan bahsetmeye başlamıştı.

Örneğin bir harita üzerinde herhangi bir noktayı bulmak için iki koordinat (en ve boy) gerekir. Üçüncü bir boyutu, yüksekliği eklediğiniz zaman, burnunuzun ucundan evrenin kenarlarına kadar uzayda herhangi bir nesnenin yerini belirtebilirsiniz. Çevremizdeki görülebilir dünya, bu yüzden üç boyutludur. H.G. Wells gibi yazarlar, zamanın dördüncü boyut olarak düşünülebileceğini, dolayısıyla herhangi bir olayın üç boyutlu koordinatlarını ve meydana geldiği zamanı vermek suretiyle belirlenebileceğine dair fikirler beyan etmişlerdir. Böylece, eğer birisiyle New York City'de buluşmak isterseniz, "42. Sokak'la Beşinci Cadde'nin köşesine, yirminci katta, öğle saatlerinde buluşalım" diyebilirsiniz. Dört sayı, olayı tam olarak belirtmektedir. Ancak, Wells'in dördüncü boyutu herhangi bir matematiksel veya fiziksel içeriğe sahip olmayan yalın bir fikirdi.

Daha sonra Minkowski, bu güzel dört boyutlu yapıyı ortaya çıkartmak, uzay ile zamanı dört boyutlu bir doku içinde birbiriyle bağlamak üzere Einstein'ın denklemlerini yeni baştan yazdı. Minkowski'nin notlarına göre "Şu andan itibaren tek başına uzay ve tek başına zaman gölgelerin arasına karışarak ortadan kalkmış olup, yalnızca ikisinin bir tür birlikteliği herhangi bir bağımsız gerçeklik ifade edecektir."

Einstein, başlangıçta hiç etkilenmemişti. Hatta, alaycı bir ifade ile "Esas olan matematik değil, içeriktir. Matematikten yararlanarak her şeyi kanıtlayabilirsiniz" diye yazmıştı. Einstein, göreliliğin merkezinde "fuzuli bilginlik" olarak adlandırdığı güzel fakat anlamsız dört boyutlu matematiğin değil, temel fizik ilkelerinin bulunduğunu düşünüyordu. Ona göre asıl önemli olan şey net ve basit bir resme (örn. trenler, inen asansörler, roketler) sahip olmaktı, matematik onun ardından gelirdi. Aslına bakılacak olursa, bu noktada matematiğin resimde ne olup bittiğini izlemek için gerekli olan muhasebeciliği temsil ettiğine inanmaktaydı.

Einstein, yarı şaka olarak "Matematikçilerin görelilik kuramına saldırıya geçmesinin ardından ben bile onu artık anlayamıyorum" diye yazmıştı. Bununla beraber, aradan zaman geçince Minkowski'nin çalışmalarının gücünü ve altında yatan derin fel-

sefi çıkarımları tam olarak takdir etmeye başladı. Minkowski'nin gösterdiği şey, görünüşe göre birbirinden farklı olan iki kavramı simetrinin gücünü kullanarak birleştirmenin mümkün olduğuydu. Uzay ve zaman, şimdi artık aynı nesnenin farklı durumları olarak görülecekti. Aynı şekilde enerji ve madde, hatta elektrik ve manyetizma, dördüncü boyutun aracılığı kullanılarak birbiriyle ilişkilendirilebilirdi. *Simetri vasıtasıyla birleştirme*, geri kalan yaşamı boyunca Einstein'a kılavuzluk eden ilkelerden biri haline gelmişti.

Örnek olarak bir kar tanesini gözünüzün önüne getirin. Eğer kar tanesini 60 derece döndürecek olursanız, kar tanesi aynı kalır. Matematiksel olarak, döndürüldükten sonra şeklini muhafaza eden nesnelerin "eşdeğişken" (covariant) olduğunu söyleriz. Minkowski, uzay ve zaman dört boyutlu nesneler olarak döndürüldüğü zaman Einstein'ın denklemlerinin tıpkı bir kar tanesi gibi eşdeğişken olarak kaldığını göstermiştir.

Başka bir deyişle, fizikte yeni bir ilke doğmaktaydı ve bu ilke, Einstein'ın çalışmalarına daha da büyük bir saflık kazandırmıştı: *Fizik denklemleri, Lorentz eşdeğişkeni olmalıdır* (yani bir Lorentz transformasyonu altında aynı şekli korumalıdır). Daha sonraları Einstein, Minkowski'nin dört boyutlu matematiği olmasaydı göreliliğin "çocuk bezi bağlanacak durumdan kurtulamayabileceğini" itiraf etmiştir. Dikkat çekici olan şey, görelilikle ilişkili bütün denklemlerin dört boyutlu bu yeni fizik sayesinde fizikçiler tarafından özetlenerek oldukça derli toplu bir şekle sokulması olanağının ortaya çıkmış olmasıdır. Örneğin her elektrik mühendisliği öğrencisi ve fizikçi, Maxwell'in sekiz kısmi diferansiyel denklemden meydana gelen dizisi üzerinde ilk kez çalışmaya başladığı zaman onların acımasızca zor olduğunu öğrenir. Fakat Minkowski'nin yeni aritmetiği, Maxwell'in denklemlerini yalnızca iki taneye indirmiştir (Aslına bakılacak olursa, Maxwell denklemlerinin ışığı tanımlayan olabilecek *en basit* denklemler olduğunu, dört boyutlu aritmetik kullanarak kanıtlamak mümkündür). Tarihte ilk defa fizikçiler, denklemleri üzerinde simetrinin sahip olduğu gücü takdirle karşıladılar. Bir fizikçi, fizikte "güzellik ve şıklıktan" bahsettiği zaman, aslında

simetrinin çok sayıda farklı olayın ve kavramın çok küçük bir şekil içerisinde birleştirilebilmesine olanak sağladığını kastetmektedir. *Bir denklem ne kadar güzelse o kadar fazla simetri içeriyor demektir ve en küçük bir alanda o kadar fazla olayı açıklayabilir.*

Böylece simetrinin gücü, birbirinden tamamen farklı parçaları, uyumlu ve tüm parçaları tamam olan bir bütün halinde toparlamamıza olanak sağlamaktadır. Örneğin bir kar tanesinin döndürülmesi, kar tanesi üzerindeki her nokta arasında var olan birliği görmemize olanak sağlar. Dönme işleminin dört boyutlu uzayda yapılması, hız arttıkça birini diğerine dönüştürerek uzay ve zaman kavramını birleştirir. Simetrinin görünüşte birbirine benzemeyen varlıkları birleştirdiğine dair bu güzel ve şık kavram, Einstein'ı sonraki elli yıl boyunca yönlendirmiştir.

Einstein, görünüşte çelişkili bir şekilde, özel görelilik kuramını tamamlamasının hemen ardından ilgisini kaybetmeye başlamış, daha derin başka bir soruyla, özel göreliliğin erişim alanı dışında kalıyormuş gibi görünen çekim ve ivme konularıyla ilgilenmeye başlamıştı. Einstein görelilik kuramının doğmasını sağlamış olmakla beraber, sevgi dolu her ebeveyn gibi onun olası hatalarının farkına derhal varmış ve bunları düzeltmeye çalışmıştır (Bu konuya ilerleyen bölümlerde daha fazla değinilecektir).

Bu arada, fikirlerinden bazılarını doğrulayan deneysel kanıtlar da birikmeye başlamış, onun fizik toplumundaki görünürlüğünü arttırmıştı. Michelson-Morley deneyi tekrar tekrar yapılmış, her seferinde aynı olumsuz sonuçla karşılaşılması eter kuramının üzerine gölge düşürmüştü. Diğer taraftan, fotoelektrik etkisi üzerine yapılan deneyler, Einstein'ın denklemlerini doğrulamaktaydı. Üstelik, yüksek hızlı elektronlar üzerine 1908 yılında yapılan deneyler, elektron ne kadar hızlı hareket ederse kütlesinin o kadar fazlalaştığı görüşünü kanıtlar gibi görünmekteydi. Kuramlarıyla ilişkili deneysel başarıların üst üste yığılmasının verdiği destekle, yakınlardaki Bern Üniversitesi'nde bir okutmanlık (*privatdozent*) görevine başvurdu. Bu görev profesörlüğün altındaydı, fakat aynı anda patent ofisindeki işine devam edebilmesi avantajını sağlıyordu. Yayımlanmış diğer

çalışmalarıyla birlikte, görelilik tezini de sunmuştu. Bölüm başkanı Aime Foster, görelilik kuramının anlaşılmasının olanaksız olduğunu öne sürerek başlangıçta başvurusunu geri çevirdi. İkinci denemesi ise, başarılı oldu.

Fizikte büyük buluşlar yaptığına ilişkin kanıtların birikmesi üzerine Einstein, 1908 yılında Zürich Üniversitesi'nde daha saygın bir konum için ciddi şekilde düşünülmeye başlandı. Bununla beraber, eski bir tanıdığı olan Friedrich Adler ile aralarında sıkı bir rekabet mevcuttu. Söz konusu konum için en üst sırada düşünülen adayların her ikisinin de Yahudi olması olumsuz bir durum oluşturmaktaydı, fakat Adler'in öğretim görevlilerinin çoğunun sempati duyduğu Avusturya Sosyal Demokratik Parti'nin kurucusunun oğlu olması nedeniyle Einstein bu konum için göz ardı edilecekmiş gibi görünüyordu. Bu nedenle, Einstein'ın bu konuma gelmesi için Adler'in şahsen güçlü bir şekilde ısrarcı olması, şaşılacak bir durumdu. Adler, başarılı bir karakter gözlemcisiydi ve Einstein'ı doğru şekilde değerlendirmişti. Einstein'ın bir fizikçi olarak sahip olduğu olağanüstü yetenekleri güçlü ve etkili bir biçimde anlatmış, fakat "öğrenciliği sırasında profesörlerin küçümseyen davranışlarına maruz kalmıştır ....Önemli kişilerle uyumlu ilişki kurmanın ne demek olduğunu anlamamaktadır" demiştir. Adler'in olağanüstü fedakârlığı nedeniyle Einstein seçildi ve akademik merdivenlerden meteor hızıyla tırmanmaya başladı. Artık Zürich'e dönmüştü, fakat bu sefer başarısız, işsiz bir fizikçi ve uyumsuz bir kişi olarak değil, bir profesör olarak dönmüştü. Zürich'te bir daire bulduğu zaman, Adler'in kendisinden bir aşağıdaki katta oturduğunu öğrenerek çok sevinmişti ve birbirleriyle iyi arkadaş olmuşlardı.

Einstein, ilk konuşmasını 1909 yılında Salzburg'da katıldığı ilk önemli fizik konferansında yaptı. Katılımcılar arasında, içlerinde Max Planck'ın da bulunduğu çok sayıda önde gelen kişi vardı. "Radyasyonun Yapısı ve Özellikleri Hakkındaki Görüşlerimizin Gelişmesi" konulu konuşmasında $E=mc^2$ denklemini dünyaya zorla da olsa tanıttı. Öğle yemeği için para hesabı yapmaya alışık olan Einstein, bu konferanstaki bolluk karşı-

sında hayrete düşmüştü. "Şenlikler, Hotel National'da yaşamım boyunca katıldığım en zengin ziyafetle sona erdi," diye hatırlıyor. "Bu durum, beni yanımda oturmakta olan Cenevre patriğine şöyle söylemeye kışkırttı: Eğer Kalven burada olsaydı ne yapardı, biliyor musunuz? ... Muazzam bir direk diker ve günahkâr savurganlığımız yüzünden hepimizi yakardı. Adam bundan sonra benimle tek bir kelime dahi konuşmadı."

Einstein'ın konuşması, tarih boyunca fizikte "ikilik" kavramının, yani ışığın ya bir önceki yüzyılda Maxwell tarafından önerildiği gibi dalga olarak, ya da Newton tarafından önerildiği gibi parçacık olarak çifte özellik sahibi olabileceği kavramının herhangi bir kişi tarafından açık bir şekilde sunulduğu ilk konuşmaydı. İnsanın ışığı parçacık olarak mı, yoksa dalga olarak mı gördüğü, yapılan deneye göre değişirdi. Işığın dalga boyunun büyük olduğu düşük enerji deneylerinde dalga resmi daha kullanışlıydı. Işığın dalga boyunun son derece küçük olduğu yüksek enerji demetlerinde parçacık resmi daha uygun oluyordu. Bu kavram (aradan on yıllar geçtikten sonra Danimarkalı fizikçi Niels Bohr'a atfedilmiştir), madde ve enerjinin özelliklerine ilişkin temel bir gözlem oluşturmuş ve kuantum kuramı üzerine yapılan araştırmalarda en zengin kaynaklardan biri olmuştur.

Artık bir profesör olsa da, Einstein her zamanki kural tanımazlığını sürdürmüştür. Öğrencilerinden birisi, onun Zürich Üniversitesi'ndeki ilk dersini çok canlı bir şekilde hatırlamaktadır: "Sınıfa epeyce pejmürde bir şekilde, paçaları çok kısa bir pantolon giymiş olarak ve elinde üzerine ders notlarını çiziktirmiş olduğu kartvizit büyüklüğünde bir kağıt parçasıyla gelmişti."

1910 yılında Einstein'ın ikinci oğlu Eduard doğdu. Kıpır kıpır bir gezgin olan Einstein, görünüşe göre profesörlerden bazıları onu üniversiteden uzaklaştırmaya çalıştığı için kendisine yeni bir iş aramaya başlamıştı bile. Ertesi yıl, Prag Üniversitesi Kuramsal Fizik Enstitüsünde daha yüksek maaşlı bir iş teklifi aldı. Ne komiktir ki, ofisi bir akıl hastanesinin bitişiğindeydi. Fiziğin gizemleri üzerine kafa yorarken, içerideki hastaların aklı başında olup olmadığını sık sık aklından geçirirdi.

Aynı yıl, 1911, dünyanın önde gelen fizikçilerinin çalışmalarına dikkat çekmek amacıyla Belçikalı varlıklı bir sanayici olan Ernest Solvay tarafından Brüksel'de düzenlenen ilk Solvay konferansında dinleyici olmuştu. Zamanının en önemli konferansı olan bu toplantı, Einstein'a fiziğin devleri ile karşılaşma ve onlarla görüş alışverişinde bulunma olanağı sağladı. İlk kez Nobel Ödülü sahibi Marie Curie ile tanıştı ve aralarında yaşam boyu süren bir ilişki başladı. Görelilik kuramı ve kendisine ait foton kuramı, ilginin merkezinde yer alıyordu. Konferansın konusu, "Radyasyon Kuramı ve Kuanta" olarak seçilmişti.

Konferans sırasında tartışılan sorulardan birisi de meşhur "ikizler ikilemi" olmuştu. Einstein, zamanın yavaşlamasının ortaya çıkarttığı garip ikilemlerden daha önce söz etmişti. İkizler ikilemi, görelilik kuralında görünüşte var olan bazı çelişkileri incelemek için basit bir düşünce deneyini ortaya atan fizikçi Paul Langevin tarafından önerilmişti (O sıralarda gazeteler mutsuz bir evlilik yapmış olan Langevin ile dul olan Marie Curie arasındaki romantik bir skandal hakkında renkli haberlerle doluydu). Langevin, dünya üzerinde yaşamakta olan ikizleri göz önüne almıştı. İkizlerden birisi ışık hızına yakın bir hızla yapılan bir yolculuğa çıkartılıyor ve sonra Dünya'ya geri getiriliyordu. Dünya'da mesela elli yıl geçmiş olabilirdi, fakat roketin içinde zaman yavaşladığı için, roketteki ikiz yalnızca on yıl yaşlanmıştı. İkizler sonunda tekrar bir araya geldiklerinde yaşları arasında bir uyumsuzluk bulunacak, roketteki ikiz kırk yaş genç olacaktı.

Şimdi duruma roketteki ikizin bakış açısıyla bakalım. Onun bakış açısına göre kendisi sabit durmaktadır ve Dünya uzaklaşıp gitmiştir, bu yüzden dünyadaki ikizin saati daha yavaş ilerlemeye başlamıştır. İkizler nihayet tekrar karşılaştıkları zaman, roketteki ikizin değil, Dünya'daki ikizin daha genç olması gerekir. Fakat, hareketlerin göreli olması gerektiği için, sorulması gereken soru aslında ikizlerden hangisinin daha genç olduğudur. Her iki durumun simetrik bir görünüme sahip olması nedeniyle bu bulmaca görelilikle başa çıkmaya kalkışan her öğrenci için günümüzde dahi bir diken olma niteliğini korumaktadır.

Einstein'ın işaret ettiği gibi, bu bulmacanın çözümü Dünya'daki ikizin değil, roketteki ikizin ivmelenmeye uğramış olmasında yatmaktadır. Roketin yavaşlaması, durması ve ondan sonra da geri dönmesi gerekmektedir, bunun da roketteki ikiz üzerinde büyük bir gerilim yarattığı açıkça görülmektedir. Başka bir deyişle, durumlar simetrik değildir, çünkü özel göreliliğin ardındaki varsayımların kapsamı altında olmayan ivmelenmeler, yalnızca aslında daha genç olan roketteki ikiz için meydana gelmektedir.

(Bununla beraber, eğer roketteki ikiz hiçbir zaman geri dönmeyecek olursa, durum daha da karmaşıklaşmaktadır. Bu senaryoda ikizlerden her biri, teleskopta diğer ikizin zaman içinde yavaşladığını görmektedir. Durumlar şimdi mükemmel bir simetri içerisinde bulunduğu için, ikizlerin her biri öbürünün daha genç olduğuna kanaat getirmiştir. Aynı şekilde, ikizlerden her biri, diğerinin daha incelmiş (basık) olduğunu düşünmektedir. Öyleyse ikizlerden hangisi daha genç ve daha incedir? Ne kadar çelişkili görünürse görünsün, her biri diğerinden daha genç, her biri diğerinden daha ince iki ikiz mevcut olması mümkündür. Gerçekte bu çelişkilerin hepsinde kimin daha ince veya daha genç olduğunu belirlemenin en basit yolu, bu iki ikizi yan yana getirmektir, bu da ikizlerden birinin çekilip geri getirilmesini gerektirecektir, bu da ikizlerden hangisinin "gerçekten" hareket ettiğini ortaya koyacaktır.

İnsanı bunaltan bu çelişkiler kozmik ışınlar ve atom parçalayıcılarla yapılan araştırmalar sayesinde her ne kadar dolaylı olarak Einstein'ın lehine çözümlendiyse de, bu etki öylesine küçüktür ki, atomik saatler taşıyan çok hızlı uçakların gökyüzüne çıkartıldığı 1971 yılına kadar laboratuarda direkt olarak gözlemlenmemiştir. Atomik saatler zamanın akışını astronomik bir doğrulukla ölçebildiği için, bilim insanları iki saati karşılaştırmak suretiyle tam da Einstein'ın öngördüğü gibi ne kadar hızlı hareket ederseniz saatin o kadar yavaş çalıştığını doğrulama olanağı bulabilmiştir).

Başka bir ikilemde ikisi de birbirinden kısa olan iki nesne bulunmaktadır. 50 santimetrelik bir kafes kullanarak üç metrelik

bir kaplanı tuzağa düşürmeye çalışan bir avcıyı gözünüzün önüne getirin. Bu, normal koşullar altında olanaksızdır. Şimdi hayalinizde kaplanın öyle hızlı koştuğunu düşünün ki, uzunluğu 50 santimetreye inmiş olsun, böylece kapak kapanabilsin ve kaplan yakalanabilsin. Kaplan birdenbire durunca boyu uzar. Eğer kafes ağ benzeri bir malzemeden yapılmışsa, kaplan ağı yırtacaktır. Eğer kafes betondan yapılmışsa, zavallı kaplan ezilerek ölecektir.

Şimdi de duruma kaplanın bakış açısından bakın. Eğer kaplan sabit vaziyette duruyorsa şimdi kafes hareket ediyordur ve boyu 5 santimetreye kadar inmiştir. Bu kadar küçük bir kafes, üç metrelik bir kaplanı nasıl yakalayabilir? Bu sorunun yanıtı, kafes inerken hareket yönünde küçüldüğü, dolayısıyla bir paralel kenara, ezilmiş bir kareye dönüştüğüdür. Bu nedenle, kafesin iki ucunun kaplana aynı anda çarpması gerekmez. Avcı için aynı anda olan şey, kaplan için aynı anda değildir. Eğer kafes ağ benzeri bir malzemeden yapılmışsa, kafesin ön kısmı önce kaplanın burnuna çarpacak ve kesmeye başlayacaktır. Kafes düştükçe kaplanın vücudunu boydan boya keser, ta ki kafesin arka kenarı kuyruğa gelinceye kadar. Eğer kafes betondan yapılmışsa, önce kaplanın burnu ezilecektir. Kafes alçaldıkça kaplanın vücudunu ezmeye devam edecektir, ta ki kafesin arka kenarı kaplanın kuyruğunu ezinceye kadar.

Bu ikilemler, halkın hayal gücünü dahi harekete geçirdi ve *Punch* adlı mizah dergisinde aşağıdaki dörtlük yayımlandı:

Bir zamanlar Bright adlı genç bir kadın vardı
Işıktan çok daha hızlı gidebilirdi
Bir gün yola çıktı, göreli bir yolda
Ve bir önceki gece geri döndü.

Sevgili eski dostu Marcel Grossman artık Politeknik'te profesör olmuştu ve eski okulunda profesör olarak çalışmak isteyip istemediğini öğrenmek için Einstein'ın ağzını yokladı. Tavsiye mektupları, Einstein'ı en yüksek düzeyde anlatmaktaydı. Marie

Curie, "Matematiksel fizikçiler, onun çalışmalarının birinci sınıf olduğu konusunda oy birliği içerisindedirler," diye yazmıştı.

Böylece, Prag'a gelişinden yalnızca on altı ay sonra Zürich'e ve eski Politeknik'e geri döndü. Tanınmış bir profesör olarak Politeknik'e (1911 yılından itibaren İsviçre Federal Teknoloji Enstitüsü, ETH olarak adlandırılmıştı) geri dönüş, Einstein için kişisel bir zaferi simgeliyordu. Üniversiteden itibarı gölgelenmiş bir şekilde, Weber gibi profesörler tarafından kariyeri etkin bir şekilde sabote edilerek ayrılmıştı. Fizikteki yeni devrimin lideri olarak geri döndü. O yıl, Nobel Fizik Ödülü için ilk kez aday gösterildi. Fikirleri İsviçre akademisi için hâlâ fazlaca keskin bulunmaktaydı ve Nobel Ödülü sahipleri arasında onun adaylığını sabote etmek isteyen sesler vardı. 1912 yılında Nobel Ödülü Einstein'a değil, deniz fenerlerini geliştirmek için yaptığı çalışmalar dolayısıyla Nils Gustaf Dalén'e verildi (Ne gariptir ki, günümüzde Einstein'ın görelilik kuramına son derece bağımlı olan küresel konumlandırma uydu sistemlerinin ortaya çıkışına bağlı olarak deniz fenerleri büyük ölçüde gereksizleşmiş bulunmaktadır).

Sonraki bir yıl içerisinde Einstein'ın ünü öyle büyük bir hızla artmaktaydı ki, Berlin'den talepler almaya başladı. Max Planck, fiziğin bu yükselen yıldızını ele geçirmeyi çok istiyordu ve Almanya, fizik araştırmaları alanında dünyanın tartışmasız lideriydi, Almanya'daki araştırmaların merkezinde de Berlin bulunuyordu. Alman vatandaşlığından çıkmış olan ve bazı acı gençlik hatıralarını hâlâ unutmamış olan Einstein başlangıçta biraz tereddüt etmişti, fakat teklif dayanılmayacak kadar cazipti.

1913 yılında Einstein Prusya Bilimler Akademisi'ne seçildi ve daha sonra kendisine Berlin'de üniversitede bir iş teklifi yapıldı. Kaiser Wilhelm Fizik Enstitüsü'nün direktörü olacaktı. Ancak, onun için pek fazla bir anlam taşımayan unvanların ötesinde, bu teklifi onun için özellikle cazip hale getiren şey, hiçbir öğretim yükü getirmiyor olmasıydı (Her ne kadar Einstein öğrenciler arasında onlara karşı saygılı ve kibar davranışlarıyla dikkat çeken gözde bir öğretmen olsa da, öğretmenlik onu asıl ilgi alanından, genel görelilikten uzak tutmaktaydı).

Einstein, diğer öğretim görevlileriyle tanışmak için Berlin'e 1914 yılında geldi. Bütün bakışlar üzerinde toplandığı sırada biraz endişeliydi. Einstein, "Berlin'deki baylar, sanki ödüllü bir tavukmuşum gibi benim üzerime bahse giriyorlar. Bana sorarsanız, başka bir yumurta yumurtlayıp yumurtlamayacağımı bilmiyorum," diye yazmıştı. Garip politikalara sahip olan ve giyimi ise daha da garip olan otuz beş yaşındaki asi, üyelerin birbirine "Danışma Meclisi üyesi" veya "Ekselans" diye hitap ettiği Prusya Bilimler Akademisi'nin katı, üst tabaka yöntemlerine kısa zamanda alışmak zorunda kaldı. Einstein, "Öyle görünüyor ki, üyelerin çoğu yazı yazarken kendilerini tavus kuşunu andıran bir heybet içerisine hapsediyor," diye düşünüyordu, "onun dışında epeyce insancıl davranıyorlar."

Einstein'ın Bern'deki patent ofisinden Alman araştırmalarının en üst saflarına doğru mükemmel yükselişi, kişisel bir bedel ödemesine de yol açtı. Bilim çevrelerinde ünü arttıkça, kişisel yaşamı dağılmaya başlamıştı. Bunlar, Einstein'ın en üretken olduğu yıllardı, meyveleri insanlık tarihini yeni baştan şekillendirecekti ve neredeyse olanaksız diye nitelenebilecek talepleri karşılamak için ayırmak zorunda olduğu zaman, onu eşinden ve çocuklarından uzaklaştırıyordu.

Einstein, Mileva ile yaşamanın bir mezarlıkta yaşamaya benzediğini ve yalnız oldukları zaman onunla aynı odada bulunmaktan kaçındığını yazmıştı. Arkadaşları, kimin kabahatinin daha fazla olduğu konusunda görüş ayrılığı içerisindeydiler. Çoğu, Mileva'nın giderek artan bir şekilde yalnızlaştığını ve şöhret sahibi kocasına karşı kırgınlık duyduğunu düşünmekteydi. Mileva'nın arkadaşları dahi, o yıllarda Mileva'nın epeyce yaşlanmasından ve dış görünüşünün dikkat çekecek kadar bozulmasına izin vermesinden üzüntü duyuyorlardı. Giderek artan bir şekilde bağırarak konuşuyor, soğuk davranıyor ve kocasının meslektaşları ile birlikte geçirdiği süreyi dahi kıskanıyordu. Einstein'a Anna Schmid (Einstein'ın Aarau'da bulunduğu kısa süre içinde tanışmışlardı ve daha sonra evlenmişti) tarafından gönderilen bir tebrik mektubunu keşfettiği zaman çile-

den çıktı, zaten sallantıda olan evliliklerinde araları belki de en şiddetli şekilde açıldı.

Diğer taraftan, bazıları da sürekli olarak seyahat eden, Mileva'yı iki çocuğunu çoğunlukla tek başına büyütmek zorunda bırakan Einstein'ı mükemmel koca olarak tanımlamanın zor olduğunu düşünmekteydi. Herkesin bildiği gibi, yüzyılın başında seyahat etmek zordu ve yoğun seyahatler onun günlerce ve haftalarca evden uzak kalmasına yol açıyordu. Geceleri gelip geçen gemiler gibi, evde olduğu zaman ya yemek için, ya da tiyatroya gitmek için karşılaşıyorlardı. Matematiğin soyut dünyasına öylesine gömülmüş durumdaydı ki, karısıyla iletişim kurmak için çok az duygusal enerjisi oluyordu. Bu da yetmiyormuş gibi, karısı onun sık seyahatlerinden şikâyet ettikçe, o da fizik dünyasının içerisine daha fazla gömülmekteydi.

Belki her iki suçlamada da gerçeklik payı olduğunu ve kabahatli aramanın yararsız olduğunu söylemek, en doğrusu olacaktır. Geriye dönüp bakıldığı zaman bu evliliğin muazzam sıkıntılarla karşılaşmasının kaçınılmaz olduğu muhtemelen görülebilir. Belki de arkadaşları, yıllar önce bu ikilinin birbiriyle uyumlu olmadığını söylerken haklıydılar.

Kırılma noktasına Einstein'ın Berlin'den gelen öneriyi kabul etmesi üzerine ulaşılmıştı. Mileva'nın Berlin'e gitmek konusunda tereddütleri vardı. Belki de Cermen kültürünün ortasında kalmış bir Slav olma fikri ona çok korkutucu gelmekteydi; daha da önemlisi, Einstein'ın akrabalarının çoğu Berlin'de yaşıyordu ve Mileva, onların sert, onaylamayan bakışlarının altında ezilmekten korkmaktaydı. Kocasının ailesinin ondan nefret etmekte olduğu, gizli bir şey değildi. Başlangıçta Mileva ve çocuklar Einstein ile birlikte Berlin'e gitti, fakat Mileva, birdenbire çocukları da alarak Zürich'e geri döndü. Bir daha asla birleşmediler. Çocuklarını herkesten fazla seven Einstein, yıkılmıştı. O andan itibaren çocuklarıyla uzak mesafeli bir ilişki kurmak, onları görebilmek için Berlin'den Zürich'e on saatlik yorucu bir yolculuk yapmak zorunda kaldı. Einstein'ın sekreteri Helen Dukas'ın yazdığına göre, çocukların velayeti en sonunda Mileva'ya verildiği zaman Einstein bütün dönüş yolculuğu boyunca ağlamıştı.

Fakat, muhtemelen Einstein'ın bilindik bir kuzeninin Berlin'de giderek artan varlığı da bu kopuşu hızlandıran etmenlerden biri olmuştu. "Epeyce içe kapanık olsam da, aslında Berlin'e gelişimin nedenleri arasında yer alan bir bayan kuzenimin ilgisi sayesinde yalnız bir yaşam sürmemekteyim," diye itiraf ediyordu.

Elsa Loventhal, bir çifte kuzendi; onun annesi ile Einstein'ın annesi ve her ikisinin dedeleri, kardeştiler. Elsa boşanmıştı, kızları Margot ve Ilse ile birlikte yaşıyor ve ebeveynlerinin (Einstein'ın teyzesi ve eniştesi) bir üst katında oturuyordu. Einstein'ın 1912 yılında yaptığı bir Berlin ziyaretinde kısa bir karşılaşmaları olmuştu. Görünüşe göre o sırada Einstein, Mileva ile evliliğinin bittiğine ve bir boşanmanın kaçınılmaz olduğuna karar vermiş bulunuyordu. Bununla beraber, boşanmanın küçük yaştaki oğulları üzerinde yapacağı olumsuz etkilerden korkmaktaydı.

Elsa, çocukluklarından itibaren Einstein'dan hoşlanıyordu. Çocukluğunda onun Mozart çalışını duyunca ona âşık olduğunu itiraf etti. Fakat görünüşe göre ona en çekici gelen şey, Einstein'ın akademik dünyada yükselen bir yıldız olması, dünyanın her yanından fizikçilerin ona saygı göstermesi olmuştu. Aslına bakılacak olursa, bu şöhretten aldığı zevki hiçbir zaman saklamadı. O da Mileva gibi yaşlıydı, Einstein'dan dört yaş büyüktü. Fakat aradaki benzerlik, burada sona eriyordu. Doğrusu, iki farklı kutup gibiydiler. Mileva'dan kaçan Einstein, görünüşe göre diğer yönde abartıya düşmekteydi. Mileva'nın sık sık görünüşünü ihmal etmesine ve sürekli şekilde yorgun görünmesine karşın, Elsa oldukça burjuvaydı ve sınıf bilincine sahipti. Sürekli olarak Berlin'deki entelektüel çevrelerde tanışıklıklar yaratmaya çalışıyor ve Einstein'ı yüksek sosyetedeki bütün arkadaşlarına gururla gösteriyordu. Az konuşan, içine kapanık ve somurtkan Mileva'nın aksine, Elsa yemekli akşam partileriyle tiyatro galaları arasında uçan sosyal bir kelebekti. Ve kocasını düzeltmeye çalışmaktan vazgeçmiş olan Mileva'nın aksine, Elsa daha anaçtı, onun kaderine ulaşmasına yardımcı olmak için bütün enerjisini harcarken, davranışlarını sürekli ola-

rak düzeltiyordu. Bir Rus yazar, sonradan Einstein ile Elsa arasındaki ilişkiyi şöyle özetledi: "Kocasına karşı büyük bir aşk besliyordu, yaşamın sert koşullarına karşı ona kalkan olmak ve muhteşem fikirlerinin olgunlaşması için gerekli olan huzuru sağlamak için daima hazırdı. Onun bir düşünür olarak taşıdığı büyük amacın farkındaydı ve dikkate değer, seçkin, büyümüş bir çocuğa karşı bir arkadaşın, bir eşin ve bir annenin en şefkatli duyguları ile doluydu."

Mileva'nın çocuklarını da alarak 1915 yılında Berlin'den ayrılışı ile birlikte Einstein ile Elsa daha da yakınlaştılar. Bununla beraber, bu dönemde Einstein'ın aklını işgal eden şey aşk değil, evrenin kendisiydi.

Bölüm II

İkinci Resim:
Çarpık Uzay - Zaman

4

Genel Görelilik ve "Yaşamımın En Mutlu Düşüncesi"

EINSTEIN, HÂLÂ TATMİN OLMAMIŞTI. Artık zamanının en üst düzey fizikçileri arasında yer almaktaydı, fakat içi huzurlu değildi. Görelilik kuramında göze batan en az iki hata olduğunun farkındaydı. Birincisi, kuram tümüyle eylemsiz hareketler üzerine kuruluydu. Buna karşın doğada hemen hemen hiçbir şey eylemsiz değildi. Her şey, trenlerin itile kakıla gidişi, yaprakların düşüşü, Dünya'nın Güneş etrafındaki dönüşü, gök cisimlerinin hareketi, sürekli olarak bir ivmelenme halindeydi.

İkincisi, kuramın kendisi, kütle çekimi konusunda hiçbir şey söylemiyordu. Doğanın evrensel bir simetrisi olduğu, evrenin bütün bölgeleri için bunun geçerli olduğu şeklinde genel bir iddiada bulunuyor, fakat çekim onun erişemeyeceği kadar uzaktaymış gibi görünüyordu. Bu da ayrıca çok utanç vericiydi, çünkü çekim her yerde vardı. Göreliliğin eksiklikleri apaçık

ortadaydı. Işık hızı evrendeki en yüksek hız olduğu için, görelilik kuramı uyarınca Güneş üzerindeki her olayın Dünya'ya ulaşması sekiz dakika sürecekti. Ancak bu, Newton'un bütün çekimsel olayların ani olduğunu söyleyen evrensel çekim yasası ile çelişiyordu. (Newton'un çekiminin hızı sonsuzdu, çünkü Newton'un denklemlerinin hiçbir yerinde ışık hızı yer almamaktadır.) Dolayısıyla Einstein, Newton'un bütün denklemlerini ışık hızını içerecek şekilde elden geçirmek zorundaydı.

Kısacası Einstein, görelilik kuramını ivmelenmeleri ve kütle çekimini de içerecek şekle genelleştirme probleminin büyüklüğünün farkındaydı. Kütle çekimini tanımlamak için gerekli olan daha güçlü "genel görelilik kuramı"nı ayırt edebilmek için, 1905 yılına ait eski kuramından "özel görelilik kuramı" diye bahsetmeye başladı. Tutkulu programından Max Planck'a bahsettiği zaman, Planck onu uyardı, "Senden yaşlı bir dost olarak, önce başaramayacağın için, sonra da eğer başarsan dahi sana kimse inanmayacağı için vazgeçmeni önermek zorundayım." Fakat Planck, "Eğer başarılı olursan, ikinci Kopernik olarak anılırsın," diyerek sorunun öneminin farkında olduğunu da ortaya koymuştu.

Yeni bir çekim kuramının asıl ilhamı, Einstein'a küçük bir memur sıfatıyla patent başvuruları üzerinde hâlâ köle gibi çalışmakta olduğu 1907 yılında gelmişti. Hatırladığına göre, "Bern'deki patent ofisinde bir sandalyede oturmaktaydım ki birdenbire aklıma bir fikir geliverdi: Eğer bir insan serbest düşüş ile düşerse, kendi ağırlığını hissetmez. İrkilmiştim. Bu basit düşünce, üzerimde derin bir etki yapmıştı. Beni çekim hakkında bir kurama yönlendiren, buydu."

Bir anda Einstein, eğer sandalyesinden düşerse kısa bir süre için ağırlıksız kalacağını kavrayıverdi. Örneğin bir asansördeyseniz ve birdenbire asansörün halatı koparsa, serbest düşme durumunda olursunuz; asansörün zemini ile aynı hızda düşersiniz. Hem siz ve hem de asansör şimdi aynı hızla düşmekte olduğu için, siz görünürde ağırlıksız olursunuz, havada yüzersiniz. Benzer olarak, "Einstein, eğer sandalyesinden düşerse serbest düşme durumunda olacağını, kendisinin ivmelenmesi so-

nucunda yerçekimi etkisinin tamamen ortadan kalkacağını ve bu durumun onu ağırlıksız kılacağını da aynı şekilde kavramıştı"

Bu kavram, eski bir kavramdır. Bu kavram, doğruluğu tartışma götürür bir hikâyeye göre Pisa Kulesi'nden aşağıya küçük bir taş ve kocaman bir top güllesi bırakan Galile tarafından biliniyordu. Galile, dünya üzerinde bütün nesnelerin yerçekimi altında tamamen aynı ivmeyle (9,8 metre bölü saniye kare) düştüğünü gösteren ilk insandır. Gezegenlerin ve Ay'ın Güneş veya Dünya etrafında yörüngelerinde dönerken aslında bir serbest düşüş durumunda olduğu gerçeğini Newton da biliyordu. Dış uzaya gönderilen her astronot da yerçekiminin ivmelenme tarafından iptal edildiğinin farkındadır. Bir roketin içerisindeki her şey, zemin, cihazlar ve siz dahil, aynı hızla düşersiniz. Ayaklarınız yerden kurtulur, yerçekiminin ortadan kalktığı yanılsamasına yol açar, çünkü zemin de vücudunuzla birlikte düşmektedir. Ve bir astronot, geminin dışında bir uzay yürüyüşü yaptığı zaman birdenbire dünyaya düşmez, roketin yanı sıra yavaş yavaş uçar, çünkü hem roket, hem de astronot, beraberce dünyanın etrafındaki yörüngelerinde dolaşırken dahi hep birlikte düşmektedirler (Pek çok bilim kitabında yanlış şekilde iddia edilenin aksine, dış uzayda çekim gerçekte ortadan kalkmaz. Güneş'in çekimi, Pluto gezegenini dünyadan milyarlarca kilometre uzaklıktan yörüngede tutmayı başaracak kadar güçlüdür. Çekim ortadan kalkmamıştır; yalnızca ayaklarınızın altındaki roketin düşüşü yüzünden iptal edilmiştir).

Buna "özdeşlik yasası" adı verilir. Bu yasaya göre bütün kütleler, yerçekimi altında aynı hızla düşerler (daha doğrusu, eylemsizlik kütlesi, çekim kütlesine eşittir). Bu, gerçekten eski bir fikirdi, Galile ve Newton için neredeyse bir gariplikti, fakat Einstein gibi deneyimli bir fizikçinin ellerinde yepyeni bir görelilikçi çekim kuramının temeli olacaktı. Einstein, Galile veya Newton'dan dev bir adım daha uzağa gitti. Bir sonraki postulatını, genel göreliliğin arkasındaki postulatı oluşturdu: *İvmelenen bir çerçevede veya yerçekimi tarafından çekilen bir çerçevede fizik yasaları (birbirinden) ayırt edilemez.* Einstein'ın ellerinde bu basit ifadenin bize uzay çarpıklıklarını, kara delikleri ve evrenin yaratı-

lışını öğretecek olan bir kuramın temelini oluşturması, olağanüstü bir şeydir.

Patent ofisinde 1907 yılında gerçekleşen bu dâhice sezginin ardından Einstein'ın yeni görelilik kuramının doğması yıllar sürdü. Özdeşlik yasasından yeni bir çekim resmi ortaya çıkmaktaydı, fakat düşüncelerin meyvelerini vermesi 1911 yılına kadar gerçekleşmedi. Özdeşlik yasasının ilk sonucu, ışığın çekim etkisi altında eğilmek zorunda olmasıdır. Yerçekiminin ışık demetlerini etkilemesi, en azından Isaac Newton'un zamanına kadar uzanan, eski bir görüştür. *Optics* adlı kitabında yıldızlardan gelen ışığın yerçekiminden etkilenip etkilenmeyeceğini soruyordu: "Gök cisimleri uzaktaki ışıkları etkileyip onları yolundan saptırmaz mı; bu etki yakın mesafelerde daha güçlü olmaz mı?" Ne yazık ki, on yedinci yüzyılın teknolojisi ile herhangi bir yanıt verememişti.

Fakat şimdi Einstein, iki yüz yılı aşkın bir zaman sonra, bu soruya geri dönmüştü. Dış uzayda hızlanmakta olan bir roketin içerisinde bir el feneri yaktığınızı gözünüzün önüne getirin. Roket yukarıya doğru hızlanmakta olduğu için ışık demeti aşağıya doğru bükülecektir. Şimdi, özdeşlik yasasını işletelim. Uzay gemisinin içindeki fizik yasalarının dünya üzerindeki yasalardan farksız olması gerektiği için, *yerçekiminin de ışığı bükmesi gerekir*. Einstein, yeni bir olaya, ışığın yerçekimi nedeniyle bükülmesine ulaşmıştı. Böyle bir etkinin hesaplanabilir bir etki olduğunu derhal fark etti.

Güneş sisteminde en büyük çekim etkisi, Güneş tarafından üretildiği için, Einstein kendi kendisine Güneş'in uzaktaki yıldızlardan gelen yıldız ışığını bükmeye yeterli olup olmadığını sordu. Bu sorunun yanıtı, gökyüzündeki aynı yıldız topluluğunun fotoğrafı iki farklı mevsimde çekilerek test edilebilirdi. Yıldızların ilk fotoğrafı gece karanlığında, yıldız ışığının etki altında olmadığı bir zamanda çekilirdi; ikinci fotoğraf ise birkaç ay sonra, Güneş aynı yıldız topluluğunun tam önüne konumlandığı bir sırada çekilirdi. İki fotoğraf birbiriyle karşılaştırılarak, Güneş'in var olduğu zaman Güneş'in çekimi dolayısıyla yıldızların nasıl hafifçe kaydığının ölçülmesi mümkün olabilirdi.

Güneş'in yıldızlardan gelen ışığı örtmesi nedeniyle, yıldız ışığının bükülmesi konusundaki herhangi bir deneyin Güneş'ten gelen ışıkların Ay tarafından durdurulduğu ve yıldızların gündüz vakti görülebilir hale geldiği bir Güneş tutulması sırasında yapılması gerekecekti. Einstein, bir Güneş tutulması sırasında gökyüzünün gündüz vakti çekilen fotoğrafları ile aynı gökyüzünün gece vakti çekilen fotoğrafları karşılaştırıldığı zaman, Güneş'in yakınındaki yıldızların konumunda hafif bir bozulma görülmesi gerekeceğini düşünmekteydi (Ay'ın varlığı da Ay'ın çekimi nedeniyle yıldız ışığının biraz bükülmesine yol açar, fakat bu, çok daha büyük olan Güneş'in yıldız ışığında meydana getirdiği bükülmeye kıyasla çok küçük bir miktardadır. Bu nedenle, Güneş tutulması sırasında yıldız ışığının bükülmesi, Ay'ın varlığından etkilenmez).

Özdeşlik yasası, ışık demetlerinin yerçekimi tarafından çekilmesinin yol açtığı hareketi yaklaşık olarak hesaplaması için ona yardımcı olabilirdi, fakat bu işlem ona çekimin kendisi hakkında hâlâ hiçbir şey söylemiyordu. Eksik olan şey, bir *çekim alanı kuramı*ydı. Hatırlayacak olursanız Maxwell denklemleri, içerisinde kuvvet çizgilerinin titreşebilen ve kuvvet çizgileri boyunca yol alan dalgaları destekleyen bir örümcek ağına benzediği gerçek bir alan kuramını tanımlamaktaydı. Einstein, kuvvet çizgilerinin ışık hızında hareket eden çekimsel titreşimleri destekleyebilen bir çekim alanı peşindeydi.

Einstein, yıllar süren yoğun bir düşünce döneminin ardından, 1912 yılı dolaylarında uzay ve zaman hakkındaki algılarımızı revizyondan geçirmemiz gerektiğini yavaş yavaş anlamaya başladı; bunu yapmak için eski Yunanlılardan miras kalanlardan başka, yepyeni geometrilere gereksinim vardı. Onu eğri uzay-zaman kavramına gönderen en önemli gözlem, arkadaşı Paul Ehrenfest tarafından bir zamanlar Einstein'a anlatılmış olan ve bazen "Ehrenfest ikilemi" diye anılan bir ikilemdi. Gözünüzde basit bir atlıkarınca veya dönen bir disk canlandırın. Hareketsiz durumda iken biliyoruz ki çevresi, çapı ile π katsayısının çarpımına eşittir. Buna karşın, bu atlıkarınca bir kez harekete geçirildiği zaman, dış kenarı içinden daha hızlı döner ve

görelilik uyarınca daha fazla küçülmesi, atlıkarıncanın şeklinin bozulması gerekir. Bu da, çevresinin küçülmesi ve artık çapı ile π katsayısının çarpımından daha küçük olması demektir; yani yüzey artık düz değildir. *Uzay, eğridir.* Atlıkarıncanın yüzeyi, Kutup Dairesinin içinde kalan alan ile kıyaslanabilir. Çember üzerindeki bir noktadan yürümeye başlayıp doğruca Kuzey Kutup noktasından geçip çemberin karşı tarafındaki noktaya yürüyerek Kutup Dairesinin çapını ölçebiliriz. Sonra, Kutup Dairesinin çevresini ölçebiliriz. Bu iki ölçümü karşılaştırdığımız zaman, çevrenin çap ile π katsayısının çarpımından daha az olduğunu buluruz, çünkü dünyanın yüzeyi eğridir. Ancak, son iki bin yıldır fizikçiler ve matematikçiler, *düz* yüzeyler üzerine kurulu olan Öklit geometrisini kullanmaktaydılar. Eğer *eğri* yüzeyler üzerine kurulu bir geometri tasarlamış olsalardı, neler olurdu?

Uzayın eğri olabileceğini bir kez kavradığımız zaman, ortaya şaşırtıcı yepyeni bir resim çıkar. Bir yatağın üzerine ağır bir taş konmuş olduğunu düşünün. Şimdi, yatağın üzerinde minik bir bilye yuvarlayın. Bilye düz bir çizgi üzerinde değil, taşın etrafında eğri bir çizgi boyunca hareket eder. Bu etkiyi incelemek için iki yol bulunmaktadır. Uzaktan seyreden bir Newton'cu, taştan çıkarak bilyeyi etkileyen gizemli bir "kuvvet" var olduğunu, bu kuvvetin bilyeyi yol değiştirmeye zorladığını söyleyebilir. Bu kuvvet, görünmez olmakla beraber, uzanmakta ve bilyeyi çekmektedir. Buna karşın, bir görelilikçi, tümüyle farklı bir manzara görebilir. Yatağa yakından bakan bir görelilikçi için bilyeyi çeken herhangi bir kuvvet bulunmamaktadır. Yalnızca yatakta bir çöküntü vardır, bu da bilyenin hareketini belirlemektedir. Bilye hareket ettikçe yatağın yüzeyi bilyeyi dairesel bir hareketle yol alacak şekilde "itmektedir".

Şimdi taşın yerinde Güneş'i, bilyenin yerinde Dünya'yı ve yatağın yerinde de uzay ve zamanı düşünün. Newton olsaydı, adına "çekim" denilen görünmez bir kuvvetin Dünya'yı çekerek Güneş'in etrafında tuttuğunu söylerdi. Einstein ise ortada hiçbir çekim kuvvetinin olmadığını söyleyerek buna yanıt verirdi. Dünya Güneş'in etrafında dönmektedir, çünkü *uzayın kendisinin*

eğriliği Dünya'yı Güneş'e doğru itmektedir. Bir bakıma, Güneş çekmez, fakat uzay iter.

Einstein, bu resimde Güneş'te olan herhangi bir olayın Dünya'ya ulaşmasının neden sekiz dakika süreceğini açıklayabilirdi. Örneğin, eğer taşı birdenbire yerinden kaldıracak olursak, yatak normal şekline geri döner, yatağın yüzeyi boyunca belli bir hızla yol alan dalgalanmalar meydana getirir. Aynı şekilde, eğer Güneş ortadan kalkacak olursa, ışık hızında yol alacak bir çarpık uzay şok dalgası çıkar. Bu resim öylesine basit ve şıktı ki, Einstein kendisine neden bu kadar ünlü olduğunu soran ikinci oğlu Eduard'a temel fikri anlatabilmişti. Einstein, şöyle yanıtlamıştı: "Kör bir böcek eğri bir dal üzerinde yürürken, gittiği yolun eğri olduğunun farkına varmaz. Ben, böceğin fark etmediği şeyi şans eseri fark ettim."

Newton, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (Doğa Felsefesinin Matematiksel İlkeleri) adlı önemli eserinde bütün evrene bir anda etki eden bu gizemli çekişin kökenini açıklamakta başarısız olduğunu itiraf etmişti. Çekimin nereden kaynaklandığını açıklamaktaki başarısızlığı nedeniyle, meşhur *hypotheses non fingo* (hipotez uydurmuyorum) sözünü söylemişti. Einstein'la birlikte, kütle çekiminin uzay ve zamanın bükülmesinden kaynaklandığını görmekteyiz. Şimdi "kuvvet"in bir yanılgı, geometrinin bir yan ürünü olduğu ortaya çıkmıştı. Bu resme göre Dünya'nın üzerinde duruyor olmamızın nedeni, Dünya'daki yerçekiminin bizi aşağıya çekmesi değildir. Einstein'a göre, yerçekimsel bir çekme mevcut değildir. Dünya, vücutlarımızın etrafındaki uzay-zaman sürekliliğini çarpıtır, bu nedenle uzayın kendisi bizi yere doğru iter. Böylece, maddenin etrafındaki uzayı çarpıtan, yakındaki nesneleri çeken bir çekimsel kuvvetin var olduğu şeklinde bir yanılgıyı bizde uyandıran şey, o maddenin varlığıdır.

Bu bükülme elbette gözle görülemez ve uzaktan bakıldığı zaman Newton'un resmi doğruymuş gibi görünür. Buruşturulmuş bir kâğıdın üzerinde yürüyen karıncaları gözünüzün önüne getirin. Kâğıdın kırışıkları üzerinde yürürken düz bir çizgi üzerinde gitmeye çalıştıkları için, kendilerini sürekli olarak sağa

sola itilip kakılır durumda bulurlar. Karıncalara göre sanki gizemli bir güç onları her iki yöne çekmektedir. Buna karşın, yukardan karıncalara bakan birisi için ortada herhangi bir kuvvet bulunmadığı çok açıktır, yalnızca kâğıdın kırışıklıkları karıncaları itmektedir, bu da sanki onları iten bir kuvvet varmış yanılsamasına yol açmaktadır. Hatırlarsanız, Newton uzay ve zamanın bütün hareketler için bir mutlak referans çerçevesi olduğunu düşünmekteydi. Buna karşın, Einstein'a soracak olursanız uzay ve zaman dinamik bir rol üstlenebilirdi. Eğer uzay eğri olursa, hareket eden herkes vücuduna gizemli kuvvetlerin etki ettiğini, o yana veya bu yana ittiğini düşünürdü.

Uzay-zamanı esneyebilen ve bükülebilen bir kumaşa benzeten Einstein, eğri yüzeylerin matematiğini incelemek zorunda kalmıştı. Çok geçmeden kendisini bir matematik bataklığında buldu, çekime ilişkin yeni resmini çözümleyecek araçları bir türlü bulamıyordu. Bir zamanlar matematiği "fuzuli bilginlik" diye adlandırarak küçümseyen Einstein, Politeknik'te matematik dersini astığı yılların bedelini şimdi ödemekteydi.

Çaresizlik içerisinde, dostu Marcel Grossman'a başvurdu. "Grossman, bana yardım etmelisin, yoksa aklımı kaçıracağım!" Einstein, "Yaşamım boyunca hiçbir şey için kendimi böylesine suçlamadım ve incelikli yanlarına eskiden tümüyle lüks gözüyle baktığım matematiğe karşı artık kafamda büyük bir saygı besliyorum! Orijinal görelilik kuramı, bu sorunla karşılaştırılınca çocuk oyunu gibi kalıyor," diye itiraf etmişti.

Grossmann'ın matematik eserlerini incelediği zaman Einstein'ın ihtiyacı olan temel matematiğin aslında Politeknik'te öğretilmiş olduğunu keşfetmesi, yeterince komiktir. En sonunda Einstein, uzay-zamanın bükülmesini tanımlayacak kadar güçlü olan matematiği, Bernhard Riemann'ın 1854 yılında geliştirilmiş olan geometrisinde buldu (Yıllar sonra, geriye bakıp yeni matematiği öğrenmenin ne kadar güç olduğu konusunda bazı ortaokul öğrencileriyle konuşan Einstein, onlara "Matematikte karşılaştığınız sorunlar için kendinizi üzmeyin; sizi temin ederim ki benim sorunlarım hâlâ daha fazladır," demişti).

Riemann'dan önce matematik, Öklit geometrisi, yani düz yüzeylerin geometrisi üzerine kurulmuştu. Okul çocukları, binlerce yıldan bu yana bir üçgenin dik açıları toplamının 180 derece olduğu ve paralel çizgilerin asla birleşmediği Yunan geometrisinin gelenekselleşmiş teoremleri ile pişirilmişlerdi. İki matematikçi, Rus Nicolai Lobachevsky ve Avusturya-Macaristanlı Jànos Bolyai, bir üçgenin iç açıları toplamının 180 dereceden daha az veya daha fazla olabileceği, Öklitçi olmayan bir geometri geliştirmeye son derece yaklaştılar. Fakat Öklitçi olmayan geometri kuramı, en sonunda "matematiğin prensi" Carl Friedrich Gauss ve özellikle onun öğrencisi Riemann tarafından geliştirildi (Gauss, Öklit'in kuramının fizik esaslarına göre dahi yanlış olabileceğinden şüpheleniyordu. Asistanlarına Harz Dağları'nın tepelerinden ışık tutturup dağın üç tepesinin oluşturduğu üçgenin açılarının toplamını deneysel olarak hesaplamaya çalıştı. Ne yazık ki, olumsuz bir sonuç elde etti. Gauss, aynı zamanda politik açıdan o kadar dikkatli bir kişiydi ki, Öklit geometrisine kayıtsız şartsız inanmış muhafazakârların eleştirilerinden çekindiği için bu hassas konu üzerindeki araştırmalarını hiçbir zaman yayımlamamıştı).

Riemann, tamamıyla yeni matematik dünyaları –yalnızca iki veya üç uzaysal boyutlu değil, kaç boyutlu olursa olsun eğri yüzeylerin geometrisini– keşfetti. Einstein, daha yüksek bu geometrilerden evren için daha doğru bir tanım elde edilebileceğine ikna olmuştu. Matematiğin "diferansiyel geometri" dili, ilk kez fizik dünyasının içine doğru ilerlemekteydi. Diferansiyel geometri veya tensör hesabı, yani herhangi bir sayıdaki boyuta sahip eğri yüzeylerin matematiği, bir zamanlar matematiğin en "işe yaramaz" dalı olarak, herhangi bir fiziksel içerikten yoksun olarak kabul ediliyordu. Birdenbire evrenin dili oluvermişti.

Biyografilerin pek çoğunda Einstein'ın genel görelilik kuramı sanki kuramı sihirli bir şekilde tam olarak gelişmiş vaziyette bulmuşçasına, 1915 yılında tamamıyla gelişmiş gibi sunulmaktadır. Bununla beraber, Einstein'ın "kayıp defterleri" ancak son yıllarda incelenmiştir ve bunlar, 1912 ile 1915 arasındaki çok sayıda boşluğu doldurmaktadır. Şimdi, gelmiş geçmiş en büyük

kuramlardan birinin can alıcı evrimini, bazen ay be ay olmak üzere, oluşturma olanağı bulunmaktadır. Einstein, özellikle eşdeğişkenlik kavramını genelleştirmek istiyordu. Özel görelilik, görmüş olduğumuz gibi, Lorentz eşdeğişkenliği fikrine dayanmaktaydı, yani fiziğin denklemleri bir Lorentz dönüşümü altında aynı şekli korumaktaydı. Einstein artık bunu yalnızca eylemsiz olanlara değil, olası bütün ivmelenmelere ve dönüşümlere genelleştirmek istiyordu. Başka bir deyişle, hangi referans çerçevesi kullanılırsa kullanılsın, ivmelenmekte de olsa sabit hızla hareket ediyor da olsa, aynı şekli koruyan denklemler istiyordu. Her referans çerçevesi, uzayın üç boyutunu ve zamanı ölçmek için bir koordinat sistemi mevcut olmasını gerektirir. Einstein'ın arzu ettiği şey, çerçevede cereyan eden fiziksel olayları ölçmek üzere hangi mesafe ve zaman koordinatları kullanılırsa kullanılsın şeklini koruyan bir kuramdı. Bu da onu tanınmış genel eşdeğişkenlik ilkesine götürdü: *Fizik denklemleri, genellikle eşdeğişken olmak zorundadır* (yani koordinatların rastgele şekilde değiştirilmesi durumunda aynı şekli korumalıdırlar).

Örnek olarak, gözünüzde masanın üzerine serilmiş bir balık ağı canlandırın. Balık ağı, rastgele bir koordinat simgesini, masanın üstündeki alan ise, balık ağındaki herhangi bir şekil bozulmasına karşın aynı kalan bir şeyi temsil etmektedir. Balık ağını istediğimiz kadar döndürelim ve kırıştıralım, masanın üstündeki alan sabit kalacaktır.

Riemann'ın matematiğinin kütleçekimi için doğru dil olduğunun farkında olan ve genel eşdeğişkenlik yasası doğrultusunda hareket eden Einstein, 1912 yılında Riemann matematiği içerisinde genellikle eşdeğişken olan nesneler aramaya başladı. Şaşırtıcı bir şekilde, işine yarayabilecek yalnızca iki eşdeğişken nesne var olduğunu gördü: Eğri bir uzay parçasının hacmi ve böyle bir uzay parçasının eğikliği (buna "Ricci" eğriliği adı verilir). Bu, son derece yardımcı olmuştu: Genel eşdeğişkenlik ilkesi, bir kütleçekim kuramı oluşturmak için kullanılan yapı taşlarını ciddi biçimde sınırlandırmak suretiyle Einstein'ın temelde doğru olan ve temelini Ricci eğriliğinden alan kuramı 1912 yılın-

da Riemann'ın çalışmalarını yalnızca birkaç ay inceledikten sonra kurmasını sağladı. Ancak, 1912 yılının doğru kuramını bir nedenle kenara attı ve hatalı bir fikrin peşinden gitmeye başladı. Doğru kuramı tam olarak hangi nedenle terk ettiği, kayıp defterlerinin keşfedildiği yakın zamanlara kadar tarihçiler için gizemini korumaktaydı. O yıl, Ricci eğriliğinden yola çıkarak doğru çekim kuramını temel olarak inşa ettiği zaman, Einstein büyük bir hata yaptı. Bu doğru kuramın "Mach İlkesi" denilen şeye aykırı olduğunu düşündü. Bu ilkenin sürümlerinden bir tanesinin postulatlarından birine göre, evrende madde ve enerjinin varlığı, onu çevreleyen çekimsel alanı kesin olarak belirlemektedir. Birtakım gezegenleri ve yıldızları belirleyip seçtiğiniz zaman, bu gezegenleri ve yıldızları çevreleyen çekim, sabittir. Örnek olarak, bir havuza taş attığınızı hayalinizde canlandırın. Taş ne kadar büyük olursa, havuzdaki dalgalanmalar da o kadar büyük olacaktır. Dolayısıyla, taşın büyüklüğünü bildiğimiz takdirde, havuzdaki şekil bozulmasının miktarı tam olarak belirlenebilir. Aynı şekilde, eğer Güneş'in kütlesini bilirsek, Güneş'i çevreleyen çekim alanını kesin olarak belirleyebiliriz.

Einstein, hatayı bu aşamada yapmıştı. Ricci eğriliğine dayalı olan kuramın Mach ilkesine aykırı olduğunu düşünmüştü, çünkü madde ve enerjinin varlığı, onu çevreleyen çekim alanını kesin olarak belirtmiyordu. Arkadaşı Marcel Grossman ile birlikte daha mütevazı, yalnızca dönüş durumunda eşdeğişken olan (fakat genel ivmelenme durumunda olmayan) bir kuram geliştirmeye çalıştı. Bununla beraber, eşdeğişkenlik ilkesini bir yana bıraktığı için, kendisini yönlendirecek belirgin bir doğrultu kalmamıştı ve ne şık, ne de işe yarar olan –örneğin küçük çekim alanları için Newton denklemlerini karşılamayan– Einstein-Grossman kuramının çöllerinde dolaşarak sinir bozucu üç yıl harcadı. Fizik konusunda belki de dünyadaki herkesten daha iyi içgüdülere sahip olan Einstein, onları göz ardı etmişti.

Son denklemlerle boğuştuğu sırada Einstein eğri uzay ve çekim hakkındaki fikirlerini kanıtlama olasılığına sahip üç önemli deney üzerine odaklandı: Yıldız ışığının bir Güneş tutulması esnasında bükülmesi, kızıla kayması ve Merkür'ün günbe-

risi.* 1911 yılında Einstein, eğri uzaylar üzerindeki çalışmalarından da önce, yıldız ışığının Güneş tarafından bükülmesini araştırmak üzere 21 Ağustos 1914 tarihinde gerçekleşecek olan Güneş tutulmasını izlemek üzere Sibirya'ya bir keşif gezisi düzenlenebileceği yolunda ümit ifade etmekteydi.

Gökbilimci Erwin Finlay Freundlich, bu Güneş tutulmasını araştıracaktı. Ve Einstein, çalışmalarının doğruluğuna o kadar güveniyordu ki, başlangıçta bu tutkulu projeyi cebinden finanse etmeyi önerdi. "Her şey başarısız olursa, bunun maliyetini mevcut tasarruflarımdan ödeyeceğim, hiç olmazsa ilk 2000 Mark kadarını" diye yazmıştı. Freundlich, Güneş tutulmasından bir ay kadar önce Sibirya'ya doğru yola çıktı, fakat Almanya Rusya'ya savaş ilan etti ve kendisiyle yardımcısı tutuklandılar, cihazlarına da el kondu (Geriye dönüp bakınca, belki de 1914 keşif gezisinin başarısızlığı Einstein için büyük bir şans olmuştur denebilir. Eğer deney yapılmış olsaydı, sonuçlar elbette Einstein'ın yanlış kuramı tarafından öngörülen değerlerle uyuşmayacaktı ve programının tümü gözden düşecekti).

Bir sonraki adımda Einstein, bir ışık demetinin frekansının yerçekimi tarafından ne şekilde etkileneceğini hesapladı. Eğer Dünya'dan bir roket fırlatılarak dış uzaya gönderilecek olursa, Dünya'nın yerçekimi bir direnç gibi etki eder ve roketi geriye çeker. Dolayısıyla, roket yerçekiminin çekişine karşı mücadele ederken, enerji kaybı meydana gelir. Einstein, eğer Güneş'ten ışık çıkarsa, çekimin aynı şekilde ışık demeti üzerinde bir direnç etkisi yaratacağını, enerji kaybetmesine neden olacağını düşündü. Işık demetinin hızı değişmeyecekti, fakat Güneş'in çekimine karşı mücadele ederken enerji kaybına uğrayacağı için dalganın frekansı düşecekti. Böylece, ışık demeti Güneş'in çekiminden kurtulurken, Güneş'in sarı ışığının frekansı azalacak ve rengi biraz daha kırmızı olacaktı. Bununla beraber, çekimsel kızıla kayma son derece küçük bir etkiydi ve Einstein, bunu test etmek için yakın zamanda laboratuar çalışması yapılacağını hiç zannet-

* Günberi (perihelion): Bir gezegenin, Güneş'e en yakın bulunduğu nokta (Ç.N.).

miyordu (Gerçekten de, kızıla kaymanın laboratuarda görülebilmesi için kırk yıl geçmesi gerekiyordu).

Einstein, son olarak asırlık bir problemi çözmeye girişti: Merkür'ün yörüngesi neden oynaktı ve neden Newton yasalarından hafif bir sapma gösteriyordu. Normal olarak gezegenler, Güneş'in etrafındaki yolculukları sırasında yakındaki diğer gezegenlerden kaynaklanan çekimin yol açtığı küçük bozukluklar nedeniyle yörüngenin bir papatyanın yapraklarına benzemesi haricinde, mükemmel elipsler çizerler. Bununla beraber, Merkür'ün yörüngesi, yakındaki gezegenlerin müdahalesi dikkate alındığı zaman dahi, Newton yasalarından küçük fakat belirgin bir sapma göstermekteydi. "Günberi kayması" olarak adlandırılan bu sapma, ilk olarak 1859 yılında, Newton yasaları ile açıklanamayan, yüzyıl başına 43,5 ark saniyelik minicik bir sapma hesaplayan Urban Leverrier tarafından gözlemlenmişti (Newton'un hareketle ilgili yasalarında çelişkilerin varlığının fark edilişi ilk kez olmuyordu. 1800'lü yılların başlarında Uranüs'ün yörüngesindeki benzer bir oynaklık nedeniyle şaşıran gökbilimciler, zor bir seçimle karşı karşıya kalmışlardı: Ya hareket yasalarını bir kenara atacaklardı, ya da Uranüs'ün yörüngesini etkileyen bilinmeyen başka bir gezegenin varlığı üzerine bir postulat üreteceklerdi. 1846 yılında, tam da Newton yasaları tarafından olması gerektiği öngörülen yerde Neptün olarak adlandırılan yeni bir gezegen keşfedildiği zaman, fizikçiler rahat bir nefes almışlardı).

Fakat Merkür, gizemini korumaktaydı. Gökbilimciler, Newton'u bir kenara bırakmak yerine eski ve geçerli geleneğe uyarak Merkür'ün yörüngesinin içerisinde Güneş'in etrafında dönen "Vulkan" adında yeni bir gezegenin varlığı konusunda postulat ürettiler. Bununla beraber gökbilimciler, geceleri gökyüzünde tekrar tekrar aramalarına karşın böyle bir gezegenin varlığına ilişkin hiçbir deneysel kanıt bulamadılar.

Einstein, daha radikal olan yorumu kabul etmeye hazırlıklıydı: Belki de Newton'un yasası yanlış veya hiç olmazsa eksikti. 1915 yılının Kasım ayında, Einstein-Grossman kuramı üzerinde üç yılı ziyan ettikten sonra, 1912 yılında bir kenara atmış olduğu

Ricci eğriliğine geri döndü ve nerede hata yaptığını buldu (Einstein, Ricci eğriliğini, tek bir madde parçasının Mach ilkesini ihlal eder şekilde birden fazla çekim alanı yaratıyor gibi görünmesi üzerine terk etmişti). Fakat sonra, genel eşdeğişkenlik dolayısı ile bu çekim alanlarının aslında matematiksel açıdan özdeş olduğunu ve aynı fiziksel sonucu verdiğini fark etti. Bu durum, Einstein'ı genel eşdeğişkenliğin gücüne hayran bırakmıştı: Yalnızca olası çekim kuramlarını ciddi şekilde sınırlandırmakla kalmıyor, ayrıca çekimsel çözümlerin çoğu eşdeğer olduğu için benzersiz fiziksel sonuçlara ulaşılmasını da sağlıyordu.

Einstein'ın, daha sonra belki de yaşamındaki en büyük zihinsel yoğunlaşma içerisinde, dikkatini dağıtacak her şeyden uzaklaşarak ve Merkür'ün günberisini türetip türetemeyeceğini görmek üzere, kendisini acımasız bir şekilde zorlayarak son denklemi üzerinde bir köle gibi çalışmaya başladı. Kaybolan defterleri, onun tekrar tekrar bir çözüm önerdiğini ve sonra bu çözümün Newton'un küçük çekim alanlarının sınırı üzerindeki eski kuramını sağlayıp sağlamadığını görmek için kıyasıya teste tabi tuttuğunu göstermektedir. Bu iş son derece yorucuydu, çünkü onun tensör denklemleri Newton'un tek bir denkleminden değil, birbirinden farklı on denklemden meydana gelmekteydi. Bu geniş kapsamlı, neredeyse dağları devirmekle eş anlamlı görev nihayet 1915 yılının Kasım ayı sonlarına doğru tamamlanırken, Einstein'ı tamamen tükenmiş bir halde bırakmıştı. 1912 yılına ait eski kuramı üzerinde yaptığı uzun ve yorucu hesaplar sonucunda, Merkür'ün yörüngesinde 42,9 ark saniyelik bir sapma öngördüğünü buldu, bu da deneysel sınırların içinde kalmaktaydı. Einstein, inanılmayacak kadar büyük bir şok içerisindeydi. Bu, son derece neşeli bir andı, yeni kuramının doğru olduğunu gösteren ilk kesin deneysel kanıttı. "Bazı günler heyecandan kendimi kaybedecek gibi oluyordum," diye yazmıştı. "En cüretkâr rüyalarım artık gerçekleşmişti." Çekim için göreli denklemleri bulmak, bir yaşam boyu süregelen rüya, gerçekleşmişti.

Einstein'ı heyecanlandıran şey, soyut fiziğin ve matematiğin genel eşdeğişkenlik ilkesi vasıtasıyla kesin, deneysel bir sonuç

elde etmiş olmasıydı: "Genel eşdeğişkenliğin uygulanabilirliği ve Merkür'ün günberi hareketinin denklemler vasıtasıyla doğru şekilde elde edilebilmesinin bende yarattığı sevinci düşünün." Daha sonra, yeni kuramdan yararlanarak yıldız ışığının Güneş tarafından bükülmesini tekrar hesapladı. Kuramına eğri uzayın eklenmesi, bu son yanıtın 1,7 ark saniye, yani ilk değerinin iki katı (bir derecenin 1/2000'i kadar) olması anlamına gelmekteydi.

Kuramın o denli basit, şık ve güçlü olduğunu düşünüyordu ki, hipnotize edici büyüsünden hiçbir fizikçinin kaçamayacağına inanıyordu. "Gerçekten anlayan hiç kimsenin bu kuramın büyüsünden kurtulması mümkün değildir," diye yazmıştı. "Kuram, kıyas kabul etmez bir güzelliğe sahip." Bir mucize eseri olarak, genel eşdeğişkenlik ilkesi öylesine güçlü bir araçtı ki, evrenin yapısını ifade eden son denklem yalnızca iki buçuk santimetre uzunluğa sahipti (Günümüzde fizikçiler, evrenin yaratılışının ve evriminin bu kadar kısa bir denklem tarafından anlatılabilmesi karşısında şaşkınlıklarını gizleyememektedirler. Fizikçi Victor Weisskopf, bu şaşkınlık duygusunu hayatında ilk kez bir traktör gören çiftçinin hikâyesine benzetmiştir. Çiftçi, traktörü inceledikten ve kaputun altına baktıktan sonra şaşkınlık içerisinde sorar, "İyi de, at nerede?").

Einstein'ın zafer sevincini etkileyen tek şey, belki de dünyanın yaşayan en büyük matematikçisi olan David Hilbert ile yaşadığı küçük bir öncelik kavgası olmuştu. Kuramın tamamlanması için son adımlar atılmaktayken, Einstein Göteborg'da Hilbert için her biri iki saatlik altı konferanstan meydana gelen bir dizi konferans vermişti. Einstein, denklemlerini "aksiyon" adı verilen basit bir şekilden yola çıkarak üretmesini sağlayacak ("Bianchi kimlikleri" olarak anılan) bazı matematiksel araçlardan hâlâ yoksundu. Daha sonra Hilbert, hesaplamanın son adımını tamamladı, aksiyonu yazdı ve sonra da sonucu kendi başına, Einstein'dan yalnızca altı gün önce yayımladı. Einstein, bundan hiç hoşlanmamıştı. Aslına bakılacak olursa, Hilbert'in son adımı tamamlayıp kendine pay çıkartmak suretiyle genel görelilik kuramını çalmaya çalıştığına inanıyordu. Einstein ile Hilbert arasındaki çatlak zaman içerisinde onarıldı, fakat Einstein, elin-

deki sonuçları cömertçe paylaşmaya karşı bir direnç geliştirdi. Günümüzde genel göreliliğin üretilmesini sağlayan aksiyon, "Einstein-Hilbert aksiyonu" olarak bilinmektedir. Hilbert'i Einstein'ın kuramının minicik son parçasını tamamlamaya sevk eden şey, belki de sık sık söylediği "fizik, fizikçilere bırakılamayacak kadar önemlidir" sözüydü; yani, fizikçiler doğayı araştırmaya yetecek matematik becerilerinden muhtemelen yoksundular. Bu görüş, başka matematikçiler tarafından da paylaşılıyormuş gibi görünüyordu. Matematikçi Felix Klein, Einstein'ın doğuştan bir matematikçi olmadığından, anlaşılması güç fiziksel-felsefi dürtülerin etkisi altında çalıştığından yakınıyordu. Matematikçilerle fizikçiler arasındaki temel fark ve matematikçilerin yeni fizik yasaları bulmakta sürekli şekilde başarısız olmalarının nedeni, belki de budur. Matematikçiler yalnızca bir sürü küçük, kendi içinde tutarlı, birbirinden yalıtılmış bölgeler gibi alanlarla uğraşırlar. Buna karşın fizikçiler, çözümlemek için pek çok matematiksel sisteme gerek duyulabilecek bir avuç basit fizik ilkesi üzerinde çalışırlar. Her ne kadar doğanın dili matematik ise de, görünüşe göre doğanın arkasındaki itici güç bu fizik ilkeleri, örneğin görelilik ve kuantum kuramıdır.

Einstein'ın yeni çekim kuramına ilişkin haberler, savaşın başlaması üzerine biraz kesintiye uğradı. 1914 yılında Avusturya-Macaristan tahtının varisinin bir suikasta kurban gitmesi, zamanının en büyük, en kanlı savaşlarından birinin başlamasına yol açarak İngiltere, Avusturya-Macaristan, Rusya ve Prusya imparatorluklarını on milyonlarca gencin hayatını karartacak felaket niteliğinde bir anlaşmazlığın içine sürükledi. Alman üniversitelerinin sakin, seçkin profesörleri, hemen hemen bir gecede kana susamış nasyonalistlere dönüştü. Berlin Üniversitesi'ndeki öğretim görevlilerinin tamamına yakın bir bölümü, savaş hummasının ateşine kapılmış ve bütün enerjilerini savaş çabasına tahsis etmişti. Önde gelen doksan üç entelektüel, Kayzer'i desteklemek amacıyla halkın tümünü Kayzerin yarında yer almaya davet eden ve kaygı verici bir şekilde Alman halkının "Beyaz ırk üzerine salınan Moğollarla ve Zencilerle işbirliği yapan Rus yağmacılara" karşı çıkması gerektiğini beyan eden meşhur "Uygar

Dünyaya Duyuru"yu imzaladı. Duyuru, Almanya'nın Belçika'yı işgal etmesini haklı göstermeye çalışıyor ve gururla ilan ediyordu ki, "Alman ordusu ve Alman halkı bir bütündür. Bu şuur, şimdi yetmiş milyon Alman'ı eğitim, sınıf veya parti ayrımı gözetmeksizin birbirine bağlamaktadır." Felix Klein, fizikçiler Wilhelm Roentgen (X ışınlarının kaşifi), Walther Nernst ve Wilhelm Ostwald gibi seçkin bireylerin yanı sıra, Einstein'ın velinimeti Max Planck dahi bu duyuruyu imzalayanlar arasındaydı.

Kanıtlanmış bir barışsever olan Einstein, duyuruyu imzalamayı reddetti. Elsa'nın doktoru Georg Nicolai önde gelen bir savaş karşıtı eylemciydi ve yüz kişiye bir karşı duyuru imzalamayı önerdi. Almanya'yı pençesine alan bunaltıcı savaş isterisi yüzünden sadece dört kişi bu duyuruyu imzaladılar, aralarında Einstein da vardı. Einstein başını sallayarak inanmadığını ifade ediyor ve "Avrupa'nın ahmaklığı yüzünden çözüp serbest bıraktığı şeye inanmak mümkün değil," diye yazıyor ve üzgün bir ifadeyle " Böyle bir zamanda insan ne kadar zavallı bir hayvan türüne ait olduğunun farkına varıyor," diye ekliyordu.

1916 yılında Einstein'ın dünyası bir kez daha, bu kez yakın idealist dostu Friedrich Adler'in, Zürich Üniversitesi'ndeki olası bir profesörlük konumundan Einstein lehine vazgeçmiş olan fizikçinin, kalabalık bir Viyana restoranında "Zorbalık kahrolsun! Barış istiyoruz!" diye bağırarak Avusturya başbakanı Kont Karl von Stürgkh'ü öldürdüğüne dair şaşırtıcı bir haberin gelmesi üzerine tekrar sarsıldı. Bütün ülke, Avusturya Sosyal Demokratlarının kurucusunun oğlunun ulusa karşı kelimelerle anlatılamayacak kadar korkunç bir cinayet işlediğine ilişkin haberler karşısında son derece kötü sarsılmıştı. Adler, muhtemel bir ölüm cezasını beklemek üzere derhal hapse gönderildi. Mahkeme edilmeyi beklerken Adler en sevdiği uğraşa, fiziğe döndü ve Einstein'ın görelilik kuramını eleştiren uzun bir makale yazdı. Aslında, suikast ile yarattığı karışıklığın ve onun olası sonuçlarının ortasında, görelilik konusunda çok önemli bir hata tespit etmiş olduğu düşüncesi zihnini meşgul etmekteydi.

Adler'in babası Viktor, oğlu için kullanılabilecek tek savunmaya sarıldı. Ailede süregelen bir akıl hastalığının var olduğu-

nun farkında olan Viktor, oğlunun akıl hastası olduğunu ileri sürerek hoşgörü dileğinde bulundu. Viktor, Einstein'ın kabul görmüş görelilik kuramının yanlışlığını kanıtlamaya çalışıyor olmasını oğlunun deliliğinin kanıtı olarak öne sürdü. Einstein, onun kişiliği konusunda şahitlik etmeyi önerdiyse de, hiçbir zaman mahkemeye davet edilmedi.

Mahkeme başlangıçta Adler'i suçlu bulmasına ve asılarak idam edilme cezasına çarptırılmasına karar verdiyse de, cezayı daha sonra Einstein ve başkalarının itirazları üzerine ömür boyu hapis cezasına çevirdi (Komiktir ki, daha sonra I. Dünya Savaşı'nın ardından hükümetin çökmesi üzerine Adler 1918 yılında serbest bırakıldı ve hatta işçi hareketinin en sevilen üyelerinden biri haline gelerek Avusturya Ulusal Meclisi'ne seçildi).

Savaş ve genel göreliliği yaratmak için gerekli olan muazzam zihinsel çaba, kaçınılmaz bir şekilde Einstein'ın zaten risk altında bulunan sağlığını olumsuz anlamda etkilemişti. Nihayet 1917 yılında bir sinir krizine çok yaklaştı ve acılar içerisinde baygınlık geçirdi. Harcadığı muazzam zihinsel çabalar nedeniyle öylesine zayıf düşmüştü ki, evinden dahi çıkamıyordu. Vücut ağırlığı yalnızca iki ay içerisinde tehlikeli bir şekilde 28 kilo birden düştü. Daha önceki durumuna göre bir deri bir kemik kalınca kanserden ölmekte olduğunu düşünmeye başladı, fakat hastalığı mide ülseri olarak teşhis edildi. Doktoru ona kayıtsız şartsız dinlenmeye çekilmesi ve beslenme rejiminde değişiklik yapması gerektiğini söyledi. Elsa, bu dönemde sürekli şekilde onun yanında oldu ve Einstein'ın sağlığının yavaş yavaş düzelmesine katkı sağladı. Özellikle Elsa'nın yanındaki daireye taşınması ile birlikte, Einstein ile Elsa ve kızları arasındaki yakınlık da büyük ölçüde arttı.

Nihayet, 1919 yılının Haziran ayında Einstein, Elsa ile evlendi. Saygıdeğer bir profesörün nasıl giyinmesi gerektiği konusunda çok belirgin görüşlere sahip olan karısı, onun topluma uymadan yaşayan bir bekârdan şık, evcil bir kocaya dönüşmesine yardımcı olarak belki de onu yaşamının bir sonraki gelişmesine, dünya sahnesinde bir kahraman olarak yükseleceği günlere hazırlıyordu.

5

Yeni Kopernik

SAVAŞIN YARATTIĞI kesintiden ve kargaşadan kurtulan Einstein, 29 Mayıs 1919 tarihinde gerçekleşecek olan bir sonraki Güneş tutulmasını heyecanla beklemeye başladı. İngiltere'den bir bilim insanı, Arthur Eddington, Einstein'ın kuramını test etmek için yapılması gereken deneye büyük bir ilgi beslemekteydi. Eddington, İngiltere Kraliyet Astronomi Derneği'nin sekreteriydi ve hem teleskop kullanarak astronomik gözlemler yapmak, hem de genel göreliliğin matematiğinin içine dalmak konularında eşit düzeyde yetkinliğe sahipti. Güneş tutulması deneyini yapmak için başka bir nedeni daha vardı: O, Quaker mezhebine mensuptu ve barışçı inancı I. Dünya Savaşı sırasında İngiliz ordusunda savaşmasına engel olmuştu. Aslına bakılacak olursa, orduya katılmaktansa hapse girmeye dünden hazırdı. Cambridge Üniversitesi'nin yönetimi, genç yıldızlarından birinin savaşa karşı olması nedeniyle askerlik yapmayı reddettiği için hapse girmesinin yol açacağı skandaldan çekinmeleri dolayısıyla, onun bir vatandaşlık görevini yerine getirmesi,

yani 1919 yılında meydana gelecek Güneş tutulmasını izleyecek ve Einstein'ın kuramını test edecek bir heyeti yönetmesi koşuluyla devletten bir tecil koparmayı başarmışlardı. Böylece, savaşmak yerine genel göreliliği test etmek, artık onun resmi vatandaşlık görevi olmuştu.

Arthur Eddington, Batı Afrika sahilleri açıklarında Gine körfezinde bulunan Principe Adası'nda kamp kurdu. Andrew Crommelin yönetimindeki başka bir ekip ise kuzey Brezilya'daki Sobral'e yelken açtı. Kötü hava koşulları, özellikle yağmur bulutlarının Güneş'i kapatması, deneyi neredeyse tamamen mahvedecekti. Fakat bulutlar, öğleden sonra saat 13.30 sularında mucizevî bir şekilde tam da yıldızların fotoğraflanmasına olanak verecek şekilde aralanıverdi.

Bununla beraber, ekiplerin İngiltere'ye dönmesi ve ellerindeki verileri dikkatli bir şekilde incelemesi için aylar geçmesi gerekmişti. Eddington, elindeki fotoğrafları birkaç ay önce İngiltere'de aynı teleskop vasıtası ile çekilmiş olan başka fotoğraflarla karşılaştırma olanağını nihayet bulabildiği zaman, 1,61 ark saniyelik bir ortalama sapma var olduğunu buldu. Buna karşılık, Sobral'ın ekibi 1,98 ark saniyelik bir değer elde etmişti. Bunun ortalamasını alarak yaptıkları hesabın sonucunda 1,79 ark saniyelik bir değer elde ettiler, bu da Einstein'ın öngördüğü 1,74 ark saniyelik değeri deneysel hata sınırları içerisinde doğrulamaktaydı. Eddington, daha sonraları Einstein'ın kuramını doğrulamış olmanın yaşamındaki en büyük an olduğunu söylemiştir.

22 Eylül 1919 tarihinde Einstein, nihayet Hendrik Lorentz'den onu harika haberler konusunda bilgilendiren bir telgraf aldı. Einstein, heyecan içinde annesine bir mektup yazdı, "Sevgili Anneciğim - Bugün iyi haberler aldım. H.A. Lorentz bana ışığın Güneş tarafından saptırıldığının İngiliz ekibi tarafından gerçekten kanıtlandığını telgrafla bildirdi." Görünüşe göre Max Planck, Güneş tutulması verilerinin genel göreliliği doğrulayıp doğrulamayacağını görmek için sabaha kadar uyumamıştı. Einstein, sonradan şaka yapmıştı, "Eğer genel göreliliği *gerçekten* anlamış olsaydı, benim yaptığım gibi gidip yatardı."

Her ne kadar bilim toplumu artık Einstein'ın yeni genel görelilik kuramına ilişkin heyecan verici haberlerle çınlamaya başladıysa da kamuoyundaki asıl fırtına Kraliyet Derneği ile Kraliyet Astronomi Derneğinin 6 Kasım 1919'da Londra'da yaptığı bir ortak toplantının ardından patlak verdi. Einstein, Berlin'deki deneyimli, saygın bir fizik profesöründen birdenbire dünyaca tanınmış bir kişiye, Isaac Newton'un yerini alacak değerli bir kişiye dönüşmüştü. O toplantıda düşünür Alfred Whitehead, "Tam anlamıyla bir Yunan dramasında karşılaşılan gergin, ilgi dolu bir atmosfer vardı," diye anlatıyordu. İlk olarak söz alan Sir Frank Dyson, "Fotoğrafların dikkatle incelenmesinin ardından, bunların Einstein'ın öngörülerini doğruladığı konusunda hiçbir şüpheye yer olmadığını söylemek isterim," dedi. Işığın Einstein'ın çekim yasası uyarınca sapmaya uğradığı konusunda son derece kesin bir sonuç elde edilmiştir." Kraliyet Derneği'nin başkanı, Nobel Ödülü sahibi J.J. Thomson, resmi bir ses tonu ile bunun "insan düşüncesi tarihindeki en büyük başarılardan biri" olduğunu ilan etti. "Bu, ücra bir adanın keşfedilmesi değil, yepyeni bilimsel fikirlerle dolu koskoca bir kıtanın keşfidir. Bu, Newton'un ilkelerini öne sürmesinden sonra çekim konusunda yapılmış en büyük keşiftir."

Efsaneye göre, Eddington toplantıdan çıkarken başka bir bilim adamı onu durdurarak sordu, "Bir söylentiye göre dünyada Einstein'ın kuramını anlayan yalnızca üç kişi varmış. Siz onlardan biri olmalısınız." Eddington sesini çıkartmadan durunca, bilim adamı ilave etmiş, "Tevazu göstermeyin, Eddington." Eddington omuz silkmiş, "Hiç de öyle değil. Ben üçüncünün kim olabileceğini düşünüyordum."

Ertesi gün, Londra da yayımlanan Times gazetesi, manşeti patlattı: "Bilimde Devrim - Evrenin Yeni Kuramı - Newton'un Fikirleri Devrildi - Çok Önemli Duyuru - Uzay 'Büküldü.'" (Eddington, Einstein'a yazdı, "Bütün İngiltere senin kuramından bahsediyor. ... Bu, İngiltere ve Almanya arasındaki bilimsel ilişkiler açısından olabilecek en iyi şey." Londra gazeteleri de, Einstein'ın doksan altı Alman entelektüeli tarafından hazırlanan

ve İngiliz entelektüellerini son derece kızdıran manifestoyu imzalamamış olduğunu onaylar bir ifadeyle yazmaktaydı).

Aslında Eddington, Einstein'ın en önde gelen taraftarı olmaya ve İngilizce konuşan dünyada meşalenin koruyucusu olarak davranarak genel göreliliği bütün meydan okumalara karşı savunmaya hazırdı. Koyu dindar Viktorya dönemi İngiltere'sinde inançlara başkaldırı niteliğindeki evrim kuramını tanıtmak üzere "Darwin'in temsilcisi" görevi yapan Thomas Huxley gibi, Eddington da göreliliği tanıtmak için sahip olduğu bilimsel şöhretin ve hatırı sayılır tartışma yeteneklerinin bütün gücünü kullanacaktı. Biri Quaker, diğeri Yahudi, iki barışsever arasındaki bu garip bağlantı, göreliliği İngilizce konuşan halklara taşımada yardımcı oldu.

Bu hikâye dünya medyasında öylesine ani bir şekilde parladı ki, pek çok gazete hazırlıksız yakalanmış ve fizikten anlayan birilerini bulmak için çırpınmaya başlamıştı. *The New York Times*, hızla yayılan bu hikâyeyi toparlaması için golf uzmanı Henry Crouch'u gönderdi ve bu yüzden konuya birkaç hata eklemeyi başardı. *The Manchester Guardian*, hikâyeyi yazması için müzik eleştirmenini gönderdi. Daha sonra Londra'nın *Times* gazetesi Einstein'dan yeni kuramının ayrıntılarını anlatan bir makale yazmasını istedi. Einstein, görelilik ilkesini göstermek üzere *Times*'da şöyle yazdı: "Bugün Almanya'da ben bir Alman bilim adamı olarak adlandırılıyorum ve İngiltere'de İsviçreli bir Yahudi olarak adım geçiyor. Eğer bana *istenmeyen adam* gözüyle bakılmaya başlanırsa, Almanlar için İsviçreli bir Yahudi, İngilizler için ise bir Alman bilim adamı olurum.

Çok geçmeden yüzlerce gazete bu belgelenmiş deha ile, Kopernik ve Newton'un bu halefi ile bir özel röportaj yapabilmek için yaygara kopartmaya başladı. Einstein, işlerini tam zamanında yetiştirmek için çırpınan gazeteciler tarafından kuşatma altına alınmıştı. Dünyadaki her gazetenin ön sayfasında bu hikâye anlatılıyordu. Belki de I. Dünya Savaşı'nın kıyımından ve anlamsız vahşetinden bunalmış olan halk, gizemi sürekli olarak rüyalarına giren göklerdeki yıldızlar üzerine nesillerdir anlatılan en derin masalların ve efsanelerin içine

giren bir hayal kahramanına hazır duruma gelmişti. Üstelik Einstein, kafalardaki dahi görüntüsünü de yeni baştan çizmişti. Halk, burnu havada bir insan yerine yıldızlardan gelen bu habercinin alev biçimli saçları ve buruşuk elbiseleri ile basın mensuplarına çene yetiştiren ve bilgece sözleri ile kalabalıkları coşturan genç bir Beethoven oluşundan çok memnundu.

Arkadaşlarına, "Şu anda her arabacı ve her garson, görelilik kuramının doğru olup olmadığını tartışıyor," diye yazmıştı. "Herkes, bağlı bulunduğu siyasi partiye göre bu konuya ilişkin bir kanaate sahip." Fakat işin heyecanı geçtikten sonra, bu şöhretin olumsuz tarafını da görmeye başladı. "Sel gibi akıp giden gazete makalelerinin ardından," diye yazıyordu, "sorularla, davetlerle, meydan okumalarla öylesine bunaltıldım ki, rüyamda kendimi cehennemde yanarken görüyorum, postacı kılığına girmiş şeytan da bana sürekli olarak bağırıyor ve eski mektupları yanıtlamadığım için kafama deste deste yeni mektup fırlatıyor." Onun anlatışına göre "Bu dünya acayip bir tımarhane" idi ve kendisi de bu "görelilik sirkinin" tam ortasındaydı. "Şu anda kendimi bir fahişe gibi hissediyorum," diye sızlanıyordu, "Herkes benim ne yapmakta olduğumu bilmek istiyor." Gariplik peşinde koşanlar, çatlaklar, sirk organizatörleri, hepsi Albert Einstein'ın bir parçasını elde etmeye çalışıyordu. *Berliner Illustrierte Zeitung*, şöhrete birdenbire erişen, London Palladium tiyatrosu oyuncu ajansı tarafından komedyenler, ip cambazları ve ateş yutucularla birlikte sahneye çıkması karşılığında kendisine yapılan cömert teklifi reddeden bu bilim adamının sorunlarından bazılarını ayrıntılı şekilde yazdı. Einstein kendisini bir ucube haline getirecek olan tekliflere nazikçe hayır diyebiliyordu, fakat çocuklara ve hatta sigaralara kendi adının verilmesini engellemek için yapabileceği hiçbir şey yoktu.

Einstein'ın keşfi kadar büyük bir şeyin, kalabalık bir şüpheci grubunu bir karşı saldırı düzenlemeye davet etmesi kaçınılmazdı. Şüpheciler, *New York Times* tarafından yönlendiriliyordu. İngiliz basını tarafından atlatılmanın ilk şokunu atlattıktan sonra, gazetenin editörleri İngiltere halkını, böylesine kolay kandırılabilir oldukları için, Einstein'ın kuramlarını bu kadar çabuk

kabullenmeye hazır oldukları için alaya almaya başladı. *New York Times*'ın yazdığına göre İngilizler, "Einstein kuramının fotoğraf yoluyla doğrulandığını duydukları zaman entelektüel panik benzeri bir şeye kapılmış gibi görünüyorlar. ... Güneş'in hâlâ -görünüşe göre- doğudan doğduğunun farkına vardıkça yavaş yavaş kendilerine geliyorlar." New York'taki editörlerin canını özellikle sıkan ve onları kuşkulandıran şey, dünyada çok az sayıda insanın bu kuramı anlayabilmesiydi. Editörler, bunun Amerikalılığa ve demokrasiye aykırı olduğundan yakınmaktaydılar. Acaba dünya, bir şakacı tarafından oyuna mı getiriliyordu?

Akademik dünyada kuşkucular, Columbia Üniversitesi'nden bir göksel mekanik profesörü olan Charles Lane Poor tarafından haklı gösteriliyordu. "Kuramın varsayılan astronomik kanıtları, Einstein tarafından anlatıldığı ve iddia edildiği haliyle mevcut değildir" demek suretiyle, istemeden de olsa saldırıyı yönlendirmişti. Poor, görelilik kuramının yazarını Lewis Carroll'un karakterleriyle kıyaslıyordu: "Dördüncü boyut, Einstein'ın görelilik kuramı ve evrenin yapısına ilişkin diğer psikolojik spekülasyonlar hakkında çeşitli makaleler okudum ve onları okuduktan sonra, kendimi Senatör Brandegee'nin Washington'daki meşhur bir akşam yemeğinden sonra hissettiği gibi hissediyorum. 'Kendimi' demişti, 'Alice ile birlikte Harikalar Diyarında geziyormuş gibi ve Çılgın Şapkacı ile beraber çay içmiş gibi hissediyorum' " Mühendis George Francis Gillette, hiddetli bir ifadeyle göreliliğin "şaşı bakan fizik. ... son derece çılgınca. ... sancılı bir zihnin geri zekâlı çocuğu. ... katıksız saçmalamanın en aşağılık noktası. ... ve kara büyü saçmalığı" olduğunu söylüyor ve ekliyordu, "1940 yılına gelindiğinde görelilik, bir şaka olarak kabul edilecek. Einstein artık ölmüş ve Andersen, Grimm ve Çılgın Şapkacının yanına gömülmüştür." Komiktir, ama tarihçilerin bu kişileri hâlâ hatırlıyor olmasının tek nedeni, görelilik kuramına karşı gereksiz şekilde veryansın etmiş olmalarıdır. Fiziğin bir popülerlik yarışmasıyla veya *New York Times* başyazılarıyla değil de dikkatli bir şekilde yapılan deneylerle belirleniyor olması, iyi bilime işaret etmektedir. Max Planck'ın kuan-

tum kuramını açıkladığı sıralarda karşılaştığı amansız eleştirilere gönderme yaparak söylediği gibi, "Genel kural olarak yeni bir bilimsel gerçek, muhaliflerin ikna olduklarını veya inandıklarını ifade etmeleri sonucunda değil, fakat muhaliflerin yavaş yavaş ölmeleri ve daha genç bir neslin gerçekle en baştan tanıştırılmaları sonucunda başarılı olur." Einstein, bir zamanlar şöyle demişti: "Büyük ruhlar, daima sıradan akılların şiddet dolu itirazları ile karşılaşmıştır."

Ne yazık ki, Einstein'ın basın tarafından aşırı şekilde övülmesi, onu karalamak isteyenlerin oluşturduğu giderek büyüyen ordunun nefret, haset ve yobazlığını kamçılamaktaydı. Fizik dünyasının Yahudi düşmanı olarak en tanınmış kişisi, fotoelektrik etkisinin temel frekans ilişkisini bulan Nobel Ödülü sahibi fizikçi Philipp Lenard idi ve onun elde ettiği sonuç, en sonunda Einstein'ın ışık kuantumu, yani foton kuramı tarafından açıklanmıştı. Hatta Mileva, Heidelberg'i ziyareti sırasında Lenard'ın derslerine de girmişti. Lenard, pırıltılı dergilerde Einstein'ın bir "Yahudi sahtekâr" olduğunu ve göreliliğin "en başta tahmin edilebileceğini, -eğer ırk kuramı daha yaygın şekilde biliniyor olsaydı- çünkü Einstein'ın bir Yahudi olduğunu" söyleyerek eleştiriyordu. Lenard, zamanla giderek Almanya'yı "Yahudi fiziği"nden arındırmayı ve Aryan fiziğini saflaştırmayı hedefleyen Anti-görelilik Birliği olarak adlandırılan bir grubun önde gelen üyelerinden biri oldu. Alman bilim dünyasının aralarında Nobel ödüllü Johannes Stark ve Hans Geiger (Geiger sayacının mucidi) gibi pek çok ismi, ona katılmakta gecikmemişti.

İçi kin dolu bu karalama grubu, 1920 Ağustos'unda sırf görelilik kuramına karşı çıkmak amacıyla Berlin'deki muazzam Filarmoni Salonu'nu kiraladı. Dinleyiciler arasında Einstein da bulunuyordu. Einstein, yüzüne karşı kendisini ün peşinde koşan bir bilim hırsızı, bir şarlatan ilan eden bitmek tükenmek bilmez bir dizi konuşmacıya meydan okudu. Ertesi ay, bu sefer Alman Bilim Adamları Derneği'nin Bad Neuheim'da yaptığı bir toplantıda, benzer bir atışma tekrar yaşandı. Salonun girişini korumak ve herhangi bir gösteriyi veya şiddet olayını bastırmak üzere silahlı polisler görev yapmaktaydı. Lenard'ın bazı tahrik

edici sözlerini yanıtlamaya çalışan Einstein, yuhalama ve ıslıklarla karşılandı. Bu sevimsiz olaya ilişkin haberler Londra gazetelerinde yer aldığı zaman, Britanya halkı Almanya'nın büyük bilim insanının Almanya'dan kovalanmakta olduğuna dair söylentiler karşısında endişelenmişti. Alman Dışişleri Bakanlığı'nın Londra temsilcisi, bu söylentilere bir son vermek amacıyla Einstein'ın ayrılmasının Alman bilimi için yıkıcı etkiler yapacağını belirterek "Etkin bir kültürel propaganda için kullanabileceğimiz ... böyle bir insanı uzaklaştırmamalıyız" dedi.

Dünyanın her yanından yağan davetler karşısında Einstein, 1921 Nisan ayında yeni ününden yalnızca göreliliği değil, artık barış ve Siyonizmi de kapsayan diğer amaçlarını da tanıtmak için yararlanmaya karar verdi. Yahudi köklerini nihayet yeniden keşfetmişti. Arkadaşı Kurt Blumenfeld ile yaptığı uzun konuşmalar sırasında, Yahudilere asırlar boyu uygulanan zorlu işkenceleri tam olarak anlamaya başladı. "Blumenfeld, Yahudi ruhumun farkına varmamı sağlamıştır," diye yazmıştı. Önde gelen bir Siyonist olan Chaim Weizmann, Kudüs'teki İbrani Üniversitesi için parasal kaynak temin etmek amacıyla Einstein'ı bir mıknatıs olarak kullanma fikri üzerine odaklanmıştı. Plana göre Einstein, Amerika'nın önemli yerlerini kapsayan bir tura çıkartılacaktı.

Einstein, gemisi New York Limanı'na yanaşır yanaşmaz kendisinin bir görüntüsünü alabilmek için yarışan muhabirlerin hücumu ile karşılaştı. Einstein'ın araba konvoyunu izlemek için New York caddelerinin iki yanını dolduran kalabalıklar, üstü açık limuzinin içinden el salladığı zaman onu çılgınlar gibi selamlamaktaydı. Kendisine bir çiçek buketi atılan Elsa, "Tıpkı Barnum sirki gibi!" diye seslendi. Einstein biraz düşündü, "New Yorklu hanımefendiler her yıl yeni bir tarz sahibi olmak istiyor. Bu yılın modası, görelilik." Sonra ekledi, "Ben, bir şarlatana veya insanları bir sirk palyaçosu gibi kendine çeken bir hipnotizmacıya mı benziyorum?"

Beklendiği gibi, Einstein halk arasında yoğun bir ilgi uyandırmış ve Siyonist çıkarlarını ön plana getirmişti. İyi dilekçiler, meraklılar ve Yahudi hayranları, konuşma yaptığı her salonu

tıka basa dolduruyordu. Manhattan'daki Altıncı Alay Teçhizat Deposuna ancak sekiz bin kişilik bir grup sığabilmiş, dâhiyi görebilmek için bekleyen üç bin civarında kişiden oluşan bir kalabalığı geri çevirmek gerekmişti. Einstein için New York Şehir Koleji'nde düzenlenen resepsiyon, gezinin en önemli olaylarından biriydi. Daha sonraları bir Nobel Ödülü kazanmış olan Isidor Isaac Rabi, Einstein'ın konuşmasının notlarını dikkatle tutuyor ve Einstein'ın diğer fizikçilerden farklı olarak toplulukların hoşuna giden bir karizması bulunduğunu düşünüyordu (Bugün dahi, New York Şehir Koleji'nin bütün öğrencilerini Einstein'ın etrafında toplanmış vaziyette gösteren bir fotoğraf, okul yönetim kurulu başkanının odasında asılıdır).

New York'tan ayrıldıktan sonra Einstein'ın Amerika gezisi birkaç büyük şehirde verilen kısa molalarla hızlı bir şekilde tamamlandı. Cleveland'da onu üç bin kişi karşıladı. "Olası bir ciddi zarar görmekten, savaş gazilerinden oluşan bir bölüğün onu görmek için çılgınca çabalayan halkla yoğun bir şekilde mücadele etmesi sayesinde" kurtuldu. Washington'da Başkan Warren G. Harding ile buluştu. Ne yazık ki karşılıklı konuşamadılar, çünkü Einstein İngilizce, Harding ise Almanca veya Fransızca bilmiyordu. (Einstein'ın kasırga gibi esen turu, neredeyse bir milyon dolar toplanmasını sağladı. Bunun iki yüz elli bin doları, Waldorf Astoria Otelinde bir akşam yemeğinde sekiz yüz Yahudi doktorun önünde yaptığı bir konuşmada elde edilmişti.)

Amerika gezisi milyonlarca Amerikalıyı uzay ve zamanın gizemleri ile tanıştırmanın yanı sıra, Einstein'ın Yahudi davasına duyduğu derin ve yürekten bağlılığı bir kez daha doğrulamıştı. Orta sınıf, rahat yaşayan bir Avrupalı aileden geldiği için, dünyanın dört bir yanında fakir Yahudilerin çektiği acılardan habersizdi. Notlarında "Yahudileri böylesine toplu olarak ilk kez görüyordum," diye yazmıştı. "Yahudi halkını keşfedişim, ancak Amerika'ya gittikten sonra oldu. Pek çok Yahudi görmüş olsam da, Berlin'de veya Almanya'nın başka bir yerinde Yahudi halkı ile karşılaşmamıştım. Amerika'da gördüğüm Yahudi halkı Rusya, Polonya veya genel olarak Doğu Avrupa'dan gelmişti."

Amerika'dan sonra İngiltere'ye giden Einstein, Canterbury Başpiskoposu tarafından kabul edildi. Einstein, Başpiskoposu görelilik kuramının halkın moral değerlerine ve dini inançlarına zarar vermeyeceği konusunda güvence vererek ruhban sınıfın rahat bir nefes almasını sağladı. Rotschild'larda katıldığı bir öğle yemeğinde tanıştığı tanınmış klasik fizikçi Lord Rayleigh, Einstein'a "Eğer kuramınız doğru ise, anladığım kadarıyla ... mesela Norman İstilası'nın olayları henüz meydana gelmedi," demişti. Lord Haldane ve kızı ile tanıştırıldığı zaman, kız onu görünce düşüp bayılmıştı. Einstein, sonra İngiltere'nin en kutsal toprağı olan Westminster Abbey'de bulunan mezarını ziyaret edip bir çelenk bırakarak Isaac Newton'a saygısını gösterdi. 1922 Mart ayında Einstein, Collége de France'da bir konuşma yapmak üzere davet edildi. Burada Paris basınının büyük ilgisi ile karşılaştı ve büyük kalabalıklar tarafından izlendi. Bir gazetecinin yazdığı şekliyle, "Büyük bir moda haline geldi. Akademisyenler, politikacılar, sanatçılar, polisler, taksi şoförleri ve yankesiciler, Einstein'ın ne zaman konferans vereceğini biliyor. Paris'in tamamı, Einstein hakkında her şeyi biliyor ve bildiğinden fazlasını konuşuyor." I. Dünya Savaşı'ndan kalan yaraları hâlâ iyileşmemiş olan bazı bilim insanlarının Almanya'nın Milletler Cemiyetine üye olmaması nedeniyle toplantılara katılamamasını bahane ederek Einstein'ın konuşmalarını boykot etmeleri, bu gezinin çevresinde bir uyuşmazlık çemberi doğmasına yol açmıştı (Bir Paris gazetesi, buna yanıt olarak "Eğer bir Alman kansere veya tüberküloza karşı bir tedavi bulsaydı, bu otuz akademisyen o tedaviyi uygulamak için Almanya Milletler Cemiyeti'ne üye oluncaya kadar bekleyecekler miydi?" diye alay etmişti).

Buna karşın Einstein'ın Almanya'ya dönüşü, savaş sonrası Berlin'in istikrarsızlığı yüzünden ertelendi. Siyasi suikastlar mevsiminin başlaması, kaygı veriyordu. Sosyalist liderler Rosa Luxemburg ve Karl Liebknecht, 1919 yılında öldürülmüştü. 1922 Nisanında Almanya Dışişleri Bakanlığına kadar yükselen bir Yahudi fizikçi ve Einstein'ın meslektaşı olan Walther Rathenau, arabasıyla giderken hafif makineli tüfek ateşiyle öldürüldü.

Birkaç gün sonra bir başka tanınmış Yahudi, Maximilian Harden, başka bir suikast girişimi sonucunda ağır yaralandı.

Rathenau'ya saygı ifadesi olarak bir gün ulusal yas ilan edildi ve tiyatrolar, okullar ve üniversiteler kapandı. Bir milyon kişi, cenaze töreninin yapıldığı Parlamento binasının yakınlarında saygı duruşunda bulundu. Buna karşın Philipp Lenard, Heidelberg Fizik Enstitüsü'ndeki derslerini iptal etmedi (Daha önceleri, Rathenau'nun öldürülmesi gerektiğini dahi ileri sürmüştü. Ulusal yas günü sabahı, bir grup işçi derslerini iptal etmesi için Lenard'ı ikna etmeye çalıştıysa da, binanın ikinci katından üstlerine su dökülerek ıslatıldılar. Daha sonra işçiler binaya girerek Lenard'ı dışarı sürüklediler. Polis müdahale ettiği sırada, onu nehre atmaya hazırlanıyorlardı).

O yıl Rudolph Leibus adlı genç bir Alman "Barış yanlılarının bu elebaşılarını vurmak, vatanseverler için bir görevdir" diyerek Einstein ve başka bazı entelektüellerin öldürülmesi için bir ödül önermekle suçlandı. Mahkemede suçlu bulunduysa da, yalnızca on altı dolarlık bir cezaya çarptırıldı (Einstein, hem Yahudi düşmanlarından, hem de akıl hastalarından gelen böyle tehditleri ciddiye alıyordu. Bir seferinde Eugenia Dickson adlı akli dengesi bozuk bir Rus göçmeni, Einstein'a bir dizi tehditkâr mektup yazmış, onu gerçek Einstein'ın yerine geçmiş bir sahtekâr olmakla suçlamış, öldürmek niyetiyle Einstein'ın evine saldırmıştı. Fakat bu deli kadın Einstein'a saldıramadan Elsa onunla kapının önünde boğuşmuş, kontrol altına almayı başararak polisi çağırmıştı).

Antisemitizmin bu tehlikeli yükselişi ile karşı karşıya kalan Einstein, başka bir dünya turu için karşısına çıkan bir fırsatı değerlendirmiş ve bu sefer Uzak Doğu'ya gitmişti. Düşünür ve matematikçi Bertrand Russel Japonya'da bir konferans turu yapmaktaydı ve Japonya'da konferans vermek üzere zamanın en tanınmış bazı isimlerini vermesi ev sahipleri tarafından kendisinden istenmişti. Derhal Lenin ve Einstein'ın adlarını verdi. Doğal olarak Lenin'in gelmesi mümkün olmadığı için, Einstein davet edildi. O da kabul etti ve yolculuğa 1923 Ocağında başla-

dı. "Yaşam, bisiklete binmek gibi bir şey. Dengeni korumak istiyorsan harekete devam etmelisin" diye yazmıştı.

Einstein, Japonya ve Çin'e doğru gitmekte olduğu sırada, Stockholm'den gelen ve pek çok kişinin epeyce geç kaldığını düşündüğü bir mesaj aldı. Telgraf, fizik dalında Nobel Ödülü kazandığını haber veriyordu. Fakat ödülü en büyük başarısı olan görelilik dolayısıyla değil, fotoelektrik etkisi dolayısıyla kazanmıştı. Einstein ertesi yıl Nobel Ödülü konuşmasını yaptığı zaman, kendine özgü bir şekilde herkesin zannettiği gibi fotoelektrik etkisi üzerine hiçbir şey söylemeden yalnızca görelilikten bahsederek dinleyenleri şaşırtmıştı.

Fiziğin en göze çarpan ve en saygın ismi olan Einstein'ın Nobel Ödülü'nü almakta bu kadar geç kalmasının nedeni neydi? Gariptir ki, 1910 yılından 1921 yılına kadar Nobel Ödülü Komitesi tarafından sekiz kere geri çevrilmişti. Bu dönem zarfında göreliliğin geçerliliğini doğrulamak amacıyla sayısız deney yapılmıştı. Nobel aday seçme komitesi üyelerinden Sven Hedin, asıl sorunun kendisi dahil diğer jüri üyeleri üzerinde büyük bir etkiye sahip olan Lenard'dan kaynaklandığını sonradan itiraf etti. Nobel Ödülü sahibi fizikçi Robert Millikan'ın hatırladığına göre, görelilik konusunda oybirliği sağlayamayan Nobel aday seçme komitesi, en sonunda komite üyelerinden birisine kuramı değerlendirme görevini vermişti: "Bütün zamanını Einstein'ın görelilik kuramı üzerinde çalışarak geçirdi. Kuramı anlayamıyordu. Ödülü verip de sonradan görelilik kuramının geçersiz olduğunu öğrenme riskini almaya cesaret edemedi."

Einstein, Nobel Ödülü parasını söz verdiği gibi boşanma anlaşmalarının bir parçası olarak Mileva'ya gönderdi (1923 yılının 32.000 Doları). O da bununla Zürich'te üç apartman dairesi aldı.

1920 ve 1930'larda Einstein dünya sahnesinde bir dev olarak ortaya çıkmıştı. Gazeteler bir röportaj için yaygara kopartıyor, haber filmlerinde onun yüzü gülümsüyor, konuşma yapması için dilekler yağmur gibi yağıyor, gazeteciler onun hayatına ilişkin en önemsiz ayrıntıyı bile nefes nefese yazıyorlardı. Einstein, kendisini Kral Midas'a benzetiyor, aradaki tek farkın onun

dokunduğu her şeyi gazete manşetlerine dönüştürmesi olduğunu söyleyerek eğleniyordu. New York Üniversitesi'nin 1930 mezunları, kendilerine dünyanın en tanınmış kişisi sorulduğu zaman bütün Hollywood film yıldızlarından önce ilk olarak Charles Lindbergh'in, sonra da Einstein'ın adını veriyorlardı. Einstein'ın gittiği her yerde sadece onun varlığı dahi büyük kitleleri harekete geçirmeye yetiyordu. Örneğin, New York'taki Amerikan Doğa Bilimleri Müzesi'nde göreliliği anlatan bir film gösterimini basmak isteyen dört bin kişi, neredeyse bir ayaklanma başlatmıştı. Hatta bir grup sanayici, Almanya'nın Potsdam kentinde içinde 18 metre yükseklikteki bir kulede gelecekten gelmiş gibi duran bir teleskop bulunan 1924 yapımı Güneş gözlemevinin bulunduğu Einstein Kulesi'ni dahi finanse etmişti. Einstein, dehanın yüzünü resmetmek isteyen sanatçılar ve fotoğrafçıların o kadar yoğun talepleri ile karşı karşıya idi ki, iş tanımını "sanatçı modelliği" olarak belirtiyordu.

Bununla beraber, dünya turlarına çıktığı zaman Mileva'yı ihmal ederek yaptığı hatayı bu sefer tekrarlamadı. Ünlü kişilerin, kraliyet aileleri üyelerinin ve güçlü kişilerin katıldığı toplantılara Elsa'yı da yanında götürerek onu çok mutlu etti. Elsa, kocasına büyük bir hayranlık duyuyor, dünya çapındaki ünüyle gururlanıyordu. Elsa, "nazik, sıcak, anaç ve örnek bir burjuvaydı [ve] Albert'ciği ile ilgilenmekten mutluluk duyuyordu."

Einstein, ABD'ye ikinci başarılı gezisini 1930 yılında yaptı. San Diego'yu ziyaretinde mizahçı Will Rogers, Einstein hakkında şu saptamayı yaptı: "Herkesle birlikte yemek yedi, herkesle konuştu, elinde film kalmış olan herkese poz verdi, her öğle ve akşam yemeği davetine, her sinema açılışına, düğünlerin hepsine ve boşanmaların üçte ikisine katıldı. Aslında öylesine dost canlısı davranıyordu ki, hiç kimse ona kuramı hakkında soru sormaya cesaret edemiyordu." Einstein, California Teknoloji Enstitüsü'nü ve Wilson Dağı'ndaki gözlemevini ziyaret ederek kendisinin evrene ilişkin bazı kuramlarını doğrulayan astronom Edwin Hubble ile bir araya geldi. Hollywood'u da ziyaret etti ve burada süper starlara yakışan bir şekilde karşılandı. 1931 yılında o ve Elsa, Charlie Chaplin'in *Şehir Işıkları* filminin dünya

galasına katıldılar. Kalabalıklar, Hollywood kralları tarafından sarılmış olan dünyaca ünlü bu bilim insanını bir an görebilmek için birbirini çiğniyordu. Açılışta seyirciler Chaplin ve Einstein'ı çılgınca alkışladığı sırada Chaplin "İnsanlar beni alkışlıyor, çünkü hepsi beni anlıyor. Seni alkışlıyorlar, çünkü seni hiç kimse anlamıyor," yorumunu yaptı. Ünlülerin yapabileceği taşkınlıklar karşısında şaşkınlığa düşen Einstein, bütün bunların ne anlama geldiğini sorduğu zaman Chaplin'in akıllıca cevabı, "Hiçbir anlamı yok," şeklinde oldu (New York'taki ünlü Riverside Kilisesi'ni ziyareti sırasında dünyanın büyük düşünürleri, liderleri ve bilim insanlarının vitraylarının bulunduğu bir pencerede kendi yüzünü gören Einstein, "beni bir Yahudi azizi ilan etmelerini anlayabilirdim, fakat bir Protestan azizi olacağım asla aklıma gelmezdi," diye şaka yapmıştı).

Einstein, felsefe ve din konularındaki görüşleri nedeniyle de aranan bir insandı. Nobel ödüllü Hintli mistik Rabindranath Tagore ile 1930 yılındaki karşılaşması, basının ilgisini önemli ölçüde çekmişti. Einstein'ın parıldayan beyaz saçları ve Tagore'nin aynı ölçüde gösterişli uzun beyaz sakalı ile ikili, görülecek bir tablo oluşturmaktaydı. Gazetecilerden biri şu yorumu yapmıştı: "İkisini bir arada görmek çok ilginçti - Bir düşünürün başını taşıyan şair Tagore ve bir şairin başını taşıyan düşünür Einstein. Dışarıdan bakınca sanki iki gezegen sohbet ediyormuş gibi görünüyordu."

Einstein, çocukluğunda Kant'ı okuduğu andan itibaren genellikle gösterişli fakat sonuçta çok basit bir hokkabazlıktan ibaret olduğunu düşündüğü geleneksel felsefeye şüpheyle bakar olmuştu. Şöyle yazmıştı: "Felsefenin tümü sanki bal ile yazılmış gibi değil mi? Konu üzerinde kafa yorunca harika görünür, ama insan tekrar baktığı zaman hepsi yok olmuştur. Geriye kalan yalnızca bir bulamaçtır." Tagor ve Einstein, dünyanın insan varlığından bağımsız olarak var olup olmayacağı konusu üzerinde anlaşmaya varamamışlardı. Tagor'un insan varlığının gerçekliğin temelini oluşturduğu yolundaki mistik inancı savunmasına karşın, Einstein "Dünya, fiziksel açıdan bakıldığı zaman, insan bilincinden bağımsız olarak mevcuttur,"

diye yanıtlıyordu. Fiziksel gerçeklik konusunda görüş ayrılığı içinde olmalarına karşın, din ve ahlak konularında birbirleri ile daha fazla uyum içerisindeydiler. Etik konusunda Einstein, ahlakın Tanrı tarafından değil, insanlık tarafından belirlendiğine inanıyordu. Einstein, "Ahlak, son derece önemlidir, fakat Tanrı için değil, bizim için," diyordu. "Bireyin ahlaksız olduğuna inanmıyorum ve etik konusunu arkasında insanüstü bir otoritenin bulunmadığı, tamamen insanlara ait bir düşünce olarak görüyorum."

Geleneksel felsefeye şüpheci bir şekilde yaklaşmasına karşın, dinin ortaya getirdiği gizemlere, özellikle var oluşun doğasına karşı derin bir saygı duymaktaydı. Şöyle yazmıştı: "Din olmadan bilim topaldır, bilim olmadan ise din kördür." Gizeme karşı sergilediği bu bakışı ise bütün bilimlerin pınarı olarak görmekteydi: "Bilim alanındaki bütün kurgular, derin dini duygulardan kaynaklanır." Devam ediyordu: "İnsanın yaşayabileceği en güzel ve en derin deneyim, gizem duygusudur. Bu, dinin ve bilim ile sanattaki en ciddi uğraşların tümünün temelinde yatan ilkedir." Şu şekilde tamamlıyordu," Eğer içimde dinsel olarak tanımlanabilecek bir şey varsa, o da bilimin şimdiye değin açığa çıkartabildiği kadarıyla dünyanın yapısına duyduğum sınırsız hayranlıktır." Din hakkında belki de en zarif ve en net ifadesi, 1929 yılında yazılmıştı: "Ben bir ateist değilim ve kendimi bir panteist olarak tanımlayabileceğimi de zannetmiyorum. Biz, pek çok değişik dilde yazılmış kitaplarla dolu muazzam bir kütüphaneye giren küçük bir çocuğa benziyoruz. Çocuk, bu kitapları birisinin yazmış olması gerektiğini bilir. Nasıl yazıldığını bilmez. Bunların yazıldığı dilleri bilmez. Çocuk, kitapların yerleştirilişinde gizemli bir düzen mevcut olduğunu tahmin etmekte, fakat bunun ne olduğunu bilmemektedir. Bana öyle geliyor ki, en zeki insanın dahi Tanrı'ya karşı durumu, budur. Harikulade bir şekilde düzenlenmiş ve belli yasalara itaat eden bir evren görüyoruz, fakat bu yasaları çok belirsiz bir şekilde anlayabiliyoruz. Sınırlı zihinlerimiz, takımyıldızları hareket ettiren gizemli güçleri kavrayamıyor. Spinoza'nın panteizmi karşısında ağzım açık kalıyor, fakat onun çağdaş düşünceye yaptığı katkı-

lara daha da fazla hayranlık duyuyorum, çünkü o, ruh ve vücudu iki ayrı şey olarak değil, tek bir varlık olarak gören ilk düşünürdür."

Einstein, dini tartışmalar sırasında genellikle birbiri ile karıştırılan iki tür Tanrı arasında sık sık bir ayrım yapardı. İlk olarak kişisel Tanrı, duaları kabul eden, suları ortadan yaran ve mucizeleri gerçekleştiren Tanrı vardı. Bu, İncil'in Tanrısı, müdahaleci Tanrıydı. Sonra bir de Einstein'ın inandığı Tanrı, Spinoza'nın Tanrısı, evreni yöneten basit ve zarif yasaları yaratan Tanrı vardı.

Einstein, medyanın yarattığı bu sirk havası içerisinde dahi mucizevî bir şekilde odaklanmasını asla kaybetmedi ve çabalarını evrenin bu yasalarını araştırmaya adadı. Atlantik'i geçen gemilerde veya uzun tren seyahatlerinde olduğu sıralarda kendisini dikkat dağıtıcı şeylerden uzaklaştırarak çalışmaları üzerine disiplinli bir şekilde odaklanıyordu. Ve bu süre içinde Einstein'ın ilgisini çeken tek şey, denklemlerinin evrenin yapısını çözmek için ne kadar yeterli olacağıydı.

6

Büyük Patlama ve Kara Delikler

EVRENİN BİR BAŞLANGICI VAR MIYDI? Evrenin sınırları var mıdır, yoksa sınırsız mıdır? Bir sonu olacak mıdır? Tıpkı daha önce Newton'da olduğu gibi, Einstein da kuramının evrene ilişkin neler söyleyebileceğini sorgulamaya başladıkça, yüzyıllar önce fizikçilerin üzerinde kafa yorduğu sorularla karşılaşmıştı.

1692 yılında, Newton başyapıtını, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*'yı tamamladıktan beş yıl sonra, Richard Bentley adında bir papazdan aklını karıştıran bir mektup almıştı. Bentley, eğer kütle çekimi yalnızca çekiyor ve asla itmiyorsa, sabit duran herhangi bir yıldız topluluğunun kendi içine çökmesi gerektiğine işaret etmekteydi. Bu basit fakat güçlü gözlem epeyce düşündürücüydü, çünkü evrenin yeterince dengeli görünmesine karşın, eğer yeterli süre verilirse kendisinin ortaya koyduğu evrensel çekim tüm evrenin çökmesine yol açacaktı! Bentley, çekimi bir çekim gücü olarak içeren her kozmolojinin

karşılaştığı önemli bir sorunu ortaya koymaktaydı: Sınırlı bir evrenin dengesiz ve dinamik olması zorunluydu.

Newton, bu rahatsız edici soru üzerinde düşündükten sonra Bentley'e bir yanıt göndererek bu çöküşü önlemek için evrenin sınırsız, tekdüze bir yıldızlar topluluğundan meydana gelmesinin zorunlu olduğunu ifade etmişti. Eğer evren gerçekten sınırsız idiyse, bu durumda her yıldız her yönden eşit şekilde çekilirdi ve dolayısıyla evren, kütle çekiminin tam anlamıyla çekici bir güç olmasına karşın dengede kalabilirdi. Newton, "Eğer madde, sonsuz bir uzayın içine düzgün bir şekilde dağılmış ise hiçbir zaman tek bir kütle halinde toplanamaz . . . ve dolayısıyla Güneş ve sabit yıldızlar oluşabilir," diye yazmıştı.

Fakat bir kez bu varsayım yapıldığı zaman ortaya "Olbers ikilemi" olarak adlandırılan daha derin başka bir muamma ortaya çıkıyordu. Bu muamma, basitçe gökyüzünün geceleri neden karanlık olduğunu sormaktaydı. Eğer gökyüzü gerçekten sınırsız, durağan ve tekdüze idiyse, o takdirde gökyüzünün baktığımız her yerinde bir yıldız görmemiz gerekirdi. Dolayısıyla, gözlerimize her yönden sınırsız miktarda yıldız ışığı gelmeli ve geceleri gökyüzü siyah değil, beyaz olmalıydı. Yani eğer evren tekdüze ve sınırlıysa çökerdi, fakat sınırsız olduğuna göre, gökyüzünün alev alev yanıyor olması lazımdı!

İki yüz yılı aşkın bir süre sonra Einstein da aynı, fakat kılık değiştirmiş muammalarla karşı karşıyaydı. 1915 yılında evren, durağan ve tek başına bir galaksiden, Samanyolu'ndan meydana geldiği zannedilen huzurlu bir yerdi. Geceleri gökyüzünü boydan boya kesen bu parlak tırpan, milyarlarca yıldızdan meydana geliyordu. Fakat Einstein denklemlerini çözmeye başladığı zaman, hiç beklemediği ve kendisini rahatsız eden bir şey buldu. Evrenin yıldızlara ve toz bulutlarına benzeyen tekdüze bir gazla dolu olduğunu varsaymaktaydı. Evreninin dinamik olduğunu, genişlemeyi veya küçülmeyi tercih ettiğini ve asla dengeli olmadığını görerek şaşkınlığa kapıldı. Aslında, kendisini çok geçmeden düşünürleri ve Newton gibi fizikçileri asırlardır şaşırtmaya devam eden kozmolojik soruların bataklığı içerisinde bulmuştu. Sınırlı evrenler, yerçekimi karşısında asla dengede değildiler.

Einstein, tıpkı Newton gibi genişleyen veya daralan bir evrene göğüs germek zorunda kalsa da, o sırada geçerli olan ebedi, durağan bir evren fotoğrafını yırtıp atmaya hâlâ hazır değildi. Devrimci Einstein, hâlâ evrenin genişlemekte olduğunu veya bir başlangıcı olduğunu kabullenecek kadar devrimci değildi. Bulduğu çözüm, epeyce güçsüzdü. 1917 yılında denklemlerine "düzeltme payı" adı verilebilecek bir şeyi, "kozmolojik sabit"i ilave etti. Bu katsayı, çekme kuvvetini dengeleyen itici bir anti çekim önermekteydi: Evren, durağanlaştırılmıştı.

Einstein, bu el çabukluğunu gerçekleştirmek için genel eşdeğişkenliğin, yani genel göreliliğin arkasında duran temel matematiksel ilkenin iki olası genel eşdeğişken nesneye izin verdiğinin farkına varmıştı: Ricci eğriliği (genel göreliliğin temelini meydana getirir) ve uzay-zamanın hacmi. Dolayısıyla, denklemlerine genel eşdeğişkenlik ile tutarlı ve evrenin hacmi ile doğru orantılı olan ikinci bir elemanın eklenmesi mümkündü. Başka bir deyişle, kozmolojik katsayı, boş uzaya bir enerji atamaktaydı. Artık "karanlık enerji" olarak adlandırılan bu anti çekim elemanı, mutlak boşluğun enerjisiydi. Galaksileri birbirinden uzaklaştırabilir veya onları birleştirebilirdi. Einstein, kozmolojik katsayının değerini çekimin yol açtığı sıkışmayı karşılayacak şekilde seçti, böylece evren durağan bir hale geliyordu. Altında matematiksel bir hile yattığı için bundan pek hoşlanmamıştı, fakat durağan bir evreni korumak için başka bir seçeneği yoktu. (Günümüzde evrendeki enerjinin hâkim kaynağı olduğuna inanılan kozmolojik katsayının astronomlar tarafından bulunması için seksen yıl geçmesi gerekecekti.)

Einstein'ın denklemleri için daha fazla çözüm bulunmasıyla birlikte, izleyen birkaç yıl içerisinde bulmaca daha da derinleşti. 1917 yılında Hollandalı bir fizikçi, Willem de Sitter, Einstein'ın denklemlerine garip bir çözüm bulmanın mümkün olduğunu gördü: Bütün maddelerden arınmış, fakat yine de genişleyen bir evren! Bir evreni hareket ettirerek genişletmek için gerekli olan tek şey kozmolojik katsayı, yani boşluğun enerjisiydi. Bu, tıpkı kendisinden önceki Mach gibi, uzay-zamanın özelliklerinin evrenin madde içeriğine bakılarak belirlenmesi gerektiğine ina-

nan Einstein açısından rahatsız edici bir durumdu. Ortada içinde herhangi bir madde olmaksızın genişleyen, ilerlemek için karanlık enerjiden başka bir şeye gerek duymayan bir evren vardı.

Konuyu tamamlayan radikal adımlar, Einstein'ın denklemlerinden genişleyen bir evrenin kendiliğinden çıktığını gösteren Alexander Friedmann tarafından 1922 yılında, Belçikalı bir rahip olan Georges Lemaitre tarafından da 1927 yılında atıldı. Friedmann, çapı büyüyen veya küçülen, homojen, eş yönlü bir evrenden yola çıkarak Einstein'ın denklemlerine bir çözüm elde etmişti (Ne yazık ki Friedmann, bulduğu çözümün ayrıntılarına inecek vakit bulamadan 1925 yılında tifodan öldü). Friedmann-Lemaitre tarafından çizilen resimde evrenin yoğunluğuna bağlı olarak üç olası çözüm bulunmaktadır. Eğer evrenin yoğunluğu belli bir kritik değerden büyükse, evrenin genişlemesi eninde sonunda çekim nedeniyle tersine dönecek ve evren daralmaya başlayacaktır (Kritik yoğunluk, kabaca bir metreküpte 13 hidrojen atomudur). Böyle bir evrende genel eğrilik pozitif yöndedir (Kıyaslamak için, bir kürenin kavislenmesi (eğriliği) pozitiftir). Eğer evrenin yoğunluğu kritik değerden küçükse, evrenin genişlemesini tersine çevirmeye yeterli çekim yok demektir, dolayısıyla genişleme süresiz olarak devam eder (Evren, "büyük donuş" olarak adlandırılan şeye doğru genişlemeye devam ettikçe, sıcaklığı eninde sonunda mutlak sıfıra yaklaşır). Böyle bir evrende genel eğrilik negatiftir (kıyaslamak için, bir eyer veya borazanın eğriliği negatiftir). Son olarak, evrenin tam da kritik değerde dengelenmiş olma olasılığı vardır (bu durumda hâlâ genişlemeye devam eder). Böyle bir evrende eğrilik sıfırdır, dolayısıyla evren dümdüzdür. Dolayısıyla, ilkesel olarak ortalama yoğunluğu basit bir şekilde ölçmek suretiyle evrenin kaderi belirlenebilirdi.

Bu yöndeki gelişmeler çok akıl karıştırıcıydı, çünkü şimdi ortada evrenin ne şekilde gelişeceğine dair en az üç kozmolojik model vardı (Einstein, de Sitter ve Friedmann-Lemaitre). Konu 1929 yılına kadar yerinde saydı ve nihayet elde ettiği sonuçlarla astronominin temellerini sarsan Edwin Hubble tarafından bir

sonuca ulaştırıldı. Hubble, önce Samanyolu'nun çok uzağında başka galaksilerin varlığını kanıtlamak suretiyle tek galaksili evren kuramını paramparça etti (Evren, yüz milyar yıldızdan meydana gelen huzurlu bir topluluk olmanın çok ötesinde, şimdi her biri milyarlarca yıldızdan meydana gelen milyarlarca galaksi içermekteydi. O bir yıl içerisinde evren sanki birdenbire patlayarak büyümüştü). Milyarlarca başka galaksi var olması gerektiğini ve bunlardan en yakın olanının Dünya'dan iki milyon ışık yılı uzaklıktaki Andromeda olduğunu keşfetti (Aslında "galaksi" kelimesi Yunanca "süt" anlamına gelen kelimeden gelmektedir, çünkü Yunanlılar Samanyolu galaksisinin tanrılar tarafından geceleri gökyüzüne dökülen süt olduğunu düşünüyorlardı).

Bu çarpıcı açıklama, Hubble'ın ismini astronominin devleri arasına yazdırmak için yeterliydi. Fakat Hubble daha da ileriye gitti. 1928 yılında Hollanda'ya yaptığı çok önemli bir seyahat sırasında, Einstein'ın genel göreliliği tarafından kızıla kayma ile uzaklık arasında basit bir bağlantıyla genişleyen bir evren öngördüğünü öne süren de Sitter ile buluştu. Bir galaksi Dünya'dan ne kadar uzaktaysa, uzaklaşma hızı o kadar yüksek olacaktı (Bu kızıla kayma, Einstein'ın 1915 yılında düşündüğü kızıla kaymadan biraz farklıdır. Bu kızıla kaymanın nedeni, genişleyen bir evrende galaksilerin Dünya'dan uzaklaşmasıdır. Örneğin eğer sarı bir yıldız bizden uzaklaşıyorsa, ışık demetinin hızı sabit kalır, fakat dalga uzunluğu "büyür", böylece sarı yıldızın rengi kırmızılaşır. Benzer şekilde, eğer sarı bir yıldız Dünya'ya yaklaşıyorsa, dalga uzunluğu küçülür, bir akordeon gibi sıkışır ve rengi mavileşir).

Hubble, Wilson Dağı'ndaki gözlemevine döndüğü zaman aradaki ilişkinin tutarlı olup olmadığını görmek amacıyla bu galaksilerdeki kızıla kaymayı düzenli bir şekilde belirlemeye başladı.1912 yılında Vesto Melvin Slipher tarafından Dünya'dan uzaklaşmakta olan bazı uzak bulutsu yıldız kümelerinin bir kızıla kaymaya yol açtığının kanıtlandığını biliyordu. Şimdi Hubble, uzak galaksilerden gelen kızıla kaymaları düzenli bir şekilde hesapladı ve bu galaksilerin Dünya'dan uzaklaşmakta

olduğunu keşfetti – diğer bir deyişle, evren akıl almaz bir hızla genişlemekteydi. Sonra, elindeki verilerin de Sitter tarafından yapılmış olan tahminlere sığabileceğini keşfetti. Bu, şimdi "Hubble yasası" olarak bilinmektedir: Bir galaksi Dünya'dan ne kadar hızlı uzaklaşmaktaysa, o kadar uzaktadır (tersi de geçerlidir).

Uzaklıkla hız arasındaki ilişkiyi gösteren bir grafik hazırlayan Hubble, genel göreliliğin öngördüğü şekilde neredeyse dümdüz bir çizgi elde etti. Bu çizginin eğimi, şimdi "Hubble katsayısı" olarak adlandırılmaktadır. Hubble, elde ettiği sonuçların Einstein'ın sonuçları ile ne ölçüde örtüşeceğini merak ediyordu (Ne yazık ki Einstein'ın modelinde madde var fakat hareket yoktu, de Sitter'in evreninde ise hareket var fakat madde yoktu. Elindeki sonuçlar, Friedmann ve Lemaitre'nin hem madde ve hem de hareketi kapsayan sonuçları ile uyumlu gibi görünmekteydi). 1930 yılında Einstein Wilson Dağı'ndaki gözlemevini ziyaret ederek Hubble ile tanıştı (Oradaki astronomlar buradaki 2,5 metrelik devasa teleskopun evrenin yapısını belirleyebileceğini söyleyerek övünmeleri karşısında Elsa hiç etkilenmemiş, "Kocam bunu eski bir zarfın arka yüzünde yapıyor," demişti). Hubble her biri Samanyolu'ndan uzaklaşmakta olan çok sayıda galaksiyi özenle inceleyerek elde ettiği sonuçları açıklayınca, Einstein kozmolojik katsayının yaşamındaki en büyük hata olduğunu kabul etti. Durağan bir evreni yapay olarak yaratmak amacıyla Einstein tarafından ortaya atılan kozmolojik katsayı, artık bir kenara atılabilirdi. Evren, on yıl önce bulmuş olduğu gibi, genişliyordu.

Ayrıca Einstein'ın denklemleri belki de Hubble yasasının en basit türevini vermekteydi. Evrenin genişlemekte olan balon olduğunu ve galaksilerin balon üzerine boya ile kondurulmuş noktalar olduğunu varsayalım. Bu noktalardan herhangi birinin üzerinde oturmakta olan bir karıncaya diğer bütün noktalar kendisinden uzaklaşıyormuş gibi görünür. Benzer şekilde, tıpkı Hubble yasasının söylediği gibi, bir nokta karıncadan ne kadar uzaklaşırsa noktanın uzaklaşma hızı o kadar artacaktır. Böylece,

Einstein'ın denklemleri, evrenin bir sonu var mıdır gibi çok eski sorulara karşı yeni bakış açıları getirmiştir. Eğer evren bir duvarla sona eriyorsa, o takdirde duvarın ötesinde ne var sorusunu sorabiliriz. Columbus, dünyanın şeklini dikkate alarak bu soruyu yanıtlayabilirdi. Üç boyutlu bakıldığı zaman dünya (uzayda gezen bir toptan ibaret olduğu için) sınırlıdır, fakat iki boyutlu bakıldığı zaman (eğer insan onun çevresinde döner dursa) sınırsız görünür, dolayısıyla dünya yüzeyinde yürüyen bir insan, onun sonunu asla bulamaz. Yani, ölçüm yapıldığı boyut sayısına bağlı olarak dünya hem sınırlı, hem de sınırsızdır. Benzer şekilde, evrenin üç boyutta sınırsız olduğu ifade edilebilir. Uzayda evrenin sonunu temsil eden bir duvar yoktur; uzaya gönderilen bir roket, aşla bir kozmik duvara çarpmayacaktır. Bununla beraber, evrenin dört boyutta sınırlı olma olasılığı bulunmaktadır. (Eğer evren dört boyutlu bir küre veya bir hiper küre olsaydı, evrenin çevresini tam olarak dolaşıp başladığınız yere geri dönebileceğiniz düşünülebilirdi. Böyle bir evrende teleskopla görebileceğiniz en uzak nesne, başınızın arkası olurdu.)

Eğer evren belli bir hızla genişlemekteyse, insanın genişlemeyi tersine çevirip genişlemenin başladığı zamanı kabaca hesaplaması mümkün olabilir. Başka bir deyişle, evrenin bir başlangıcı olmasının yanı sıra, yaşının hesaplanması da mümkündür (2003 yılında, uydu verileri evrenin 13,7 milyar yaşında olduğunu göstermiştir). 1931 yılında Lemaitre, evren için özel bir başlangıç, süper sıcak bir yaratılış öne sürmüştür. Einstein'ın denklemleri mantıksal sonuçlarına götürüldüğü takdirde, evrenin dehşet verici bir başlangıca sahip olduğu ortaya çıkmaktaydı.

1949 yılında kozmolog Fred Hoyle, BBC radyosundaki bir tartışma programı sırasında bunu "büyük patlama" olarak isimlendirdi. Rakip bir kuramı öne sürmekte olduğu için, "büyük patlama" ismini aşağılama amacıyla yakıştırdığına ilişkin bir söylenti başladı (Daha sonra bu söylentiyi yalanladı). Bununla beraber, bu ismin tümüyle yanlış olduğunu belirtmek gereklidir. Olay büyük değildi ve ortada bir patlama yoktu. Evren, son

derece küçük bir "tekillik" olarak başladı. Ve ortada alışılagelmiş türde bir gürültü veya patlama yoktu, çünkü yıldızları birbirinden ayıran şey, uzayın kendisinin genişlemesiydi.

Einstein'ın genel görelilik kuramı, ortaya yalnızca genişleyen bir evren gibi tümüyle beklenmeyen kavramlar atmakla kalmamış, aynı zamanda astronomları o zamandan bu yana düşündüren bir başka kavram daha getirmiştir: Kara delikler. 1916 yılında, genel görelilik kuramını yayımladıktan yalnızca bir yıl sonra Einstein, denklemlerini Karl Schwarzschild adlı bir fizikçinin noktaya benzeyen tek bir yıldız için tam olarak çözdüğünü şaşkınlıkla haber aldı. Daha önce Einstein genel görelilik denklemlerini yalnızca kabaca kullanmıştı, çünkü son derece karmaşıktılar. Schwarzschild, herhangi bir yaklaşımdan yararlanmadan tam bir sonuç elde etmek suretiyle Einstein'ı çok mutlu etmişti. Schwarzschild, Potsdam'daki Astrofizik Gözlemevi'nin yöneticisi olmasına karşın, Almanya'ya Rusya cephesinde hizmet etmek için gönüllü olmuştu. Başının üstünde patlayan top mermilerinden sakınmaya çalışan bir asker olarak bütün zorluklara karşın fizik alanında çalışmayı sürdürmesi, kayda değer bir başarıdır. Yalnızca Alman ordusu için top mermilerinin gezingelerini hesaplamakla kalmamış, aynı zamanda Einstein'ın denklemleri için en şık, kesin sonucu hesaplamıştır. Bunlar, günümüzde "Schwarzschild çözümü" olarak tanınmaktadır (Ne var ki kendisi, çözümünün getirdiği şöhretin tadını çıkartacak kadar uzun yaşamamıştır. Schwarzschild'in makalesi yayımlandıktan yalnızca birkaç ay sonra, Rusya cephesinde savaşırken yakalandığı nadir bir cilt hastalığı yüzünden kırk iki yaşında ölmesi, bilim dünyası için büyük bir kayıptır. Einstein, savaşın anlamsızlığına karşı duyduğu nefreti güçlendiren bu ölüm dolayısıyla Schwarzschild için duygulu bir methiye yayınlamıştır).

Bilimsel çevrelerde epeyce büyük bir heyecana yol açan Schwarzschild çözümü, beraberinde garip sonuçlar da getirmişti. Schwarzschild, noktaya benzeyen bu yıldızın yakınında kütle çekiminin son derece güçlü olduğunu, bu nedenle ışığın dahi ondan kurtulamadığını, dolayısıyla yıldızın görünmez olduğunu bulmuştu! Bu, yalnızca Einstein'ın çekim kuramı için değil,

aynı zamanda Newton'un kuramı için de zor bir sorundu. İngiltere'de Thornhill'in rektörü olan John Mitchell, 1783 yılında bir yıldızın ışığın dahi yayılmasını engelleyecek kadar büyüyüp büyüyemeyeceği sorusunu sormuştu. Yalnızca Newton yasalarını uygulayarak yaptığı hesaplar güvenilir olmaktan uzaktı, çünkü hiç kimse ışık hızının ne olduğunu tam anlamıyla bilmiyordu, fakat vardığı sonuçları göz ardı etmek biraz zordu. İlkesel olarak bir yıldız o denli büyük bir kütleye erişebilirdi ki, yaydığı ışık kendi etrafında bir yörüngede dolaşabilirdi. On üç yıl sonra matematikçi Pierre-Simon Laplace da, *Exposition du système du monde* adlı meşhur eserinde bu "karanlık yıldızlar"ın mümkün olup olmadığını sormuştu (fakat muhtemelen bu görüşü o denli çılgınca bulmuş olacak ki, üçüncü baskısından silmişti). Yüzyıllar sonra, karanlık yıldızlar konusu Schwarzschild sayesinde yeniden gündeme geldi. Schwarzschild, yıldızın çevresinde günümüzde "olay ufku" olarak adlandırılan ve insanın aklını başından alacak nitelikte uzay-zaman bozulmalarının meydana geldiği bir "sihirli çember" olduğunu bulmuştu. Schwarzschild, bu olay ufkunun ötesine düşecek kadar talihsiz olan herhangi bir kişinin asla geri dönemeyeceğini kanıtladı. (Kurtulmak için ışıktan daha hızlı gitmeniz gerekirdi, bu da olanaksızdır.) Aslında, olay ufkunun içinden hiçbir şey, hatta bir ışık demeti dahi kurtulamaz. Noktaya benzeyen bu yıldızın yaydığı ışık, sonsuza kadar gezegenin etrafında dönüp duracaktı. Dışardan bakıldığında ise yıldız, karanlığın içinde gizlenmiş olacaktı.

Normal maddenin, yıldızın tamamen içe çökeceği ve "Schwarzschild yarıçapı" olarak adlandırılan bu sihirli çembere ulaşmak için ne kadar sıkıştırılması gerektiği, Schwarzschild çözümü kullanılarak hesaplanabilirdi. Güneş için Schwarzschild yarıçapı 3 kilometre, Dünya için ise bir santimetreden daha azdı (Bu sıkıştırma oranı 1910'ların fiziksel algılamasını aştığı için fizikçiler hiç kimsenin böyle olağanüstü bir nesneyle karşılaşabileceğini düşünmüyordu). Fakat Einstein, fizikçi John Wheeler tarafından "kara delikler" adı verilen bu yıldızların özelliklerini

inceledikçe, bazı gariplikler bulmaya başladı. Örneğin eğer bir kara deliğin içine düşerseniz, olay ufkunun bir ucundan diğerine gitmeniz bir saniye bile sürmezdi. Ufuktan hızla geçerken, belki çok uzun bir süre -belki de milyarlarca yıl- önce yakalanmış olan ışığın kara delik etrafında bir yörüngede dönmekte olduğunu görürdünüz. Son milisaniye, hiç de eğlenceli olmazdı. Çekimsel kuvvetler o denli büyük olurdu ki, vücudunuzdaki atomlar ezilip parçalanırdı. Ölüm, kaçınılmaz ve korkunç olurdu. Fakat, bu kozmik ölümün meydana gelişini güvenli bir mesafeden izleyen gözlemciler, tamamen farklı bir resim ile karşılaşırdı. Vücudunuzun yaydığı ışık, çekim tarafından esnetilirdi, bu nedenle zaman içinde donmuş gibi görünürdünüz. Evrenin geri kalanı için siz hâlâ hareketsiz bir şekilde, kara deliğin üzerinde duruyor gibi görünürdünüz.

Aslına bakılacak olursa bu yıldızlar öylesine akıl almaz idiler ki, fizikçilerin çoğu onların evrende asla bulunamayacağını düşünüyordu. Örneğin Eddington, "Doğada bir yıldızın böyle saçma bir şekilde davranmasını engelleyen bir yasa var olmalı," diyordu. Einstein, 1939 yılında böyle bir kara deliğin olanaksızlığını matematiksel olarak kanıtlamaya çalıştı. Oluşmaya başlamış bir yıldızı, yani uzayda kendi etraflarında dönüp duran ve kendi çekimsel kuvvetleri nedeniyle yavaş yavaş birbirlerine yaklaşmakta olan bir parçacık topluluğunu inceleyerek işe başladı. Einstein'ın hesapları, döner durumdaki bu parçacıkların yavaş yavaş birbirleri üzerine çökeceğini, fakat birbirlerine ancak Schwarzschild yarıçapının 1,5 katı kadar yaklaşabileceklerini gösteriyordu, yani bir kara delik asla ortaya çıkamazdı.

Bu hesap kesinlikle su götürmez gibi görünse de, anlaşılan Einstein maddenin içindeki bütün nükleer kuvvetlere baskın çıkan çekim kuvvetinin ezme etkisinin yıldızın içinde yarattığı madde çökmeleri olasılığını gözden kaçırmıştı. Daha ayrıntılı bir hesap, J. Robert Oppenheimer ve öğrencisi Hartland Snyder tarafından 1939 yılında yayımlandı. Onlar, uzayda dönen bir parçacık topluluğu yerine, muazzam çekimin içerdeki kuantum kuvvetlerini alt edebileceği kadar büyük, durağan bir yıldızdan

yola çıkmışlardı. Örneğin bir nötron yıldızı, devasa bir çekirdek meydana getiren, neredeyse Manhattan büyüklüğünde (30 kilometre çapında) büyük bir nötron topundan meydana gelir. Bu nötron topunu çökmekten alıkoyan şey, aynı kuantum sayısına (yani spine) sahip birden fazla parçacığın aynı kuantum durumunda bulunmasını engelleyen Fermi kuvvetidir. Eğer çekim kuvveti yeterince büyük olursa, o zaman Fermi kuvveti yenilir ve dolayısıyla yıldız Schwarzschild yarıçapına kadar sıkıştırılır, bu noktada ise bilimin bildiği hiçbir şey tam bir çöküşe engel olamaz. Bununla beraber, nötron yıldızlarının bulunması ve kara deliklerin keşfedilmesi için otuz yıl daha geçmesi gerekecekti, bu yüzden kara deliklerin akıl karıştırıcı özellikleri üzerindeki makalelerin çoğu, epeyce spekülatif olarak kabul edilmekteydi.

Kara delikler konusuna hâlâ şüpheyle yaklaşmakta olan Einstein, günün birinde öngörülerinden birinin daha gerçekleşeceğine inanmaktaydı: Çekim dalgalarının keşfi. Daha önce gördüğümüz gibi, Maxwell denklemlerinin zaferlerinden birisi, titreşen elektrik ve manyetik alanların gözlemlenebilecek özelliklere sahip, yayılan bir dalga yaratacağı öngörüsüydü. Einstein, kendi denklemlerinin de aynı şekilde çekim dalgalarına olanak sağlayıp sağlamadığını merak ediyordu. Newton'cu bir dünyada çekim "kuvveti" evrenin tamamına bir anda etki ettiği, bütün nesnelere aynı anda dokunduğu için, çekim dalgaları var olamaz. Buna karşın, genel görelilikte çekim dalgalarının var olması bir anlamda zorunludur, çünkü çekim alanının yayılım hızı, ışık hızından büyük olamaz. Dolayısıyla, iki kara deliğin birbiriyle çarpışması gibi dehşet verici bir olay, ortaya çekimden kaynaklanan bir şok dalgası, ışık hızında hareket eden bir çekim dalgası çıkmasına yol açacaktır.

Einstein, uygun tahminlerde bulunulduğu takdirde denklemlerinin dalgaya benzer çekim hareketleri verdiğini daha 1916 yılında iken göstermişti. Beklendiği şekilde, bu dalgalar uzayzaman dokusu içerisinde ışık hızıyla yayılmaktaydılar. 1937 yılında öğrencisi Nathan Rosen ile birlikte denklemlerine hiçbir

tahminde bulunmaksızın çekim dalgalarını veren tam bir çözüm bulmayı başarabildi. Çekim dalgaları, artık genel göreliliğin kesin bir öngörüsü haline gelmişti. Bununla beraber Einstein, böyle bir olayın gerçekleşmesine tanık olmaktan ümidini tamamen kesmişti. Yapılan hesaplamalar, bunun o dönemde bilim insanlarının deneysel yeteneklerinin çok ötesinde olduğunu göstermekteydi (Çekim dalgalarına ait dolaylı kanıtları ilk bulan fizikçilere Nobel Ödülü'nün verilmesi için, Einstein'ın kendi denklemleri içerisinde çekim dalgalarını ilk kez keşfetmesinin ardından neredeyse seksen yıl geçmesi gerekmişti. İlk çekim dalgaları, belki onun ilk öngörüsünün üzerinden doksan yıl geçtikten sonra direkt olarak algılanabilir. Bu çekim dalgaları da, büyük patlamanın kendisini araştırmak ve birleşik alan kuramını bulmak için en önemli araç olabilir).

1936 yılında bir Çek mühendis, Rudi Mandl, tıpkı cam merceklerin ışığı büyütmek için kullanılması gibi, yakınlardaki bir yıldızın çekim alanının uzaktaki yıldızlardan gelen ışığı büyütmek için kullanılabilip kullanılamayacağını sorgulayarak uzay ve zamanın ilgi çekici özelliklerine ilişkin bir başka çılgınca fikir ile Einstein'a ulaştı. Einstein bu olasılığı 1912 yılında gözden geçirmişti, fakat Mandl'ın harekete geçirmesiyle Dünya üzerindeki bir gözlemci için merceğin halka benzeri bir kalıp oluşturacağını hesapladı. Örneğin, uzaktaki bir galaksiden gelen ve yakındaki bir galaksinin içinden geçen ışığı düşünün. Yakındaki galaksinin çekimi, ışığı ikiye ayırabilir, parçalardan her biri galaksinin birbirine zıt yanlarının etrafından dolaşabilir. Işık demetleri yakındaki galaksiyi tamamen geçince, tekrar birleşirler. Dünya'dan bakıldığı zaman bu ışık demetleri bir optik yanılsamaya yol açar, ışığın yakındaki galaksinin çevresinde uygun şekilde bükülmesi nedeniyle bir halka gibi görünür. Bununla beraber Einstein, "bu olayı direkt olarak gözlemlemek için pek fazla ümit bulunmamaktadır," sonucuna vardı (Aslına bakılacak olursa, yazdığına göre bu çalışma "büyük bir değere sahip değildir, fakat zavallıyı [Mandl] mutlu etmiştir"). Einstein, bir kez daha zamanının o denli ilerisindeydi ki, Einstein mercekle-

rinin ve halkalarının bulunması ve giderek astronomların evreni incelemesini sağlayan vazgeçilmez araçlar haline gelmesi için bir altmış yıl daha geçmesi gerekmişti.

Genel görelilik ne kadar başarılı ve ne kadar geniş kapsamlı olursa olsun, Einstein'ı 1920'li yılların ortalarında bir yandan "şeytanla", kuantum kuramı ile savaşırken diğer yanda fiziğin yasalarını birleştirmek amacıyla bir birleşik alan kuramı oluşturmak için yaptığı kavgaya hazırlamaya yeterli olmamıştı.

Bölüm III

Bitmemiş Tablo: Birleşik Alan Kuramı

7

Birleştirme ve Kuantum Mücadelesi

EİNSTEİN, 1905 YILINDA özel görelilik kuramını tamamlamasının neredeyse hemen ardından, bu kurama duyduğu ilgiyi kaybetmeye başladı, çünkü gözüne daha büyük bir avı, genel göreliliği kestirmişti. 1915 yılında aynı durum tekrar ortaya çıktı. Çekim kuramını hazırlaması sona erer ermez, dikkatini daha da hırslı başka bir projeye yöneltmeye başladı: Kendisine ait çekim kuramını Maxwell'in elektromanyetizma kuramı ile birleştirecek olan birleşik alan kuramına. Bu, hem kendisinin başyapıtı, hem de kütle çekimi ve ışığın özellikleri alanında bilimin iki bin yıldır devam eden araştırmalarının birikimi olacaktı. Ona "Tanrının aklını okuma" yeteneği kazandıracaktı.

Elektromanyetizma ile kütle çekimi arasında bir ilişkinin varlığını öne süren ilk kişi Einstein değildi. On dokuzuncu yüzyılda Londra'daki Kraliyet Enstitüsü'nde çalışmakta olan Michael Faraday, her tarafı istila etmiş olan bu iki kuvvet arasındaki ilişkiyi sorgulamak amacıyla ilk deneylerden bazılarını yapmıştı. Örneğin, düşme hızlarının basit taşlardan farklı olup olmadığını

görmek için Londra Köprüsü'nden aşağıya mıknatıslar bırakırdı. Eğer manyetizma ile yerçekimi etkileşim halindeyseler, belki de manyetik alan yerçekimi üzerinde yavaşlatıcı bir etki yapar, mıknatısların düşüşünü yavaşlatırdı. Bir sınıfın tavanından aşağıdaki bir yastığın üzerine metal parçaları bırakarak düşüşün metallerde bir elektrik akımına yol açıp açmadığını ölçmeye de çalışırdı. Deneylerinin hepsi, olumsuz sonuç verdi. Bununla beraber, "Bu deneyler, yerçekimi ile elektrik arasında bir ilişki bulunduğu konusundaki hissiyatımı sarsmıyor, böyle bir ilişkinin varlığı konusunda herhangi bir kanıt sağlamasalar da," diye not almıştı. Bunun ötesinde, boyut sayısından bağımsız eğri uzaylar kuramını kuran Riemann, hem çekimin, hem de elektromanyetizmanın tümüyle geometrik öğelere indirgenebileceğine güçlü bir şekilde inanmaktaydı. Ne yazık ki hiçbir fiziksel resme veya alan denklemlerine sahip değildi, bu nedenle fikirleri herhangi bir sonuç üretemedi.

Einstein, birleştirme konusundaki eğilimlerini bir fırsatta mermeri ağaçla karşılaştırarak özetledi. Einstein, içindeki yüzeyler yumuşak ve sürekli bir şekilde çarpıklaşmaya uğramış olan mermerin geometrinin görkemli dünyasını tanımladığını düşünüyordu. Yıldızların ve galaksilerin evreni, kozmik oyunlarını uzay-zamanın görkemli mermeri üzerinde sergilemekteydi. Diğer taraftan ağaç, sahip olduğu atom altı parçacıklar karmaşası, kuantuma yönelik anlamsız kuralları ile maddenin düzensizliğini temsil etmekteydi. Bu ağaç, yamru yumru asmalar gibi, öngörülemeyen gelişigüzel şekillerde büyür. Atomun içinde keşfedilen yeni parçacıklar, madde kuramını epeyce çirkinleştirmişti. Einstein, denklemlerindeki hatayı görmüştü. Ölümcül hata, mermerin yapısının ağaç tarafından belirleniyor olmasıydı. Uzay-zamandaki çarpılma, herhangi bir noktasındaki ağaçların miktarı tarafından belirlenmekteydi.

Bu yüzden, hangi stratejiyi uygulayacağı, Einstein için açıkça ortadaydı: *Saf mermer için bir kuram yaratmak*, ağacı tümüyle mermer cinsinden ifade ederek ortadan kaldırmak. Eğer ağacın mermerden yapılmış olduğu kanıtlanabilirse, o takdirde elinde tümüyle geometrik olan bir kuram var olacaktı. Örneğin nokta

şeklindeki bir parçacık sonsuz derecede küçüktür, uzayda hiç yer kaplamaz. Alan kuramında nokta şeklindeki bir parçacık, bir "tekillik" tarafından, alan şiddeti sonsuza giden bir nokta olarak temsil edilir. Einstein, bu tekilliği uzay ve zamandaki düzgün bir çarpıklıkla değiştirmek istiyordu. Örneğin bir ipin üzerindeki bükülmeyi veya düğümü hayalinizde canlandırın. Bu bükülme, uzaktan bakıldığı zaman parçacık gibi görünebilir, fakat yakına gelindiği zaman bu bükülme veya düğüm, ip üzerindeki bir kırışıklıktan başka bir şey değildir. Einstein, aynı şekilde tamamen geometrik olan ve ne olursa olsun üzerinde hiçbir tekillik bulunmayan bir kuram yaratmak istiyordu. Elektronlar gibi atom altı parçacıklar, uzay-zamanın yüzeyinde bükülmeler veya bir tür küçük kırışıklık olarak ortaya çıkacaktı. Bununla beraber temel sorun, elinde elektromanyetizma ile çekimi birleştirecek kesin bir simetri ve ilke mevcut olmamasından kaynaklanmaktaydı. Daha önce gördüğümüz gibi, Einstein'ın kilit noktası, birleştirmeyi simetriden yararlanarak sağlamaktı. Özel görelilik, onu sürekli olarak yönlendiren, bir ışık demetinin yanında koşuşunu gösteren fotoğrafı elde etmesine yaramıştı. Bu resim, Newton mekaniği ile Maxwell'in alanları arasındaki temel çelişkiyi ortaya koymaktaydı. Buradan yola çıkarak ışık hızının sabitliği ilkesini ortaya atmıştı. Son olarak, uzay ile zamanı birleştiren simetriyi, Lorentz dönüşümlerini, formüle etme olanağı bulmuştu.

Aynı şekilde, aklında genel görelilik sayesinde çekimin uzay ve zamandaki çarpılma nedeniyle ortaya çıktığını gösteren bir de resim oluşmuştu. Bu resim, Newton'un (bir anda etkiyen) çekimi ile (hiçbir şeyin ışıktan hızlı gidemediği) görelilik arasındaki temel çelişkiyi ortaya koymaktaydı. Buradan yola çıkarak, hızlanmakta olan ve çekime kapılan çerçevelerin aynı fizik yasalarına boyun eğdiğini söyleyen eşdeğerlik ilkesini ortaya çıkartmıştı. Son olarak, hızlanmaları (ivme) ve çekimi tanımlayan genelleştirilmiş simetriyi, genel eşdeğişkenliği formülleştirmeyi başarmıştı.

Şimdi Einstein'ın yüzyüze olduğu problem gerçekten ürkütücüydü, çünkü zamanının en az elli yıl ilerisinde çalışıyordu.

1920'li yıllarda, birleşik alan kuramı üzerinde çalışmaya başladığı zaman, bilinen kuvvetler yalnızca çekimsel ve elektromanyetik kuvvetlerdi. Atomun çekirdeği, Ernest Rutherford tarafından daha 1911 yılında keşfedilmişti ve çekirdeği bir arada tutan kuvvet, henüz bir gizem örtüsüne sarılı durumdaydı. Ancak, çekirdek kuvvetleri konusunda bilgi sahibi olmayan Einstein, yapbozun can alıcı bir parçasından mahrum durumdaydı. Üstelik, hiçbir deney veya gözlem, ortaya çekim ile elektromanyetizma arasında Einstein'ın kanca atabileceği bir çelişkiyi de ortaya çıkartmamıştı. Einstein'ın birleşik alan kuramı arayışından esinlenen bir matematikçi, Hermann Weyl, 1918 yılında ilk ciddi çabayı harcadı. Einstein, başlangıçta çok etkilenmişti. "Bu, ustalıkla yazılmış bir senfoni" diye yazmıştı. Weyl, Maxwell alanını denklemlerin içine doğrudan ekleyerek Einstein'ın eski çekim kuramını genişletmişti. Ardından, denklemlerin ölçek dönüşümlerini de (yani bütün mesafelerde büyüyen ve küçülen dönüşümler) kapsayacak şekilde, Einstein'ın orijinal kuramından dahi daha fazla simetri altında eşdeğişken olması şartını öne sürmüştü. Bununla beraber Einstein, aradan çok geçmeden kuramda bazı gariplikler bulunduğunu gördü. Örneğin, bir çember üzerinde yol alarak başlangıç noktanıza geri döndüğünüz takdirde, boyunuzun daha kısa olduğunu, fakat şeklinizin aynı kaldığını görürdünüz. Diğer bir deyişle, uzunluklar korunmamaktaydı (Einstein'ın kuramında uzunluklar da değişebilirdi, fakat başlangıç noktanıza döndüğünüz takdirde aynı kalıyordu). Kapalı bir yol üzerinde zaman kayması da meydana gelirdi, fakat bu, fiziksel dünyaya ilişkin bilgilerimizle ters düşerdi. Örneğin bu, titreşen atomlar tam bir çember üzerinde hareket ettirilirlerse, geri döndükleri zaman farklı bir frekansta titreşecek oldukları anlamına gelmekteydi. Weyl'in kuramı her ne kadar ustalıkla hazırlanmış gibi görünse de bir yana bırakılması gerekmişti, çünkü verilere uymuyordu (Geri dönüp bakınca Weyl kuramının çok fazla simetriye sahip olduğunu görebiliyoruz. Öyle görünüyor ki, ölçek değişmezliği doğanın görülebilir evrenimizi tanımlamak için kullanmadığı bir simetridir).

Konu, 1923 yılında Arthur Eddington'ın da ilgisini çekti. Weyl'in çalışmalarından esinlenen Eddington (ve onu izleyen birçokları), birleşik alan kuramında şansını denedi. Einstein gibi o da Ricci eğriliğine dayalı bir kuram yarattı, fakat onun denklemlerinde mesafe kavramı yer alımıyordu. Diğer bir deyişle, onun kuramında metreleri veya saniyeleri tanımlamak olanaksızdı; kuramı "salt geometrik" idi. Mesafe, denklemlerinin bir sonucu olarak, yalnızca son adımda ortaya çıkıyordu. Elektromanyetizmanın Ricci eğriliğinin bir parçası olarak ortaya çıkması bekleniyordu. Bu kuramı hiç beğenmeyen fizikçi Wolfgang Pauli, "Fizik için hiçbir önem taşımıyor" diyerek eleştiriyordu. Einstein da fizikle ilgili hiçbir içerik taşımadığı düşüncesiyle eleştirmekteydi.

Fakat, 1921 yılında okuduğu, Königsberg Üniversitesi'nden tanınmamış bir matematikçi olan Theodor Kaluza tarafından yazılmış bir makale, Einstein'ı derinden sarstı. Kaluza, dördüncü boyut kavramının öncülüğünü yapan Einstein'ın denklemlerine bir boyut daha eklenmesini öneriyordu. Kaluza, Einstein'ın genel göreliliğini *beş boyutlu* (dört uzay boyutu ve bir zaman boyutu) olarak yeniden formüle ederek işe başlamıştı. Bu işin zor bir tarafı yoktu, çünkü Einstein'ın denklemleri herhangi bir boyut adedine göre kolaylıkla yazılabilirdi. Sonra Kaluza, eğer beşinci boyut diğer dördünden ayrılırsa, Maxwell denklemlerinin yanı sıra Einstein'ın denklemlerinin de ortaya çıktığını birkaç satır içinde gösterivermişti! Başka bir deyişle, her mühendis ve fizikçi tarafından ezberlenen sekiz kısmi diferansiyel denklemden meydana gelen korkunç Maxwell denklemleri, beşinci boyutta yol alan dalgalara indirgenebiliyordu. Yine başka bir deyişle görelilik beş boyuta genişletildiği takdirde, Maxwell denklemleri zaten Einstein'ın kuramı içinde gizlenmiş olarak bulunabilirdi.

Einstein, Kaluza'nın yaptığı çalışmanın cesurluğu ve güzelliği karşısında şaşırmıştı. Kaluza'ya "[birleştirmeyi] beş boyutlu silindirik bir dünya vasıtasıyla elde etmek fikri aklıma hiç gelmemişti... İlk bakışta fikrinizi çok beğendim" diye yazdı. Kuramı inceledikten birkaç hafta sonra, "Kuramınızın biçimsel

bütünlüğü şaşkınlık verici" diye ekledi. 1926 yılında matematikçi Oskar Klein, Kaluza'nın çalışmasını genelleştirdi ve beşinci boyutun gözlemlenemediği, çünkü çok küçük olduğu ve olasılıkla kuantum kuramı ile bağlantılı olduğu yolunda tahminde bulundu. Böylece Kaluza ve Klein, birleştirme için tümüyle farklı bir yaklaşım önermekteydiler. Onlara göre elektromanyetizma, küçücük beşinci boyutun yüzeyi boyunca dalgalanarak giden titreşimlerden başka bir şey değildi.

Örneğin küçük bir havuzda yaşayan balıklar düşünürsek, bu balıklar nilüfer yapraklarının hemen altında yüzerken, evrenlerinin iki boyutlu olduğu sonucuna varabilirler. İleri geri gidebilirler, sağa sola gidebilirler, fakat üçüncü boyuta doğru "yukarı" kavramı, onlar için yabancıdır. Eğer evrenleri iki boyutlu ise, nasıl olur da gizemli bir üçüncü boyuttan haberdar olabilirler? Günün birinde yağmurun yağdığını varsayalım. Havuzun yüzeyi boyunca üçüncü boyuttaki minik dalgalanmalar yayılır ve bunlar, balıklar tarafından açık şekilde görülür. Bu dalgacıklar yüzey boyunca hareket ederken, balıklar evrenlerini aydınlatabilen gizemli bir kuvvetin var olduğunu düşünebilirler. Aynı şekilde, bu fotoğraftaki balıklar, bizleriz. Bizler, algılarımızın hemen ötesinde daha yüksek boyutların var olabileceğinden habersiz, işlerimizi üç uzaysal boyutta yapıyoruz. Görünmeyen beşinci boyutla kurabileceğimiz tek doğrudan temas, artık beşinci boyut üzerinde dalgacıklar şeklinde görülen ışıktan ibarettir.

Kaluza-Klein kuramının böylesine işe yaramasının bir nedeni vardı. Hatırlarsanız, *simetri vasıtasıyla birleştirme* Einstein'ın onu göreliliğe götüren önemli stratejilerinden biriydi. Kaluza-Klein kuramında elektromanyetizma ve çekim, yeni bir simetri olan beş boyutlu genel eşdeğişkenlik nedeniyle birleşmişti. Bu resim, yani çekim ile elektromanyetizmayı ortaya başka bir boyut atarak birleştirmek ilk bakışta çekici gelse de, beşinci boyutun nerede olduğu gibi rahatsız edici bir soru hâlâ yanıtlanmamıştı. Bugüne kadar hiçbir deney, uzunluk, genişlik ve yüksekliğin ötesinde daha yüksek bir uzaysal boyutun varlığına ilişkin bir kanıt elde edememiştir. Eğer daha yüksek boyutlar var

ise, son derece küçük, bir atomdan çok daha küçük boyutlarda olması gerekir. Örneğin, biliyoruz ki bir odaya klor gazı doldurursak, gazın atomları gizemli başka bir boyutun içinde kaybolmadan, odanın bütün köşesini bucağını yavaş yavaş doldurabilir. Dolayısıyla, gizli herhangi bir boyutun herhangi bir atomdan çok daha küçük olması gerektiğini biliyoruz. Bu yeni kuramda, eğer birisi kalkıp beşinci boyutu bir atomdan daha küçük hale getirirse, bu durum beşinci boyutun varlığını asla algılamamış olan bütün laboratuar ölçümleriyle uyumludur. Kaluza ve Klein, beşinci boyutun küçük, deneysel olarak gözlemlenemeyecek kadar küçük bir top şeklinde "kıvrılmış" olduğunu varsaymıştır.

Kaluza-Klein kuramı elektromanyetizmayı çekim ile birleştirme konusunda her ne kadar yeni, ilgi uyandırıcı bir yaklaşım olsa da, Einstein bazı şüpheler taşımaktaydı. Beşinci boyutun var olmayabileceği, matematiksel bir kurgu veya bir serap olabileceği fikri, onu rahatsız ediyordu. Ayrıca, Kaluza-Klein kuramında atom altı parçacıkları bulmakta sorun da yaşıyordu. Onun hedefi çekim alanı denklemlerinden elektronu türetmekti, fakat ne kadar uğraşırsa uğraşsın, böyle bir sonuca ulaşamıyordu (Geri dönüp bakıldığı zaman bu, fizik açısından kaçırılmış muazzam bir fırsattı. Eğer fizikçiler Kaluza-Klein kuramını daha fazla ciddiye almış olsalardı, beş taneden fazla boyut ekleyebilirlerdi. Boyutların sayısını arttırdığımız zaman, Maxwell alanı sayıca artarak "Yang-Mills alanları" dediğimiz şeye dönüşür. Aslında Klein, Yang-Mills alanlarını 1930'lu yılların sonlarına doğru keşfetti, fakat onun çalışmaları, II. Dünya Savaşı'nın karmaşası içerisinde unutuldu. Bunların 1950'li yılların ortalarına doğru tekrar keşfedilmesi için aradan yirmi yıla yakın zaman geçmesi gerekiyordu. Bu Yang-Mills alanları, şimdi geçerli olan çekirdek kuvveti kuramının temelini oluşturmaktadır. Atom altı fiziğinin neredeyse tümü, onlar cinsinden formüle edilmiştir. Kaluza-Klein kuramı, aradan bir yirmi yıl daha geçtikten sonra, yepyeni bir kuram, sicim kuramı olarak yeniden yaşama dönmüştür ve bir birleşik alan kuramı için yeni aday olarak kabul edilmektedir).

Einstein, seçeneklerini çeşitlendirmişti. Eğer Kaluza-Klein kuramı başarısız olursa, araştırmalarını birleşik alan kuramına giden başka bir yol üzerinde sürdürmesi gerekecekti. Onun seçimi, Riemann geometrisinin ötesindeki geometrileri araştırmak şeklindeydi. Pek çok matematikçiye danıştı ve bunun tamamen açık bir alan olduğu, kısa zamanda ortaya çıktı. Aslında, Einstein'ın teşvikleriyle pek çok matematikçi, onun yeni olası evrenler keşfetmesine yardımcı olmak üzere "Riemann ötesi" geometrileri veya "bağlantılar kuramını" araştırmaya başladı. Bunun sonucu olarak, kısa bir süre içinde "burulma" ve "bükümlü uzaylar" ortaya çıktı. (Bu soyut uzaylar fizikte yetmiş yıl boyunca, süper sicim kuramı ortaya çıkıncaya kadar hiçbir uygulama alanı bulamayacaktı.)

Bununla beraber, Riemann ötesi geometriler üzerinde çalışmak bir kâbus gibiydi, Einstein'ın elinde, soyut denklemlerin oluşturduğu dikenli çalıların arasından geçmek için kendisine yardımcı olabilecek fiziksel ilkeler yoktu. Daha önce, eşdeğerlik ilkesini ve genel eşdeğişkenliği pusula olarak kullanmıştı. Her ikisi de, deneysel verilerin içinde sıkı bir şekilde kökleşmişti. Ayrıca, kendisine yol göstermeleri için fiziksel resimlere de güvenmişti. Buna karşın, birleşik alan kuramı konusunda kendisine kılavuzluk edecek hiçbir fizik ilkesi veya resim yoktu.

Dünya Einstein'ın çalışmalarını öylesine ilgiyle izliyordu ki, birleşik alan kuramı konusunda Prusya Akademisi'ne verdiği bir ilerleme raporu New York Times gazetesinde duyurulmuş, hatta gazete, Einstein'ın makalesinden parçalar da yayınlamıştı. Çok geçmeden evinin önünde onun bir görüntüsünü alma ümidi taşıyan yüzlerce muhabir birikti. Eddington, "Londra'daki büyük süpermarketlerden birinin yoldan geçenler tarafından baştan aşağı okunabilmesi için makalenizi (yan yana yapıştırılmış altı sayfayı da) vitrinine astığını duymak hoşunuza gidebilir. Makalenizi okumak için vitrinin önünde büyük kalabalıklar toplanıyor" diye yazmıştı. Bununla beraber Einstein, kendisine yol gösterecek basit bir fiziksel resmi dünyadaki bütün hayranlık ve övgülere tercih ederdi.

Diğer fizikçiler, Einstein'ın yanlış yol üzerinde olduğunu ve fizik alanındaki sezgilerinin onu yanılttığını giderek artan bir şekilde üstü kapalı olarak ifade etmeye başladılar. Kuantum kuramının en eski öncülerinden biri olan, bilim çevrelerinde görüşlerini acımasızca belirtmesiyle tanınan dostu ve çalışma arkadaşı Wolfgang Pauli de eleştirenler arasındaydı. Bir seferinde yanlış yönde giden bir fizik makalesi için "Yanlış bile değil" demişti. Makalesini değerlendirdiği bir çalışma arkadaşını "Yavaş düşünüyor olmana bir itirazım yok, fakat düşündüğünden daha hızlı yayımlamaya başladığın zaman buna karşı çıkarım" diye eleştirmişti. Muğlâk, anlaşılması olanaksız bir seminer konuşmacısını dinledikten sonra, "Anlattıkların o denli karışıktı ki, insan bunların saçma olup olmadığına karar veremiyor" demişti. Diğer fizikçiler Pauli'nin çok fazla eleştiri yaptığından şikâyet ettikleri zaman ise şu yanıtı vermişti: "Bazı insanların çok hassas nasırları vardır ve onlarla yaşamanın tek yolu, alışkanlık kazanacakları zamana kadar bu nasırların üstüne basmaktır." Tanrının koparıp ayırdıklarını hiçbir insanın birleştirmeye çalışmaması gerektiği şeklindeki meşhur ifadesi, birleşik alan kuramı hakkındaki görüşünü yeterince yansıtmaktadır (Komiktir ki Pauli de sonradan aynı hastalığı kapmış ve kendisine ait bir birleşik alanı kuramı önermiştir).

Pauli'nin bakış açısı, yirminci yüzyılın bir diğer önemli kuramı olan kuantum kuramı ile giderek artan bir şekilde meşgul olmaya başlayan diğer fizikçiler tarafından kabul edilirdi. Kuantum kuramı, gelmiş geçmiş en başarılı fizik kuramlarından birisidir. Atomun gizemli dünyasını açıklamakta benzersiz bir başarıya sahiptir ve bu sayede lazerlerin, modern elektronik bilgisayarların ve nanoteknolojinin gücünü serbest bırakmıştır. Bununla beraber, kuantum kuramının kumdan bir temel üzerine kurulmuş olması, gülünçtür. Atom dünyasında elektronlar aynı anda iki yerdeymiş gibi görünür, hiçbir uyarıda bulunmadan yörüngeler arasında sıçrayabilir ve var olmak ile olmamak arasındaki hayalet dünyanın içinde kaybolurlar. Einstein'ın daha 1912 yılında söylediği gibi, "kuantum kuramı ne kadar başarı kazanıyorsa o kadar saçma görünüyor."

Kuantum dünyasının tuhaf özelliklerinin bazıları 1924 yılında, Einstein, istatistiksel fizik alanındaki makaleleri çok garip olduğu için yayımlanması açıkça reddedilen Satyendra Nath Bose adlı tanınmamış bir Hintli fizikçiden ilgi çekici bir mektup aldığı zaman ortaya çıkmıştı. Atomlara kuantum nesneleri gibi davranmak suretiyle bir gaz için tümüyle kuantum mekanik bir yöntem arayışında olan Bose, Einstein'ın istatistiksel mekanik konulu eski bir çalışmasının genişletilmesini önermekteydi. Tıpkı Planck'ın çalışmasını ışık kuramı için genişleten Einstein gibi, Bose da Einstein'ın çalışmasının gazdaki atomlara ilişkin olarak tümüyle kuantum bir kuramı kapsayacak şekilde genişletilebileceğini ima ediyordu. Konu üzerinde uzman olan Einstein, Bose'un haklı görülemeyecek varsayımlarda bulunarak bazı hatalar yapmasına karşın son yanıtının doğru olduğunu buldu. Einstein yalnızca makaleye ilgi duymakla kalmamış, Almanca'ya çevirerek yayımlanmak üzere göndermişti de.

Daha sonra Bose'un çalışmasını ilerletti ve sonucu mutlak sıfırın hemen üzerinde dolaşan son derece soğuk maddelere uygulayarak kendi makalesini yazdı. Bose ve Einstein, kuantum dünyasına ilişkin ilginç bir gerçek bulmuşlardı: Atomların hiçbiri diğerinden ayırt edilemez; yani, Boltzmann ve Maxwell'in zannettiği gibi her bir atomun üzerine bir etiket yapıştıramazsınız. Taşlar, ağaçlar ve diğer olağan maddelerin etiketlenebilmesine ve adlandırılabilmesine karşın, kuantum dünyasında herhangi bir deney sırasında bütün hidrojen atomları birbirinin aynıdır, ortada yeşil, mavi veya sarı hidrojen atomları yoktur. Sonra Einstein, bir grup atomun bütün atomik hareketlerin neredeyse durma noktasına geldiği mutlak sıfır dolaylarına kadar soğutulması durumunda bütün atomların en düşük enerji durumuna düşeceğini, tek bir "süper atom" yaratacağını buldu. Bu atomlar aynı kuantum durumunda bir araya toplanacaklar, temel olarak tek bir devasa atom gibi davranacaklardı. Madde için daha önce dünya üzerinde görülmemiş, tamamen yeni bir durum öneriyordu. Bununla beraber, atomlar en düşük enerji durumuna inmeden önce sıcaklıklarının olağanüstü küçük, deneysel olarak gözlemlenemeyecek kadar küçük olması, mut-

lak sıfırın yaklaşık olarak milyonda bir derece üstüne kadar inmesi gerekliydi. Bu son derece düşük sıcaklıklarda atomlar hep birlikte hareket ederler ve yalnızca bireysel atom düzeyinde görülen belli belirsiz kuantum etkileri, şimdi bütün yoğunlaşma boyunca dağılmış olarak izlenir. Tribündeki sıralarında otururken hep birlikte oturup kalkarak "insan dalgaları" meydana getiren futbol seyircileri gibi, bir "Bose-Einstein topluluğu" içindeki atomlar sanki aynı tempoyla titreşiyormuşçasına davranırlar. Fakat Einstein, bu Bose-Einstein yoğunlaşmasını kendi yaşam süresi içerisinde gözlemleme umudu taşımıyordu, çünkü 1920'lerin teknolojisi, mutlak sıfır sıcaklıklarının civarında deney yapma olanağı sağlamamaktaydı (Aslına bakılacak olursa Einstein zamanının o denli ilerisindeydi ki, bu öngörünün deneyden geçirilebilmesi için bir yetmiş yılın geçmesi gerekecekti).

Einstein, Bose-Einstein yoğunlaşmasına ek olarak, kendisine ait olan ikilik ilkesinin ışığa olduğu gibi maddeye de uygulanıp uygulamayacağı ile ilgileniyordu. 1909 yılında verdiği bir konferans sırasında Einstein, ışığın çift nitelikli olduğunu, aynı anda hem parçacık, hem de dalga özelliklerine sahip olabileceğini göstermişti. Bu her ne kadar bilinenlere aykırı olsa da, deneysel sonuçlar tarafından tam olarak desteklenmekteydi. Einstein tarafından başlatılan ikilik kavramından esinlenen genç bir lisansüstü öğrencisi, Prens Louis de Broglie, 1923 yılında maddenin kendisinin dahi hem parçacık, hem de dalga özelliklerine sahip olabileceği tahmininde bulundu. Maddenin parçacıklardan meydana geldiği iyice yerleşmiş bir önyargı olduğu için bu, cüretkâr ve devrimsel bir kavramdı. Einstein'ın ikilik alanındaki çalışmalarından teşvik alan de Broglie, maddenin dalga benzeri özelliklere sahip olduğu kavramını ileri sürerek atomun gizemlerinden bazılarını açıklayabiliyordu.

Broglie'nin "madde dalgaları"nın korkusuzluğu Einstein'ın hoşuna gitti ve onun kuramını destekledi. (de Broglie, bu üretken fikir dolayısıyla sonunda Nobel Ödülü'nü alacaktı) Fakat eğer maddenin dalga benzeri özellikleri varsa, o takdirde dalgaların itaat ettiği denklem neydi? Klasik fizikçiler okyanus dalga-

ları ve ses dalgalarına dair denklemler yazma konusunda derin bir deneyime sahip oldukları için, Avusturyalı bir fizikçi, Erwin Schrödinger, bu madde dalgalarının denklemini yazmak için gereken ilhamı buldu. Kadınlar arasında büyük rağbet görmesiyle tanınan Schrödinger, 1925 yılının Noel tatili sırasında Arosa'da Villa Herwig'de sayısız kız arkadaşlarından biriyle birlikte olmasına karşın, kısa süre içinde kuantum fiziğinin en tanınmış denklemlerinden birisi haline gelecek olan Schrödinger denklemini yazacak vakti ayırmayı başarabilmişti. Schrödinger'in biyografi yazarı Walter Moore, "Shakespeare'in sonelerine ilham kaynağı olan esmer kadın gibi, Arosa'daki kadın da ebediyete kadar gizemli kalabilir" diye yazmıştı (Çok yazık, çünkü Schrödinger'in hayatında o kadar çok kız arkadaş, sevgili ve gayri meşru çocuk vardı ki, bu tarihi denklemi yazarken ilham perisinin kim olduğunu bulmak olanaksızdır). İzleyen birkaç ay boyunca Schrödinger dikkat çekici bir dizi makale yazarak, Niels Bohr tarafından hidrojen atomu için bulunan gizemli kuralların kendi denkleminin basit sonuçları olduğunu gösterdi. Tarihte ilk defa fizikçiler atomun iç yapısının ayrıntılı, ilkesel olarak daha karmaşık atomların ve hatta moleküllerin özelliklerini hesaplamak için kullanabilecekleri bir resme sahip olmuşlardı. Yeni kuantum kuramı, bir silindir gibi birkaç ay içinde atom dünyasının en zorlu sorularının çoğunu ortadan kaldıran, Yunanlılardan bu yana bilim insanlarını şaşırtan en büyük gizemleri yanıtlayan bir araca dönüşmüştü. Elektronların bir yörüngeden diğerine geçerken ışık darbeleri yayarak veya molekülleri birbirine bağlayarak yaptıkları dans birdenbire hesap edilebilir olmuş, standart kısmi diferansiyel denklemleri çözmek kadar basitleşmişti. Gençliğin atılganlığını taşıyan bir kuantum fizikçisi olan Paul Adrian Maurice Dirac, kimyanın tümünün Schrödinger denkleminin sonuçları şeklinde açıklanabileceğini, bu sayede kimyanın uygulamalı fiziğe indirgenebileceğini dahi söyleyerek övünmüştü.

Böylece, fotonlu "eski kuantum kuramı"nın babası olan Einstein, Schrödinger dalgaları üzerine kurulan "yeni kuantum

kuramı"nın da isim babası olmuştu (Günümüzde lise öğrencileri kimya dersinde çekirdeği çevreleyen garip şekilde etiketlenmiş ve "kuantum sayıları" verilmiş elips şekilli komik "yörüngeleri ezberlemeleri gerektiği zaman, aslında Schrödinger dalga denkleminin sonuçlarını ezberlemektedirler). Kuantum fiziğinde yeniliklerin ortaya çıkışı, artık muazzam bir şekilde hızlanmıştı. Schrödinger denkleminin göreliliği kapsamadığının farkına varan Dirac, yalnızca iki yıl sonra Scrödinger denklemini göreliliği tam olarak içeren bir elektron kuramı halinde genelleştirdi ve fizik dünyasının gözlerinin bir kez daha kamaşmasına yol açtı. Schrödinger'in ünlü denkleminin göreli olmamasına ve yalnızca ışığa kıyasla düşük hızla hareket eden elektronlara uygulanabilmesine karşın, Dirac'ın elektronları Einstein simetrisine tam anlamıyla uymaktaydı. Üstelik Dirac denklemi, başta "dönüş"(spin) olarak adlandırılan bir şey olmak üzere, elektronun bazı anlaşılmaz özelliklerini de kendiliğinden açıklamaktaydı. Bir manyetik alan içine giren elektronun ½ (Planck sabiti cinsinden) açısal devinirlik ile dönen bir topaca benzer şekilde hareket ettiği, Otto Stern ve Walter Gerlach tarafından daha önce yapılmış bulunan deneyler dolayısıyla bilinmekteydi. Dirac elektronu, Stern-Gerlach deneyi ile bulunan ½ dönüşü tam olarak sağlıyordu (Fotonu temsil eden Maxwell alanı 1 dönüşe, Einstein'ın çekim dalgaları 2 dönüşe sahiptir. Dirac'ın çalışmaları sayesinde bir atom altı parçacığın önemli özelliklerinden birinin onun dönüşü olduğu ortaya çıkmıştır).

Dirac, daha sonra bir adım daha ileriye gitti. Bu elektronların enerjilerine bakarak, Einstein'ın kendi denklemleri için var olan bir çözümü göz ardı etmiş olduğunu buldu. Genellikle bir sayının karekökünü alırken hem pozitif ve hem de negatif çözümleri birden veririz. Örneğin 4 sayısının karekökü artı 2 veya eksi 2 olabilir. Einstein, kendi denklemlerinde bir karekökü dikkate almadığı için, meşhur $E=mc^2$ denklemi tam anlamıyla doğru değildi. Denklemin doğrusu, $E=\pm mc^2$ olmalıydı. Dirac, eklenen bu eksi işaretinin içinde yeni birtakım "antimadde" şeklinde parçacıkların var olabileceği yepyeni türde bir ayna evrenin varlığına yeşil ışık yaktığını savunmaktaydı (Kuantum kuramının

en önemli iki dalga denklemini geliştiren Schrödinger ve Dirac'ın kişilik açısından böylesine zıt iki kutupta yer alması, garip gelebilir. Schrödinger'in yanında daima kadın bir arkadaşı var olmasına karşın, Dirac kadınlara karşı son derece çekingen ve çok az konuşan bir adamdı. Dirac'ın ölümünden sonra, onun fizik dünyasına yaptığı katkıların anısını yaşatmak amacıyla Dirac denklemini Westminster Kilisesi'nin taşlarına, Newton'un mezarının yakınlarında bir yere nakşetmişlerdir).

Çok geçmeden, gezegen üzerindeki her enstitünün fizikçileri Schrödinger ve Dirac denklemlerinin garip, güzel özelliklerini öğrenmek için birbirleriyle yarışmaya başladı. Onların yadsınamayacak başarılarına karşın, kuantum fiziği hâlâ insanın huzurunu kaçıran felsefi bir soruyla boğuşmak zorundaydı: Eğer madde bir dalgaysa, o takdirde *dalgalanma* nedir? Bu, ışıkta dalga kuramını sakatlayan, eter kuramı gibi yanlış bir kuramın doğmasına neden olan sorunun ta kendisiydi. Bir Schrödinger dalgası, bir okyanus dalgasına benzer ve kendi haline bırakıldığı takdirde yavaş yavaş yayılır. Yeterli süre tanınırsa, dalga fonksiyonu eninde sonunda bütün evreni içine alacak şekilde dağılır. Fakat bu, fizikçilerin elektron hakkında bildikleri her şeyle çelişmekteydi. Atom altı parçacıkların film üzerine kaydedilebilen belirgin, püskürme benzeri hareketler yapan nokta şeklinde nesneler olduğuna inanılıyordu. Bu nedenle, bu kuantum dalgalarının hidrojen atomunu tanımlamakta hemen hemen mucizevî bir başarı elde etmelerine karşın, Schrödinger dalgasının serbest uzayda hareket eden bir elektronu tanımlayabileceği olası görülmüyordu. Aslına bakılacak olursa, eğer Schrödinger dalgası bir elektronu temsil edebiliyorsa, yavaş yavaş yayılıp sönümlenecek ve evren eriyip dağılacaktı.

Ortada fena halde yanlış giden bir şeyler vardı. Sonunda Einstein'ın yaşamı boyunca dostu olan Max Born, bu bulmacaya son derece büyük tartışmalara yol açan bir çözüm önerisi getirdi. Born, sonucu belirleyen adımı 1926 yılında atarak Schrödinger dalgasının elektronu kesinlikle tanımlamadığını öne sürdü. Onun belirttiğine göre "parçacıkların hareketleri olasılık yasalarına uyar, fakat olasılığın kendisi, nedensellik yasala-

rı ile uyum halinde yayılır" Bu yeni resme göre madde aslında dalgalardan değil, parçacıklardan meydana gelmekteydi. Fotoğraf plakalarına kaydedilen izler, dalgaların değil, nokta yapısındaki parçacıkların bıraktığı izlerdi. Fakat, parçacığı seçilen herhangi bir noktada bulma şansı, bir dalga tarafından gösterilmekteydi (Daha doğrusu, Schrödinger dalgasının mutlak karesi, parçacığın uzay ve zamanın belli bir noktasında bulunması olasılığını temsil etmektedir). Bu nedenle, Schrödinger dalgasının zaman içerisinde dağılması bir önem taşımıyordu. Yalnızca, eğer bir elektronu kendi haline bırakırsanız zamanla etrafta gezinmeye başlayacağı ve nerede bulunduğunu doğru şekilde bilemeyeceğiniz anlamına geliyordu. Artık bütün ikilemler çözülmüştü: Schrödinger dalgası parçacığın kendisi değildi, fakat onu bulma şansını temsil etmekteydi.

Werner Heisenberg, bunu bir adım ileriye götürdü. Bu yeni kuramı istila eden olasılık bulmacaları üzerinde Bohr ile bitip tükenmeyen bir şekilde uğraşmış, yaşlı meslektaşı ile sık sık hararetli tartışmalara girişmişti. Olasılıklar sorunu ile boğuşarak geçirdiği sinir bozucu bir gecenin ardından bir gün, üniversitesinin arka tarafındaki Faelled Park içinde yaptığı uzun bir yürüyüş sırasında sürekli olarak kendine bir elektronun kesin yerini insanın bilmesinin nasıl olup ta mümkün olamayacağını sorup durdu. Madem bulunduğu yeri basit bir şekilde ölçebiliyordunuz, bir elektronun yeri nasıl olur da Born'un öne sürdüğü şekilde belirsiz olabilirdi?

Birdenbire anladı. Her şey berraklaşmıştı. Elektronun nerede olduğunu bilmek için, ona bakıyor olmanız gerekiyordu. Bu, ona bir ışık demeti göndermeniz gerektiği anlamına geliyordu. Fakat ışık demetinin içindeki fotonlar elektronla çarpışacak, onun konumunu belirsiz hale getirecekti. Başka bir deyişle, gözlem gereksinimi, kaçınılmaz bir şekilde belirsizliğe yol açmaktaydı. Bu soruyu yeni bir fizik ilkesi halinde yeni baştan formüle ederek *bir parçacığın hem yeri ve hem de hızı aynı anda belirlenemez* diyen belirsizlik ilkesini ortaya koydu (Daha doğrusu, konum ve devinirlik (momentum) belirsizliğinin çarpımı, Planck sabitinin 4π'ye bölümüne eşit veya ondan büyük olmalı-

dır). Bu, yalnızca kullandığımız aygıtların kabalığının bir yan ürünü değildi; doğanın temel bir yasasıydı. Tanrı dahi bir elektronun hem konumunu ve hem de momentumunu aynı anda kesin olarak bilemezdi.

Bu, kuantum kuramının derin, haritası çıkartılmamış suların içine daldığı karar anı idi. O zamana kadar kuantum olayının istatistiksel olduğunu, trilyonlarca elektronun ortalama hareketlerini temsil ettiğini öne sürmek mümkündü. Şimdi ise, tek bir elektronun hareketleri dahi hassas şekilde belirlenemez olmuştu. Einstein dehşet içerisindeydi. Klasik fiziğin en fazla el üstünde tutulan fikirlerinden biri olan belirlenimciliğin sevgili arkadaşı Max Born tarafından bir kenara itilmekte olduğunu gördüğü için, kendisini sanki ihanete uğramış gibi hissediyordu. Esas itibarıyla belirlenimcilik, eğer şu an hakkında her şeyi biliyorsanız geleceği belirleyebilirsiniz demektedir. Örneğin, Newton'un fiziğe yaptığı büyük katkı, Güneş sisteminin o andaki durumunu bildiği zaman kuyruklu yıldızların, ayların ve gezegenlerin hareketini kendisine ait hareket yasalarıyla öngörebilmesiydi. Fizikçiler, gök cisimlerinin ilke olarak milyonlarca yıl sonraki hareketlerini öngörmelerini sağlayan Newton yasalarının doğruluğunu yüzyıllardır hayretle karşılıyorlardı. Aslında o zamana kadar bilimin tamamı belirlenimcilik üzerine kurulmuştu; yani bir bilim adamı, bütün parçacıkların konumunu ve hızını bildiği takdirde, bir deneyin sonucunu öngörebilirdi. Newton'un ardından gidenler, evreni devasa bir saate benzeterek bu inancı özetlerler. Tanrı tarafından zamanın başlangıcında kurulmuş olan bu saat, o zamandan beri Newton'un hareket yasaları uyarınca işlemektedir. Eğer evrendeki her atomun konumunu ve hızını bilirseniz, Newton'un hareket yasaları vasıtasıyla evrenin bundan sonraki evrimini sonsuz doğrulukta hesaplayabilirsiniz. Buna karşın belirsizlik ilkesi, evrenin gelecekteki durumunu belirlemenin olanaksız olduğunu ifade ederek bunların hepsini inkâr etti. Örneğin bir uranyum atomunun ne zaman bozunacağı değil, yalnızca bozunma olasılığı hesaplanabilirdi. Aslında Tanrı veya bir ilah dahi uranyum atomunun ne zaman bozunacağını bilemezdi.

Einstein, Born'un bir makalesine yanıt olarak 1926 yılında "Kuantum mekaniği, büyük bir saygıyı hak ediyor. Fakat içimden bir ses, bana bunun gerçek çözüm olmadığını söylüyor. Bu kuram pek çok şey sağlıyor, fakat bizi eski gizemlere hiç de yaklaştırmıyor. Kendi adıma, hiç olmazsa ben Tanrı'nın zar atmadığına ikna olmuş durumdayım" diye yazmıştı. Heisenberg kuramı konusunda konuşan Einstein, "Heisenberg kocaman bir kuantum yumurtası yumurtladı. Göttingen'de ona inanıyorlar (ben inanmıyorum)" yorumunu yaptı. Schrödinger bu fikri hiç de beğenmemişti. Bir fırsatta eğer kendi denklemi sadece olasılıkları temsil ediyorsa o denklemle ilgisi olduğu için üzüldüğünü söyledi. Einstein, ilk adımlarını atmasına yardımcı olduğu kuantum devriminin fiziği şans ile tanıştıracak olduğunu bilseydi "bir kumarhane çalışanı" olacağını söyleyerek söze karıştı.

Fizikçiler giderek iki kampa ayrılmaya başlıyordu. Newton'a kadar uzanan ve yüzyıllardır fizikçileri yönlendiren belirlenimciliğe hâlâ sıkı sıkıya bağlı olan Einstein, kamplardan birinin başındaydı. Schrödinger ve de Broglie, müttefiktiler. Çok daha büyük olan diğer kampın başında ise, belirsizliğe inanan ve ortalamalarla olasılıklar üzerine kurulu yeni bir nedensellik sürümünün savunuculuğunu yapan Bohr vardı.

Bir bakıma Bohr ve Einstein diğer alanlarda birbirleriyle tamamen zıt bir yapıdaydılar. Einstein'ın çocukken spordan kaçınmasına, geometri ve felsefe kitaplarına yapışıp kalmasına karşın, Bohr bütün Danimarka'da bir futbol yıldızı olarak tanınmıştı. Einstein'ın güçlü ve dinamik bir tarzda konuşmasına, neredeyse coşku dolu yazılar yazmasına ve kraliyet ailesi mensuplarıyla olduğu kadar gazetecilerle de şakalaşabilmesine karşın, Bohr gergindi, lafı korkunç şekilde eveleyip gevelerdi, sık sık meramını ifade etmekte başarısız olur, sessizleşirdi ve düşünceye dalmış olduğu zamanlarda sık sık tek bir kelimeyi hiç durmadan tekrarlamaya başlardı. Einstein'ın hiç uğraşmadan zarif ve güzel yazılar yazmasına karşın Bohr, bir yazı yazması gerektiği zaman felç olurdu. Lise öğrenciliği sırasında bütün ödevlerini annesine dikte ederek yazdırırdı. Evlendikten sonra da makalelerini karısına dikte etmeye başladı (hatta uzun

ve önemli bir makaleyi dikte etmek için balayına da ara vermişti). Bazen makalelerini yeniden yazmak için bütün laboratuar çalışanlarını işin içine katar (Bir seferinde yüz kere yeniden yazdırmıştı), çalışmaları tümüyle kesintiye uğratırdı (Birinde Bohr'u Kopenhag'da ziyaret etmesi istenen Wolfgang Pauli, "Eğer son baskı provası gönderilirse o zaman gelirim" diye yanıtlamıştı). Bununla beraber, her ikisi de ilk aşklarına, fiziğe takıntılı şekilde bağlıydılar. Bohr, ilham geldiği zaman futbol maçında skor levhasına denklemler karalayabiliyordu. Her ikisi de düşüncelerini keskinleştirmek için yeni fikirleri başkalarının üzerinde denerlerdi (Gariptir ki Bohr yalnızca etrafında fikirlerini dinleyip yanıtlayacak asistanlar bulunduğu zaman çalışabiliyordu. Etrafında kendisini dinleyecek bir asistan bulunmadığı zaman çaresizdi).

Sonunda hesaplaşma, 1930 yılında Brüksel'de toplanan Altıncı Solvay Konferansı'nda gerçekleşti. Tehlikede olan şey, gerçekliğin doğasından başka bir şey değildi. Einstein hiç durmadan Bohr'a saldırıyor, o da bu sürekli saldırılar karşısında bunalmış fakat becerikli bir şekilde kendi görüşlerini savunmayı başarıyordu. Nihayet Einstein, "şeytan" olarak gördüğü belirsizlik ilkesini yok edeceğini düşündüğü bir "düşünce deneyi" sundu: İçinde radyasyon bulunan bir kutu hayal edin. Kutuda üzerindeki kapakta bir delik olsun. Kapak kısa bir süre açıldığı zaman kutudan tek bir foton çıkıyor olsun. Böylece, fotonun çıktığı zamanı tam olarak, kesin şekilde tespit edebiliriz. Çok daha sonra, kutu tartılabilir. Fotonun çıkışı nedeniyle kutunun ağırlığında bir azalma görülür. Madde ve enerjinin eşdeğer olması nedeniyle, kutunun içinde bulunan enerjiyi de büyük bir doğrulukla söyleyebiliriz. Dolayısıyla, şimdi hem toplam enerjiyi ve hem de kutuda kalan enerjiyi ortada hiçbir belirsizlik olmadan, istediğimiz doğrulukta biliyor oluruz, bu da belirsizlik ilkesinin yanlış olduğunu gösterir. Einstein, yeni kuantum kuramını paramparça edecek aracı sonunda bulduğunu zannediyordu.

Bu konferansın katılımcılarından biri ve bu şiddetli savaşın şahidi olan Paul Ehrenfest, şöyle yazmıştı: "Bu, Bohr için ağır bir darbeydi. O anda herhangi bir çözüm bulamamıştı. Gece boyun-

ca son derece mutsuz bir şekilde bir kişiden diğerine giderek onları bunun doğru olamayacağına ikna etmeye çalıştı, çünkü eğer Einstein haklıysa, fiziğin sonu gelmiş demekti. Fakat aksini kanıtlamak için hiçbir yol bulamıyordu. İki rakibin üniversite kulübünden ayrılırkenki hallerini asla unutamayacağım. Einstein, görkemli görünüşüyle sakince ve yüzünde bir gülümseme ile yürüyor, Bohr ise son derece sinirli bir ifade ile onun yanında koşuşturuyordu." O akşam ilerleyen saatlerde Ehrenfest ile konuşan Bohr'un yapabildiği tek şey, bir kelimeyi tekrar tekrar mırıldanmaktan ibaretti: "Einstein ... Einstein ... Einstein" Ancak, gergin ve uykusuz geçen bir gecenin ardından Bohr, Einstein'ın tezindeki hatayı nihayet buldu ve Einstein'ın kendi görelilik kuramını onu alt etmek için kullandı. Bohr, kutu eskisinden daha hafif olduğu için, dünyanın yerçekimi altında hafifçe yükseleceğine dikkat çekiyordu. Fakat, genel göreliliğe göre, çekim azaldıkça zaman hızlanır (Örneğin bu nedenle Ay üzerinde zaman daha hızlı geçer). Dolayısıyla, kapağın açılış zamanına ilişkin herhangi minicik bir belirsizlik, kutunun konumunu ölçmekte bir belirsizlik ortaya çıkmasına neden olacaktı. Bu durumda, kutunun konumunu mutlak belirlilikle ölçemezdiniz. Ayrıca, kutunun ağırlığına ilişkin herhangi bir belirsizlik, kutunun enerjisi ve momentumu konusunda da bir belirsizliğe yol açacaktı, yani kutunun momentumunu mutlak belirlilikle bilemezdiniz. Her şey bir araya getirildiği zaman, Bohr'un belirlediği iki belirsizlik, konuma ilişkin belirsizlik ve momentuma ilişkin belirsizlik, belirsizlik ilkesi ile tam anlamıyla örtüşmektedir. Bohr, kuantum kuramını başarıyla savunmuştu. Einstein "Tanrı dünya ile zar atmaz" diye şikâyet edince, bildirildiğine göre Bohr onu terslemişti: "Tanrıya ne yapacağını söylemeyi bırak."

Einstein, eninde sonunda Bohr'un tezini başarılı şekilde çürüttüğünü kabul etmek zorunda kaldı. Einstein, "Bu kuramın hiç şüphesiz kesin gerçekten bir parça taşıdığına ikna oldum" diye yazmıştı. John Wheeler, tarihi Bohr - Einstein çekişmesi konusunda yorum yaparken "Benim bildiğim entelektüel tarih boyunca en büyük çekişme. Otuz yıl boyunca, daha büyük iki

adam arasında daha derin bir konuya ilişkin olarak daha uzun bir süre devam eden ve şu garip dünyamızı anlamak açısından daha derin sonuçlar yaratan başka bir tartışma duymadım" demişti.

Kendi denklemleri üzerindeki bu yeni yorumdan nefret eden Schrödinger, belirsizlik ilkesinde delikler açabilmek için çok tanınan kedi problemini önerdi. Schrödinger, kuantum mekaniği hakkında şunları yazdı: "Onu sevmiyorum ve onunla herhangi bir ilişkim olduğu için üzgünüm". Yazdığına göre en komik problem, içinde bir parça radyoaktif maddeye bağlı bir Geiger sayacı tarafından tetiklenen bir çekice bağlanmış içi zehirli bir gaz olan hidrosiyanik asit dolu bir şişe bulunan bir kediye dair idi. Radyoaktif bozunmanın bir kuantum etkisi olduğu üzerinde herkes hemfikirdir. Eğer uranyum bozunmazsa, kedi canlıdır. Fakat eğer bir atom bozunursa sayacı çalıştıracak, çekici tetikleyecek ve kediyi öldürecektir. Ancak, kuantum kuramı uyarınca uranyum atomunun ne zaman bozunacağını öngörmemiz mümkün değildir. İlkesel olarak, aynı anda her iki durumda da hem bozunmamış, hem de bozunmuş olarak bulunabilir. Fakat eğer uranyum atomu aynı anda her iki durumda bulunabiliyorsa, bunun anlamı kedinin de iki durumda birden olması gerektiğidir. Bu durumda sorulması gereken soru, kedi ölü müdür, canlı mıdır?

Normal koşullar altında bu akılsızca bir sorudur. Kutuyu açamasak dahi, aklıselim bize kedinin ya ölü, ya da canlı olduğunu söylemektedir. Bir canlı, aynı anda hem ölü, hem de canlı olamaz; böyle bir şey, evren ve gerçeklik hakkında bildiğimiz her şeye aykırı olurdu. Bununla beraber, kuantum kuramı bize garip bir yanıt vermektedir. Son yanıt, biz aslında bilmiyoruz şeklindedir. Kutuyu açmadan önce kedi, bir dalga tarafından temsil edilmektedir ve dalgalar, tıpkı sayılar gibi birbirleriyle toplanabilir. Ölü bir kedinin dalga fonksiyonunu canlı bir kedininkine eklememiz gerekir. *Dolayısıyla, biz kutuyu açmadan önce kedi ne ölüdür, ne de diri.* Kutunun içine kapatılmış olduğu için, söyleyebileceğiniz tek şey kedinin aynı anda hem ölü, hem de canlı olduğunu temsil eden dalgaların var olduğudur.

Sonunda kutuyu açtığımız zaman, bir ölçüm yapabilir ve kedinin ölü mü, canlı mı olduğunu kendimiz görebiliriz. Dışarıdaki bir gözlemci tarafından yürütülen ölçüm süreci, dalga fonksiyonunu "çökertmemize" ve kedinin durumunu doğru şekilde belirlememize olanak sağlar. Ondan sonra, kedinin ölü mü, canlı mı olduğunu biliriz. Önemli olan nokta, dışarıdaki gözlemci tarafından yürütülecek ölçüm sürecidir; kutunun içine bir ışık tutmakla dalga fonksiyonu çökertilmiştir ve nesne, birdenbire kesin bir duruma kavuşur.

Başka bir deyişle gözlem süreci, bir nesnenin sonuçtaki durumunu belirler. Bohr'un Kopenhag yorumundaki zayıf yanı, ölçüm yapmanızdan önce nesneler gerçekten var mıdır sorusunun içinde yatmaktadır. Einstein ve Schrödinger için bunların hepsi mantık dışıdır. Einstein, yaşamının geri kalan kısmında bu derin felsefi sorularla boğuşmuştur (ki bu sorular günümüzde dahi yoğun tartışmalara konu olmaktadır).

Bu bulmacanın keyif kaçırıcı birkaç yönü, Einstein'ı derinden sarsmıştı. İlk olarak, bir ölçüm yapılmadan önce, biz olası bütün evrenlerin toplamı olarak var oluruz. Ölü mü yoksa canlı mı olduğumuzu, dinozorların hâlâ yaşıyor olup olmadığını veya dünyanın milyarlarca yıl önce ortadan kalkıp kalkmadığını kesin biçimde söyleyemeyiz. Bir ölçüm yapılmadan önce, bütün olaylar olasıdır. İkincisi, görünüşe göre gözlemleme süreci, gerçekliği yaratmaktadır! Böylece, hiç kimse duymadığı takdirde ormandaki bir ağacın düşmüş olup olmayacağı şeklindeki eski felsefi bulmaca, yeni bir şekil almış oluyor. Bir Newton taraftarı, ağacın gözlemden bağımsız olarak düşebileceğini ileri sürebilir. Fakat Kopenhag ekolünden gelen biri, gözlem yapılıncaya kadar ağacın her durumda (devrilmiş, ayakta, fidan, yetişmiş, yanmış, çürümüş v.b.) var olabileceğini, gözlem yapıldığı anda ise birdenbire var olma durumuna geçeceğini söyleyecektir. Dolayısıyla kuantum kuramı, ortaya tamamen umulmadık bir yorum getirmektedir: Ağacın gözlemlenmesi, ağacın durumunu, yani devrilmiş olup olmadığını *belirler*.

Einstein, patent ofisinde çalıştığı günlerden beri herhangi bir problemin özünü ayırt etme konusunda olağanüstü bir beceriye

sahipti. Evine gelen misafirlere şu soruyu sorardı: "Ay, bir fare ona baktığı için mi vardır?" Eğer Kopenhag ekolü haklıysa, evet, bir bakıma Ay, onu bir fare gözlemlediği zaman var olma durumuna geçer ve ayın dalga fonksiyonu çöker. Onlarca yıldan beri kedi problemi için çeşitli "çözümler" önerilmiş ise de, bunların hiçbiri de tam anlamıyla tatmin edici değildir. Kuantum mekaniğinin geçerliliğini neredeyse hiç kimse sorgulamıyor olsa da, bu sorular bütün fizik alanının en büyük felsefi soruları olma özelliğini hâlâ korumaktadırlar.

Einstein, kuantum kuramının temeliyle nasıl bitmek tükenmek bilmeyen bir mücadele içerisine girmiş olduğunu anlatırken, "Kuantum problemleri üzerinde, genel görelilik kuramı üzerinde düşündüğümün yüz katı fazla düşündüm" diye yazmıştı. Epeyce süren derin düşüncelerin ardından Einstein, kendisine açılan ateşe kuantum kuramının kesin eleştirisi olarak gördüğü şeyle karşılık verdi. 1933 yılında, öğrencileri Boris Podolsky ve Nathan Rosen ile birlikte, düşünürlerin olduğu kadar pek çok kuantum fizikçisinin de bugün dahi başını ağrıtmakta olan yepyeni bir deney önerdi. "EPR* deneyi", Einstein'ın umduğunun aksine kuantum kuramını yıkıp harabeye çevirmiş olmayabilir, fakat halihazırda zaten epeyce garip olan kuantum kuramının giderek acayip bir hal aldığını başarıyla kanıtlamıştır. Bir atomdan iki elektronun zıt yönlerde çıktığını hayalinizde canlandırın. Elektronların her biri, ucu yukarı veya aşağıya dönük bir topaç gibi dönmekte olsun. Daha da ileri giderek, elektronların zıt yönlerde dönmekte olduklarını varsayın, öyle ki hangi yöne döndüklerini bilmemenize karşın toplam dönüş sıfır olsun. Örneğin elektronlardan birisi yukarı doğru dönerken, diğeri aşağıya doğru dönüyor olabilir. Eğer yeterince beklerseniz, bu elektronlar birbirlerinden milyarlarca kilometre uzaklaşabilir. Herhangi bir ölçüm yapılmadan önce, elektronların dönüşlerini bilmemektesiniz.

* EPR: Einstein, Podolsky, Rosen. Bilim dünyasında "EPR deneyi " olarak anılmaktadır (Ç.N.).

Şimdi, elektronlardan birinin dönüşünü nihayet ölçtüğünüzü varsayın. Örneğin yukarı doğru döndüğü bulunmuş olsun. Pek çok ışık yılı uzakta olmasına karşın, diğer elektronun dönüşünü de o anda bilirsiniz. - dönüşleri birbirinin ters yönde olması nedeniyle, aşağıya doğru dönüyor olması gerekir. Bu demektir ki evrenin bir yanında yapılan bir ölçüm, evrenin öbür yanında bulunan bir elektronun durumunu o anda, görünüşe göre özel göreliliğe aykırı bir şekilde, belirlemiştir. Einstein, buna "uzaktaki garip eylem"* adını vermiştir. Bu durum, epeyce ürkütücü bazı felsefi çıkarımları ortaya getirmektedir. Bu demektir ki, vücutlarımızda bulunan atomlardan bazıları evrenin öbür yanında bulunan atomlara görünmeyen bir örümcek ağı ile bağlı olabilir, öyle ki vücutlarımızdaki hareketler milyarlarca ışık yılı ötede bulunan atomların durumlarını o anda ve özel göreliliğe aykırı olarak etkileyebilir. Einstein bu fikri hiç sevmedi, çünkü bu, *evren yerel olmadığı*, yani Dünya üzerinde meydana gelen olayların ışıktan daha hızlı şekilde yol alarak o anda evrenin öbür tarafında meydana gelmekte olan olayları etkilediği anlamına gelmekteydi. Kuantum mekaniğine yapılan bu yeni itirazı duyan Schrödinger, Einstein'a şöyle yazdı: "O makalede ... görünüşe göre dogmatik kuantum mekaniğini ceketinin eteğinden yakalamış olduğunu görerek çok memnun oldum." Bohr'un çalışma arkadaşı Leon Rosenfeld, Einstein'ın en son makalesinden haberdar olunca "Her şeyi bir kenara bıraktık; böyle bir yanlış anlamayı derhal düzeltmek zorundaydık. Bohr, büyük bir heyecan içerisinde derhal sert bir cevabın müsveddesini dikte etmeye başladı" diye yazmıştı.

Kopenhag ekolü bu meydan okumaya karşı koydu, fakat bunun bir bedeli vardı: Bohr, kuantum evreninin gerçekten de yerel olmadığı (yani evrenin bir parçasındaki olayların aynı anda evrenin başka bir parçasını etkileyebileceği) konusunda

* Uzaktaki garip eylem: Spooky action at a distance. Bu ifadenin birkaç değişik şekilde çevirisi mümkün olmakla birlikte, Türkiye'de en fazla kullanıldığı belirlenen bu karşılık tercih edilmiştir (Ç.N.).

Einstein'a taviz vermek zorunda kalmıştı. Evrendeki her şey, kozmik bir "karmaşa" halinde bir şekilde birbirine bağlanmıştı. Dolayısıyla, EPR deneyi kuantum mekaniğinin doğru olmadığını kanıtlamıyordu; yalnızca ne denli çılgınca olduğunu ortaya koyuyordu. (Bu deney aradan geçen yıllar boyunca yanlış anlaşılmış, ışıktan hızlı EPR radyolar yapılabileceği, zaman içerisinde geriye doğru sinyaller gönderebileceğimiz veya bu etkiyi telepati amaçlı olarak kullanabileceğimiz konusunda sayısız spekülasyon yapılmıştır). Bununla beraber, EPR deneyi göreliliği geçersiz duruma getirmiyordu. Bu bağlamda, son gülen Einstein oldu. EPR deneyinden yararlanarak işe yarar hiçbir bilgi ışıktan hızlı şekilde gönderilemez. Örneğin, EPR aygıtından yararlanarak Morse kodunu ışıktan daha hızlı gönderemezsiniz. Fizikçi John Bell, problemi açıklamak üzere şu örneği kullandı. Daima bir pembe çorap ve bir yeşil çorap giyen, Bertlmann adında bir matematikçi tarif etti. Bir ayağında yeşil bir çorap olduğunu bildiğiniz takdirde, diğer çorabın pembe olduğunu o anda biliyordunuz. Bununla birlikte, bir ayaktan diğerine hiçbir sinyal gönderilmiyordu. Başka bir deyişle, bir şeyi bilmek, o bilgiyi göndermekten tamamen farklıdır. Bilgiye sahip olmakla o bilgiyi aktarmak arasında dünyalarca fark bulunmaktadır.

1920'li yılların sonlarına doğru artık fiziğin yükselen iki dalı vardı: Görelilik ve kuantum kuramı. İnsanlığın fiziksel evren hakkındaki bilgilerinin toplamı, bu iki kuram tarafından özetlenebilirdi. Kuramlardan birisi, görelilik kuramı, bize çok büyüğün kuramını, büyük patlama ve kara delikler kuramını verdi. Diğer kuram, kuantum kuramı, bize çok küçüğün kuramını, atomun garip dünyasını verdi. Kuantum kuramı her ne kadar mantığa aykırı fikirler üzerine kurulmuş olsa da, insanı şaşkına çeviren deneysel başarısı hiç kimse tarafından yadsınamaz. Nobel Ödülleri, kuantum kuramını uygulamaya hevesli fizikçilerin üzerine neredeyse yağmur gibi iniyordu. Einstein, kuantum kuramı üzerinde neredeyse her gün meydana gelmekte olan gelişmeleri göz ardı etmeyecek kadar deneyimli bir fizikçiydi. Bu kuramın deneysel başarılarına karşı çıkmıyordu. Kuantum

mekaniğinin "dönemimizin en başarılı fizik kuramı" olduğunu kabul etmekteydi. Einstein, kendisinden daha az önemli bir fizikçinin yapabileceği gibi kuantum mekaniğinin ilerlemesini engellemeye de kalkışmadı. (1929 yılında Einstein, Nobel Ödülü'nün Schrödinger ile Heisenberg arasında paylaştırılmasını tavsiye etmişti.) Einstein, böyle yapmak yerine stratejisini değiştirdi. Artık yanlış olduğunu öne sürerek kurama saldırmayacaktı. Yeni stratejisi, kuantum kuramını birleşik alan kuramının içine katmaktı. Bohr'un safında yer alan muhalifler ordusu onu kuantum dünyasını göz ardı etmekle suçlamaya başladığı zaman, Einstein gerçek amacının kapsam olarak kozmik bir nitelik taşıdığını söyleyerek onlara karşı ateş açtı: Kuantum kuramını bütünüyle yeni kuramının içine yerleştirecekti. Einstein, kendi çalışmalarından çıkartılmış bir karşılaştırmayı kullandı. Görelilik, Newton'cu kuramın tamamen yanlış olduğunu kanıtlamıyordu; yalnızca o kuramın eksik olduğunu, daha büyük bir kuram içerisine yerleştirilebileceğini göstermekteydi. Dolayısıyla, Newton'cu mekanik kendi özel ilgi alanında epeyce geçerlidir: küçük hızlar ve büyük nesneler aleminde. Aynı şekilde Einstein, kuantum kuramının aynı anda hem ölü, hem de canlı olan kediler hakkındaki acayip varsayımlarının daha üstteki bir kuram içerisinde açıklanabileceğine inanıyordu. Einstein'ın biyografisini yazan bir sürü yazar, bu konuyu bir türlü anlayamamışlardır. Einstein'ın hedefi, kendisini eleştirenlerin pek çoğu tarafından öne sürüldüğü gibi kuantum kuramının yanlışlığını kanıtlamak değildi. O, sık sık klasik fiziğin son dinozoru, kendisini tepkinin sesi haline gelmekte olarak buluveren ihtiyar isyancı olarak resmedilmiştir. Einstein'ın gerçek hedefi, kuantum kuramının eksikliğini ortaya koymak ve onu tamamlamak üzere birleşik alan kuramından yararlanmaktı. Aslına bakılacak olursa, birleşik alan kuramının ölçütlerinden birisi, belirsizlik ilkesini kabaca yinelemesiydi.

Einstein'ın stratejisi, maddenin kökenini açıklamak, *geometriden madde inşa etmek* için genel göreliliği ve kendisine ait olan birleşik alan kuramını kullanmaktı. 1935 yılında Einstein ve Nathan Rosen, elektron gibi kuantum parçacıklarının temel nes-

neler olarak değil de onun kuramının bir sonucu olarak ortaya çıkacağı yepyeni bir yolu araştırdılar. Bu şekilde olasılıklar ve şans sorunu ile hiçbir zaman karşılaşmak zorunda kalmaksızın kuantum kuramını türetmeyi ümit ediyorlardı. Kuramların çoğunda basit parçacıklar, tekillikler olarak, yani denklemlerin iflas ettiği bölgeler olarak ortaya çıkar. Örneğin, kuvvetin iki cisim arasındaki mesafenin karesinin tersi olduğu Newton denklemlerini düşünün. Bu mesafe sıfıra gittiği zaman kütle çekimi sonsuza gider, bize bir tekillik verir. Einstein kuantum kuramını daha derin bir kuramdan türetmek istediği için, tekilliklerden tamamen arınmış bir kurama ihtiyacı olduğu sonucunu çıkarıyordu. (Bunun örnekleri basit kuantum kuramlarında bulunur. Bunlar "solitonlar"* olarak adlandırılırlar ve uzaydaki kırışıklıkları temsil ederler; yani düzgündürler, tekil değildirler, birbirlerine çarpıp sekebilir ve şekillerini koruyabilirler.)

Einstein ve Rosen, böyle bir çözüme ulaşmak için yeni bir yol önerdiler. Birbirine paralel iki sayfa kağıt üzerinde tanımlanmış iki adet Schwarzschild kara deliği ile işe başladılar. Bir makas kullanarak her kara delik tekilliğini kesip çıkartmak ve iki sayfayı birbirine yapıştırmak mümkündü. Böylece, Einstein'ın bir atom altı parçacığını temsil ettiğini düşündüğü, tekilliklerden arınmış, pürüzsüz bir çözüm elde edilmiş olurdu. Böylece *kuantum parçacıkları, minicik kara delikler olarak kabul edilebilirdi.* (Bu görüş, aslında altmış yıl sonra atom altı parçacıkları kara deliklere, kara delikleri de atom altı parçacıklara döndürebilecek matematiksel ilişkilere sahip olan sicim kuramı içerisinde yeniden canlandırılmıştır.)

Bununla beraber, bu "Einstein-Rosen Köprüsü"ne başka bir şekilde bakmak da mümkündür. Einstein-Rosen köprüsü, iki evreni birbirine bağlayan "solucan deliği"nden bilimsel literatürde ilk kez bahsedilişini temsil eder. Solucan delikleri, birbirine paralel iki kâğıt sayfasını birbirine bağlayan bir geçit veya giriş kapısı gibi, uzay ve zaman içerisindeki kestirme yollardır.

---

* Soliton: Müstakil tek dalga (Ç.N.).

Halkın solucan deliği kavramı ile tanışması, Oxford'lu matematikçi ve kendisini asıl meşhur eden unvanı ile *Alis Harikalar Diyarında* ve *Aynanın İçinden* adlı kitapların yazarı olan Charles Dodgson (Lewis Carroll takma adıyla da tanınır) vasıtasıyla olmuştur. Alice elini aynanın içine soktuğu zaman, aslında iki evreni - Harikalar Ülkesinin garip dünyası ile Oxford'un kırsal bölgesini - birbirine bağlayan bir tür Einstein-Rosen köprüsüne girmiş olmaktadır. Kütle çekimsel kuvvetin Einstein-Rosen köprüsünün içine düşen bir kişinin atomlarını parça parça edebilecek kadar güçlü olması nedeniyle böyle bir kişinin ezilerek öleceği, şüphesiz kavranmıştı. Kara delik hareketsiz olduğu takdirde, solucan deliğinden geçerek paralel bir evrene ulaşmak, olanaksızdı (Solucan deliği kavramının fizik alanında çok önemli bir rol oynaması için, bir altmış yılın daha geçmesi gerekecekti).

Sonunda Einstein, kısmen atom altı dünyasının zenginliğini izah edemediği için bu fikirden vazgeçmek zorunda kaldı. "Ağacın" bütün garip özelliklerini "mermer" cinsinden tam anlamıyla ifade edemiyordu. Atom altı parçacıkların, onun denklemlerinden çıkmayı bir türlü başaramayan çok fazla özelliği bulunmaktaydı (örn. kütle, dönüş, yük, kuantum sayıları, v.b.). Onun hedefi, birleşik alan kuramını bütün haşmetiyle açığa çıkartacak olan resmi bulmaktı, fakat o zamanlar çekirdek kuvvetinin özellikleri hakkında yeterli bilgiye sahip olunmaması, temel sorunlardan birini oluşturuyordu. Einstein, atom altı parçacıkların doğası, güçlü atom parçalayıcılar tarafından ortaya çıkartılmadan onlarca yıl önceki verilerle çalışmaktaydı. Bunun sonucu olarak, ortaya asla bir resim çıkmadı.

8

Savaş, Barış ve $E = mc^2$

BÜYÜK BUHRAN'IN DÜNYAYI bir mengene gibi sıkıştırmaya başladığı 1930'lu yıllarda kaos, Almanya'nın sokaklarında bir kez daha sinsi sinsi yürümeye başlamıştı. Para biriminin çöküşüyle birlikte, çok çalışan orta sınıf vatandaşlar yaşamları boyunca kazandıkları birikimlerin hemen hemen bir gecede yok olduğunu görmüşlerdi. Yükselen Nazi Partisi, Alman halkının sefaletinden ve dertlerinden beslenerek onların kızgınlığını en uygun şamar oğlanına, Yahudilere odaklamayı başarmıştı. Çok geçmeden, güçlü sanayicilerin desteği ile Reichstag'daki en kuvvetli oyuncu haline geldiler. Yıllardır Yahudi düşmanlarına karşı direnmekte olan Einstein, bu sefer durumun yaşamı tehdit etmekte olduğunu anladı. Her ne kadar bir barışsever olsa da, aynı zamanda gerçekçi bir insandı ve görüşlerini Nazi Partisi'nin çok hızlı yükselişinin ışığı altında ayarlamayı başarmıştı. "Bu demektir ki ben, özünde yaşamı sona erdirmenin peşinde koşan bir düşmanla karşı karşıya kalındığı durumlar haricinde, hiçbir koşul altında kuvvet kullanılmasını onaylamıyorum" diye yazmıştı. Bu esneklik, bir deneye tabi tutulacaktı.

1931 yılında, ünlü fizikçiye yöneltilmiş her türlü Yahudi düşmanı karalamayı içeren *Yüz Uzman Einstein'a Karşı* adlı bir kitap yayımlandı. Kitap, "Bu kitabın amacı, Einstein yanlılarının terörüne onlara karşı çıkanların gücünü göstererek direnmektir" diyerek ateş püskürüyordu. Daha sonraları Einstein, onların göreliliği yok etmek için aslında yüz uzmana gereksinimleri olmadığını söyleyerek dalga geçti. Eğer hatalı olsaydı, minik bir gerçek dahi yeterli olurdu. Nazizmin yükselen dalgalarına direnme olanağı bulamayan Einstein, 1932 Aralık ayında Almanya'dan kalıcı olarak ayrıldı. Elsa'ya Caputh'taki kır evlerine bakmasını söyledi ve üzgün bir ifade ile ekledi, "Arkanı dön, onu bir daha asla görmeyeceksin." Durum, parlamentonun zaten en büyük gücü olan Nazilerin 30 Ocak 1933 tarihinde nihayet yetkiyi ellerine geçirmeleri ve Adolf Hitler'in Almanya Şansölyesi olarak seçilmesi sonucunda dramatik bir şekilde kötüleşti. Naziler, Einstein'ın emlakına ve banka hesabına el koyarak onu resmen beş parasız bıraktılar ve içinde tehlikeli bir silah bulduklarını öne sürerek Caputh'taki yazlık evini ele geçirdiler. Sonradan bunun bir ekmek bıçağı olduğu ortaya çıktı. Caputh'taki ev, Nazi Almanyası döneminde Nazi Bund Deutsches Mädel, "Alman Kızlar Birliği" tarafından kullanıldı. 10 Mayıs günü Naziler, aralarında Einstein'ın kitaplarının da bulunduğu yasaklı kitaplar için kamuya açık bir yakma töreni yaptılar. O yıl Einstein, Almanya'nın gölgesi olan Belçika halkına şunları yazdı: "Günümüzün koşulları altında, eğer bir Belçikalı olsaydım askerlik hizmetini reddetmezdim." Sözleri uluslar arası basın tarafından taşındı ve derhal ona Nazilerin ve çoğu Hitler'e karşı çıkmak için tek yolun barışçı yöntemler kullanmak olduğuna inanan barış yanlılarının aşağılamalarını kazandırdı. Nazi rejiminin gaddarlığının gerçek derinliğinin farkında olan Einstein, bu duruma hiç aldırmamıştı: "Antimilitaristler, aşağılık bir hainmişim gibi üzerime saldırıyorlar ... bunlar, at gözlüğü takmaktadırlar."

Almanya'dan kaçmak zorunda kalan dünya gezgini Einstein, bir kez daha evsiz bir insan olmuştu. 1933 yılında İngiltere'ye yaptığı ziyaret sırasında Winston Churchill ile görüşmek için

onu ziyaret etti. Churchill'in ziyaretçi defterinin "adres" bölümüne "yok" diye yazmıştı. Şimdi Nazilerin nefret listesinin üst kısımlarında yer almakta olduğu için, kişisel güvenliğine dikkat etmek zorundaydı. Nazi rejiminin düşmanlarını listeleyen bir magazin, Einstein'ın resmine ön kapağında yer vererek, yanına "Henüz asılmadı" diye yazmıştı. Yahudi düşmanları, Einstein'ı Almanya'dan kaçırmayı başarabildiklerine göre bütün Yahudi bilim insanlarını kaçırabileceklerini söyleyip övünüyorlardı. Bu arada Naziler bütün Yahudi devlet memurlarının görevden alınmasını gerektiren yeni bir yasa çıkarttılar, bu da Alman fiziği için bir felaket oldu. Yeni devlet memurluğu yasası yüzünden dokuz Nobel Ödülü sahibi Almanya'yı terk etmek zorunda kalmış ve ilk yıl bin yedi yüz öğretim üyesinin görevine son verilmesi, Alman bilim ve teknolojisinin önemli ölçüde kan kaybetmesine yol açmıştı. Nazi kontrolündeki Avrupa'nın dışına doğru meydana gelen sarsıcı boyutlardaki kitlesel göç, bilim seçkinlerinin kaymak tabakasını yok ediyordu.

Daima uzlaşmacı olan Max Planck, çalışma arkadaşlarının Hitler'e açıkça karşı çıkması için harcadığı bütün çabaları reddetmişti. Kişisel kanalları kullanmayı tercih etmiş ve hatta Hitler ile 1933 Mayısında yüz yüze görüşmüş, Alman biliminin çöküşüne engel olmak için son bir kez ricada bulunmuştu. Planck, "Onu Yahudi meslektaşlarımızı sürgüne göndererek . . . muazzam bir zarara yol açtığına ikna edebilmeyi; kendilerini daima bir Alman olarak gören ve herkes gibi yaşamlarını Almanya için feda eden insanları kurban etmenin ne kadar anlamsız ve ahlaksızca olduğunu gösterebilmeyi ummuştum" diye yazmıştı. Hitler o toplantıda Yahudilere karşı bir düşmanlığının olmadığını, fakat hepsinin komünist olduğunu söylemişti. Planck cevap vermeye çalıştığı zaman Hitler ona, "Benim sinir krizleri geçirdiğimi söylüyorlar, fakat benim sinirlerim çelik gibi!" diye bağırmıştı. Sonra kendi dizine bir şaplak atmış ve Yahudi karşıtı tiradına devam etmişti. Planck, üzüntüyle şöyle anlatır: "Kendimi ifade etmeyi başaramadım ... İnsanın bu tür insanlarla konuşmayı başarabileceği bir lisan bulunmuyor."

Einstein'ın Yahudi meslektaşlarının hepsi yaşamlarını kurtarmak için Almanya'dan kaçtı. Leo Szilard, kaçarken bütün parasını ayakkabılarının içine doldurmuştu. Fritz Haber, 1933 yılında Filistin'e gitmek üzere Almanya'dan ayrıldı. Sadık bir Alman bilim insanı olarak Alman ordusu için zehirli gazın geliştirilmesine yardımcı olmuş, çok iyi bilinen Zyklon B gazının üretilmesini sağlamıştı. Onun gazı, daha sonra Auschwitz toplama kampında ailesinin pek çok üyesinin öldürülmesi için kullanılmıştı. Yahudi olmayan Erwin Schrödinger de histerinin akıntısına kapılıp sürüklenmişti. 31 Mart 1933 tarihinde Naziler bütün Yahudi dükkanlarına karşı ulusal bir boykot ilan ettikleri zaman Berlin'deki Wertheim's adlı büyük mağazanın önünde tesadüfen bulunduğu sırada, polis ve kalabalıklar kenarda durup gülüşürken mağazanın Yahudi çalışanlarının gamalı haç arınalı fırtına birliği çeteleri tarafından dövüldüğüne şahit olmuştu. Schrödinger öfkelendi, fırtına birliği elemanlarından birinin yanına giderek onu azarlamaya başladı. Sonra fırtına birliği elemanları ona dönerek onu dövmeye başladılar. Bu vahşice dayaktan ciddi bir zarar görebilirdi, fakat gamalı haç takmış genç bir fizikçi Schrödinger'i derhal tanıyarak güvenli bir yere çekmeyi başardı. Fena halde sarsılan Schrödinger, İngiltere ve İrlanda'ya gitmek üzere Almanya'yı terk edecekti.

Naziler 1943 yılında Danimarka'yı işgal ettiler ve yarı Yahudi olan Bohr, yok edilmek üzere hedeflendi. Gestaponun bir adım ilerisinde kaçınayı başararak tarafsız İsviçre üzerinden İngiltere'ye uçarken, yüzüne iyi oturmayan bir oksijen maskesi yüzünden uçakta neredeyse havasızlıktan boğuluyordu. Almanya'yı hiçbir zaman terk etmeyen sadık bir vatansever olan Planck da büyük acılara katlanmak zorunda kaldı. Oğlu, Hitler'e suikast düzenlemek iddiasıyla tutuklanmış, Nazilerin işkencesine maruz kalmış ve sonra idam edilmişti.

Sürgünde olmasına karşın Einstein dünyanın her yanından gelen iş teklifleri ile kuşatılmıştı. İngiltere, İspanya ve Fransa'nın önde gelen üniversiteleri, dünya çapında üne sahip bu şahsiyeti yakalamak istiyordu. Eskiden Princeton Üniversitesi'nde misafir profesörlük yapmıştı. Kışlarını Princeton'da, yazlarını

Berlin'de geçirmişti. Bamberger servetine bağlı beş milyon dolarlık bir fonun yardımıyla Princeton'da kurulmakta olan yeni bir enstitüyü temsil etmekte olan Abraham Flexner, Einstein ile birkaç kez buluşmuş ve ona yeni enstitüye geçme olasılığından bahsetmişti. Einstein'a cazip gelen şey, özgürce seyahat edebilmesi ve öğretim görevinden muaf olmasıydı. Dinleyicilerini düzenli şekilde tuhaf davranışlarla eğlendirmesi ve kraliyet ailelerini eğlendirici hikayelerle büyülemesi nedeniyle sevilen bir konuşmacı olsa da, eğitim ve konferans görevleri onun vaktini çok sevdiği fiziğin dışında harcamasına yol açmaktaydı.

Meslektaşlarından biri, ABD'ye kalıcı olarak gelmenin "intihar etmek" gibi bir şey olacağını söyleyerek Einstein'ı uyardı. Nazi Almanyası'ndan kaçan Yahudi bilim insanlarının ani akınından önce ABD, Avrupa'daki benzerleriyle rekabet etme yeteneğine sahip hemen hemen hiçbir yüksek öğrenim kuruluşuna sahip değildi ve bilimsel açıdan durgun bir su olarak kabul edilmekteydi. Yaptığı seçimi savunan Einstein, Belçika Kraliçesi'ne "Princeton, harika özelliklere sahip küçük bir yer ... cambaz ayaklıkları üzerinde yürüyen çelimsiz kahramanların yaşadığı sessiz, merasime düşkün bir kasaba. Bazı alışkanlıkları görmezden gelerek kendime çalışmaya yardımcı olan, dikkat dağıtıcı şeylerden arınmış bir atmosfer yaratmayı başardım." Einstein'ın ABD'ye yerleştiği, bütün dünyada yankılandı. "Fiziğin papası" Avrupa'yı terk etmişti. Yeni Vatikan, Princeton'daki İleri Araştırmalar Enstitüsü olacaktı.

Einstein'a çalışacağı oda gösterilirken, neye ihtiyacı olduğu sorulmuştu. Bir masa ve bir sandalyenin dışında ihtiyacı olan tek şeyin sadece bir çöp sepeti olduğunu söyleyerek, "bir çöp sepeti ... içine bütün hatalarımı atabileyim" diye yanıtlamıştı. Görünüşe göre enstitü Erwin Schrödinger'e de teklif götürmüştü. Fakat sık sık karısı ve metresi eşliğinde dolaşan ve uzun bir sevgililer listesiyle "açık bir evlilik" yaşayan Schrödinger, söylentiye göre atmosferi çok boğucu ve muhafazakâr bulmuştu. Amerikan halkı, New Jersey'e ülkenin en tanınmış bilim adamı olan yeni sakininin gelişinden kısa sürede büyülenmişti. Aradan

çok geçmeden herkesin tanıdığı bir kişi oluverdi. Bir bahis üzerine iki Avrupalı, yerine ulaşıp ulaşmayacağını görmek için üzerinde "Dr. Einstein, Amerika" yazan bir mektup göndermişlerdi. Mektup, ulaştı.

1930'lu yıllar, Einstein için kişisel açıdan zorluklarla doluydu. 1930 yılında oğlu Eduard (ona sevgi dolu bir ifadeyle Tedel adını takmıştı) kendinden yaşlı bir kadınla yaşadığı başarısız bir aşk ilişkisinin ardından sinir krizi geçirince, Einstein'ın onun hakkında taşıdığı en büyük korkular onaylanmış oldu. Eduard, Zürich'te Mileva'nın kız kardeşinin de kaldırılmış olduğu Burghozli psikiyatri hastanesine yatırıldı. Şizofreni tanımı konmuştu ve kısa ziyaretler haricinde yaşamının geri kalanı boyunca bir kurumun bakımına muhtaçtı. Karısının zihinsel sorunlarının oğullarından biri tarafından miras alınacağından daima endişe eden Einstein'a göre bunun nedeni, "kötü miras" idi: "Tedel'in gençliğinden bu yana bunun yavaş yavaş, fakat karşı konulmaz bir şekilde gelmekte olduğunu görüyordum" diye üzgün bir ifadeyle yazmıştı. Genel göreliliğin geliştirilmesinin başlarında teşvik edici bir rol oynayan yakın arkadaşı Paul Ehrenfest de, 1933 yılında içinde bulunduğu bunalıma yenik düştü ve zihinsel özürlü oğlunu öldürdükten sonra intihar etti.

Yaklaşık yirmi yıldır Einstein'ın yanında yer alan Elsa, uzun ve acılı bir hastalığın ardından 1936 yılında öldü. Arkadaşlarına göre Einstein, "baştan ayağa kül rengi ve sarsılmış" durumdaydı. Çok üzülmüştü, fakat yavaş yavaş toparlanmayı başardı. "Buradaki yaşama son derece iyi uyum sağladım. Karanlık odamda bir ayı gibi yaşıyorum ... Ayıya benzeyen davranışlarım, diğer insanlarla bana kıyasla çok daha iyi ilişki kurabilen kadın arkadaşımın ölümüyle daha da bir zenginleşti" diye yazmıştı.

Elsa'nın ölümünün ardından, Nazilerden kaçan kız kardeşi Maja, üvey kızı Margot ve sekreteri Helen Dukas ile yaşamaya başladı. Yaşamının son evresine başlamıştı. 1930'lu ve 1940'lı yıllarda hızlı bir şekilde yaşlandı ve smokini içinde kralların ve kraliçelerin gözlerini kamaştıran gösterişli, karizmatik insan, görünümü hakkında kendisini sürekli olarak didikleyen

Elsa'nın yokluğuyla gençliğinin eski bohem yaşamına geri döndü. Artık halkın sevgiyle hatırladığı beyaz saçlı insan, tıpkı kraliyet ailelerini de aynı hoş mizaçla selamladığı gibi, Princeton'un çocuklarını da selamlayan bir bilge olmuştu.

Bununla beraber, Einstein için dinlenmek söz konusu değildi. Princeton'da bulunduğu sırada yeni bir meydan okumayla, bir atom bombası hazırlama çalışması ile karşılaştı. 1905 yılında Einstein, kuramının küçük bir radyum parçasının karanlıkta nasıl olup da şiddetle parladığını, atomlarının görünürde herhangi bir sınır olmaksızın büyük miktarlarda enerji yaydığını açıklayabileceği yolunda tahminde bulunmuştu. Aslına bakılacak olursa, çekirdeğe hapsedilmiş olan enerjinin miktarı, kimyasal bir silahta saklanandan kolaylıkla yüz milyonlarca kat büyük olabilirdi. 1920 yılında "muazzam etkinliğe sahip yepyeni enerji kaynaklarının ortaya çıkması mümkün olabilir, hatta olanaksız da değildir, fakat bu fikir bizim bugün elimizde bulunan gerçekler tarafından doğrudan desteklenmemektedir. Kehanette bulunmak çok zor olmakla beraber, bu, olasılıklar aleminde yer almaktadır" diye yazan Einstein, atomun çekirdeğinin içinde kapatılmış enerjinin uygulamada ifade ettiği muazzam çıkarımları kavramış bulunuyordu. 1921 yılında, kömüre dayalı olan güncel ekonominin yerini uzak bir gelecekte nükleer enerjinin alabileceğini dahi öne sürmüştü. Fakat, iki muazzam sorunu da açıkça anlamaktaydı. Birincisi, bu kozmik ateş, insanlık için korkunç sorunlar doğurabilecek bir atom bombası yapmak için kullanılabilirdi. Şöyle bir kehanette bulunuyordu: "Ateşli silahların icadından bu yana yapılan bombardımanların hepsi bir araya gelse, onun yok edici etkisine kıyasla zararsız bir çocuk oyuncağı sayılabilir." Ayrıca, atom bombasının ortaya nükleer terörizm ve hatta nükleer bir savaş çıkartabileceğini dahi yazmıştı: "Bu muazzam enerjinin açığa çıkarılmasının mümkün olduğunu varsayarak diyebiliriz ki; bizim şu anda içinde bulunduğumuz kömür karası çağ, nükleer çağla kıyaslandığında, sanki onun yanında altın bir çağ gibi kalır." İkincisi ve daha önemlisi, böyle bir silah üretmenin gerektirdiği muazzam zorlukları da anlıyordu. Aslında, böyle bir şeyin kendi yaşam süreci içinde yapılabi-

leceğinden şüphe ediyordu. Tek bir atomun içine sıkıştırılmış korkunç gücü almak ve onu bir trilyon kez büyütmek, 1920'li yıllarda mümkün olan her şeyin ötesindeydi. Bunun "içinde çok az kuşun bulunduğu bir ortamda, gece karanlığında kuşları vurmak" kadar zor olduğunu yazmıştı.

Einstein, çözümün tek bir atomun gücünü bir şekilde çoğaltmaktan geçtiğini anlıyordu. İnsan eğer bir atomun enerjisini alır ve yakındaki atomların enerjisinin açığa çıkmasını tetiklerse, bu nükleer enerjiyi büyütmeyi başarabilirdi. Eğer "açığa çıkan ışınlar ... aynı etkiyi yaratmayı başarabilirlerse" zincirleme bir tepkimenin gerçekleşebileceğini üstü kapalı olarak söylüyordu. Fakat 1920'li yıllarda böyle bir zincirleme tepkimenin nasıl üretilebileceğine ilişkin en küçük bir fikre sahip değildi. Başkaları doğal olarak nükleer enerji fikri ile insanlığa yarar sağlamak için değil, kötü niyetlerle oynamaktaydı. 1924 yılının Nisan ayında Paul Harteck ve Wilhelm Groth, Alman Ordu Donatım Bakanlığı'na "bunu ilk başaran ülkenin diğerleri üzerinde sınırsız bir üstünlük elde edeceğini" bildirdiler.

Bu enerjiyi açığa çıkartmakla ilgili sorun şudur: Atomun çekirdeği pozitif yüklüdür ve bu nedenle diğer pozitif yükleri iter. Dolayısıyla çekirdek, neredeyse sınırsız olan enerjisini açığa çıkartabilecek herhangi bir rastgele çarpışmaya karşı korunmuştur. Öncü nitelikteki çalışmalarla atomun çekirdeğinin keşfine giden yolu açan Rutherford, "Bu atomların dönüşümü ile bir enerji kaynağı elde etmekten bahsedenler, saçmalamaktadır" diyerek atom bombası yapma olasılığını reddetmiştir. Bu açmaz, James Chadwick tarafından 1932 yılında yeni bir parçacık, çekirdekteki protonun nötr yüklü olan arkadaşı nötron keşfedilince dramatik bir şekilde açıldı. İnsan eğer çekirdeğe bir nötron ışını gönderebilirse, çekirdeğin etrafındaki elektrik alanına takılmayan nötron onu parçalamayı başarabilir, nükleer enerjiyi açığa çıkarabilirdi. Fizikçilerin aklına şöyle bir fikir geldi: Bu nötronlardan meydana gelen bir ışın, atomu zahmetsiz bir şekilde parçalayabilir ve bir atom bombasını tetikleyebilirdi.

Einstein atom bombasının olasılığı konusunda şüphe duymaya devam ededursun, atomun parçalanmasına yol açan

önemli olaylar hızlanmaya başlamıştı. 1938 yılında Berlin'deki Kaiser Wilhelm Fizik Enstitüsü'nden Otto Hahn ve Fritz Strassmann, uranyum çekirdeğini parçalayarak fizik dünyasını heyecanlandırdılar. Uranyuma nötron bombardımanı uygulamalarının ardından baryum kalıntıları bulmuşlardı, bu da uranyum çekirdeğinin ikiye bölündüğünü ve bu süreç sırasında baryumun yaratıldığını gösteriyordu. Bir Yahudi bilim insanı ve Hahn'ın Nazilerden kaçan bir çalışma arkadaşı olan Lise Meitner ve onun yeğeni Otto Frisch, Hahn'ın elde ettiği sonuçta bulunmayan kuramsal zemini sağladılar. Onların elde ettiği sonuç, süreçten geriye kalan molozların ağırlığının orijinal uranyum çekirdeğinden biraz daha az olduğunu gösteriyordu. Görünüşe göre bu tepkime sırasında bir kısım kütle kaybı meydana gelmekteydi. Uranyum atomunun parçalanması, ayrıca 200 milyon elektron volt şiddetinde, boşluktan geliyormuş gibi görünen enerji açığa çıkmasına yol açmaktaydı. Kaybolan kütle nereye gitmişti ve bu enerji gizemli bir şekilde nereden ortaya çıkmıştı? Meitner, bu bulmacanın anahtarının $E = mc^2$ denkleminde yattığını kavradı. Kayıp olan kütleyi alıp c^2 ile çarpınca, Einstein'ın kuramına tam anlamıyla uygun olarak 200 milyon elektron volt bulunuyordu. Bohr, Einstein'ın denkleminin bu şaşırtıcı doğrulamasından kendisine bahsedildiği zaman alnına bir şaplak atarak bağırmıştı, "Oh, ne kadar aptalmışız!".

1939 yılının Mart ayında Einstein, *New York Times*'a şimdiye kadar sonuçların "süreçte açığa çıkan atom enerjisinden uygulamada yaralanılabileceğini varsaymak için yeterli olmadığını" söyledi. "Bununla beraber, bu kadar önemli bir konuya duyduğu ilgiyi böyle bir şeyin etkilemesine izin verecek kadar zavallı bir ruha sahip tek bir fizikçi yoktur." İşe bakın ki, o ay Enrico Fermi ve Frédéric Joliot-Curie (Marie Curie'nin damadı) uranyum çekirdeğinin bölünmesi sırasında iki nötronun serbest kalabileceğini keşfetmişti. Bu, insanı şaşkına çeviren bir sonuçtu. Eğer bu iki nötron gidip iki başka uranyum çekirdeğini bölerse, ortaya dört nötron çıkacaktı, sonra sekiz, sonra on altı, sonra otuz iki ve böylece sürüp gidecek, ta ki nükleer gücün hayal dahi edilemeyecek enerjisi bir zincirleme tepkime halinde orta-

ya çıkıncaya kadar. Tek bir uranyum atomunun bölünmesi, saniyenin küçücük bir parçası kadar kısa bir sürede trilyonlar kere trilyonlarca atomun bölünmesini tetikleyerek hayal dahi edilemeyecek miktarlarda nükleer enerjinin açığa çıkmasını sağlayabilirdi. Columbia Üniversitesi'ndeki penceresinden dışarıyı seyreden Fermi, tek bir atom bombasının New York Şehri'nde görebildiği her şeyi yok edebileceğini düşünüyordu.

Yarış başlamıştı. Olayların hızlı gelişmesinden endişe duyan Szilard, atom fiziği alanında öncü konumda bulunan Almanların atom bombasını herkesten önce yapmasından korkuyordu. 1939 yılında Szilard ve Eugene Wigner, Başkan Roosevelt'e verilmek üzere bir mektubu imzalatmak için Long Island'da Einstein'ı ziyaret ettiler.

Dünya tarihinin en önemlilerinden biri olan bu kader mektubu, "E. Fermi ve L. Szilard tarafından yakın zaman önce yapılan ve bana yazılı olarak iletilen bazı çalışmalar, bende çok yakın bir gelecekte uranyum elementinin yeni ve önemli bir enerji kaynağına dönüştürülebileceği yolunda bir ümit doğmasına neden olmuştur" diye başlamaktaydı. Mektup, keyif kaçırıcı bir şekilde Almanya'nın Çekoslovakya'yı işgal ettiğine ve uranyum açısından zengin bir kaynak olan Bohemya uranyum cevherlerine el koyduğuna dikkat çekmekteydi. Sonra mektupta bir uyarı vardı, "Tekne vasıtasıyla taşınan veya bir limanda patlatılan bu türden tek bir bomba, limanın tümünü çevredeki bölgenin bir kısmıyla birlikte pekâlâ yok edebilir. Bununla beraber, böyle bombalar, hava yolu ile taşınamayacak kadar ağır olabilir". Mektup, başkana iletilmek üzere Roosevelt'in danışmanlarından Alexander Sachs'a verildi. Sachs, Roosevelt'e mektubun ne kadar önemli olduğunu anlayıp anlamadığını sorduğu zaman Roosevelt, "Alex, Görevin, Nazilerin bizi havaya uçuramamasını sağlamaktır" diye yanıtlamıştı. Sonra General E. M. Watson'a dönerek, "Bu konuda harekete geçilmesi gerekiyor" demişti. Bütün bir yıl boyunca uranyum üzerinde araştırma yapılması için yalnızca altı bin dolar ödenek ayrıldı. Bununla beraber, 1941 yılının sonbaharında gizli Frisch-Peierls raporunun Washington'a ulaşması ile birlikte, atom bombası konusunda

duyulan ilgide ani bir artış meydana geldi. Bağımsız olarak çalışan İngiliz bilim insanları Einstein tarafından çerçevesi çizilen bütün ayrıntıları onayladılar ve 6 Aralık 1941 tarihinde Manhattan Projesi gizli bir şekilde başladı.

Einstein'ın kara delikler kuramı üzerinde çalışmalar yapmış olan Robert J. Oppenheimer'ın yönetimi altında, dünyadaki en üst düzey yüzlerce bilim insanıyla gizlice temas kurulmuş ve daha sonra New Mexico çöllerindeki Los Alamos'a nakledilmişlerdi. Her büyük üniversitede, Hans Bethe, Enrico Fermi, Edward Teller ve Eugene Wigner gibi bilim insanları, omuzlarına dokunan bir el sonrasında sessizce ayrılmışlardı. (Atom bombası konusundaki yoğun ilgi herkesi memnun etmemişti. Çalışmaları projenin tetiklenmesine yardımcı olan Lise Meitner, bomba üzerindeki herhangi bir çalışmanın parçası olmayı kesin şekilde reddetmişti. O, müttefik ülkelerden Los Alamos'taki gruba katılmayı reddeden tek tanınmış nükleerci bilim insanıydı. Kesin bir şekilde, "Bir bombayla hiçbir ilgim olamaz" demişti. Yıllar sonra, Hollywood senaryo yazarları *Sonun Başlangıcı* adlı filmde, Nazi Almanyasından kaçarken bombanın planlarını cesaretle kaçıran kadın olarak onu ön plana çıkarmaya çalıştıkları zaman, bu hayal ürünü, çirkin çabanın bir parçası olmaktansa "Broadway'de çıplak dolaşmayı tercih ederim" diye yanıtlamıştı).

Einstein, Princeton'daki bütün yakın meslektaşlarının Santa Fe, New Mexico'da gizemli bir posta adresi bırakarak birdenbire ortadan kaybolduğunun farkındaydı. Omzuna hiç kimsenin dokunmadığı Einstein, savaş boyunca Princeton'da oturdu. Bunun nedeni, gizlilik derecesi kaldırılan savaş belgelerinde açıklanıyordu. Bilimsel Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanı ve Roosevelt'in güvenilir danışmanı olan Vannevar Bush, "Bu işin tamamını onun [Einstein] önüne koyabilmeyi çok isterdim. Fakat burada, Washington'da onun bütün geçmişini inceleyen insanların tutumuna bakılırsa bu kesinlikle olanaksız" diye yazmıştı. FBI ve ordu istihbaratı, Einstein'ın güvenilmez olduğuna karar vermişti: "Bu birim, radikal geçmişinin ışığı altında Dr. Einstein'ın çok dikkatli bir soruşturma yapılmaksızın gizli nite-

likteki konularda çalıştırılmasını tavsiye etmemektedir, çünkü onun geçmişine sahip bir insanın bu kadar kısa bir sürede sadık bir Amerikan vatandaşı olması mümkün görülmemektedir." Öyle görünüyor ki FBI, Einstein'ın projenin gayet iyi farkında olduğundan ve aslına bakılacak olursa onun başlamasına yardımcı olduğundan haberdar değildi.

Einstein'ın gizliliği kısa bir süre önce kaldırılan FBI dosyası, 1.427 sayfa içermektedir. Hoover, Einstein'ı ya bir komünist casusu, ya da en iyi olasılıkla bir ahmak olarak hedeflemişti. Teşkilat, onun hakkındaki her dedikodu parçasını büyük bir dikkatle süzgeçten geçirerek dosyaladı. Komiktir ki FBI, sanki ondan korkuyormuşçasına, Einstein'ın kendisi ile yüz yüze gelmeyi garip bir şekilde ihmal etmişti. Bunun yerine ajanlar, onun etrafındakilerle görüşmeyi ve onları taciz etmeyi yeğlediler. Bunun sonucunda FBI, her çatlak ve paranoyaktan gelen yüzlerce mektubun depolandığı bir yer oldu. Einstein'ın bir tür ölüm ışını üzerinde çalıştığını öne süren ihbarlar özellikle dosyalanmıştı. 1943 yılının Mayıs ayında Deniz Kuvvetleri'nden bir teğmen, ABD Donanması için silah ve yüksek güçlü patlayıcılar üzerinde çalışmak isteyip istemeyeceğini sormak için onu aradı. Teğmen, "İhmal edildiği için çok üzgündü. Savaş konusunda herhangi bir çalışma yapmak üzere hiç kimse tarafından aranmamıştı" diye yazmıştı. Daima hazırcevap olan Einstein, saç tıraşı yaptırmak zorunda kalmadan Donanma'ya katıldığını söylemişti.

Müttefiklerin bir atom bombası yapmak için harcadıkları yoğun çaba, Almanların bombayı daha önce yapabilecekleri konusunda duyulan korkudan beslenmekteydi. İşin gerçeği, Almanların savaş çabaları için çok yetersiz personel ve parasal kaynak tahsis edilmiş durumda olmasıydı. Almanya'nın en büyük kuantum fizikçisi olan Werner Heisenberg, Alman projesi üzerinde çalışmak üzere bir grup bilim insanının başına getirilmişti. 1942 yılının sonbaharında Alman bilim insanları bir atom bombası üretmek için üç yıl daha sürecek yorucu bir çalışma gerekeceğini anladıkları zaman, Nazi silahlanma bakanı Albert Speer projeyi geçici olarak rafa kaldırmaya karar verdi.

Almanya'nın üç yıl içinde savaşı kazanacağını, böylece bombaya duyulan gereksinimin ortadan kalkacağını düşünen Speer, stratejik bir hata yapmıştı. Bununla beraber, nükleer güçle çalışan denizaltılar için kaynak tahsis etmeyi sürdürmüştü.

Heisenberg'in karşısında işlerini güçleştiren başka sorunlar bulunuyordu. Hitler, silah geliştirme dairesinin yalnızca altı ay içerisinde bir sonuca ulaşma olasılığı bulunan silahlar üzerinde çalışmalarını sürdüreceğini beyan etmişti, bu da olanaksız bir sınırlamaydı. Ödenek olmamasının yanı sıra, Alman laboratuarları müttefik kuvvetlerin saldırılarına da hedef oluyordu. 1942 yılında bir komando birliği, Heisenberg'in Norveç'deki Vemork'da bulunan ağır su fabrikasını havaya uçurmayı başardı. Fermi'nin karbon esaslı bir reaktör inşa etme kararının aksine, Almanlar seçimlerini son derece nadir olan uranyum-235 yerine, bol miktarda bulunan doğal uranyumu kullanabilen bir ağır su reaktörü yönünde yapmışlardı. 1943 yılında müttefikler Berlin'i ağır bir bombardıman altına aldıkları zaman, Heisenberg laboratuarını taşımak zorunda kaldı. Kaiser Wilhelm Fizik Enstitüsü tahliye edilerek Stuttgart'ın güneyindeki yamaçlarda bulunan Hechingen kasabasına taşındı. Heisenberg, Almanya'nın reaktörünü yakınlardaki Haigerloch'ta, kayaların içine kazılmış bir mahzende inşa etmek zorunda kaldı. Yoğun baskılar ve bombardıman altında, sürdürülebilir bir zincirleme tepkimeyi asla elde edemediler. Bu arada, Manhattan Projesi'ndeki fizikçiler dört atom bombasına yetecek kadar plütonyum ve uranyum işlemek için harıl harıl çalışmaktaydılar. Alamogordo, New Mexico'da gerçekleştirilecek olan kader patlamasının zamanına kadar her şey hesaplanmıştı. Plütonyum-239 ile yapılan ilk bomba, 1945 yılının Temmuz ayında patlatıldı. Müttefiklerin Nazilere karşı elde ettiği kesin zaferin ardından pek çok fizikçi, geride kalan tek düşman olan Japonlara karşı bombanın gereksiz olacağını düşünüyorlardı. Bazıları, Japonları teslim olmalarının kaçınılmazlığı konusunda uyarmak üzere bir atom bombasının boş bir adada gösteri amaçlı olarak, Japon hükümetinin temsilcilerinden oluşan bir heyet huzurunda patlatılması

gerektiğine inanıyordu. Diğer bazıları, Japonya'ya atom bombası atmaması için Başkan Harry Truman'a bir mektup dahi göndermişti. Ne yazık ki bu mektup asla teslim edilmedi. Bilim adamlarından birisi, Joseph Rotblatt, yaptığı işin sona erdiğini ve bombanın Japonya'ya karşı asla kullanılmaması gerektiğini belirterek atom bombası projesinden istifa dahi etti (Kendisine daha sonra barış alanında Nobel Ödülü verilecekti).

Her şeye karşın Japonya'nın üzerine 1945 Ağustosunda bir değil, iki atom bombası atılmasına karar verildi. Einstein, New York'taki Saranac Gölü'nde tatildeydi. O hafta, Helen Dukas haberleri radyodan öğrendi. Hatırladığına göre bülten, "Japonya üzerine yeni tür bir bomba atıldığını söyledi. Ve sonra onun ne olduğunu anladım, çünkü Szilard olayı üzerinde az da olsa bilgim vardı... Profesör Einstein çay içmek için aşağıya indiği zaman ona anlattım, o da'Oh Weh' [Oh Tanrım] dedi."

Einstein, 1946 yılında Time dergisine kapak oldu. Bu sefer arkasında uğursuz bir şekilde yükselen bir ateş topu görünüyordu. Dünya, bir sonraki savaşın, III. Dünya Savaşı'nın, atom bombalarıyla yapılacağını birdenbire anlamıştı. Buna karşın Einstein, nükleer silahların uygarlığı binlerce yıl geriye götürebilecek olması nedeniyle IV. Dünya Savaşı'nın taşlarla yapılacağına dikkat çekiyordu. O yıl Einstein belki de ilk büyük nükleer karşıtı örgüt olan Atom Bilim İnsanları Acil Durum Komitesi'nin başkanı oldu ve bu komiteyi süregelen nükleer silah üretimine karşı çıkmak ve el üstünde tutulan ülkülerinden birini, dünya devletini savunmak için bir platform olarak kullandı.

Bu arada Einstein, atom ve hidrojen bombalarının yarattığı fırtınanın arasında inatla fiziğe dönerek huzurunu ve akıl sağlığını koruyordu. 1940'lı yıllar boyunca kozmoloji ve birleşik alan kuramı da dahil olmak üzere, kuruluşuna onun yardım ettiği alanlarda öncü çalışmalar hâlâ yapılmaktaydı. Bu, "Tanrının aklındakileri okumak" için onun yaptığı en yeni ve en sonuncu girişimdi.

Savaştan sonra Schrödinger ve Einstein, Atlantiğin iki yanından mektuplaşmayı hararetli bir şekilde sürdürdüler. Kuantum

kuramının bu iki babası, hemen hemen tek başlarına, kuantum mekaniğinin yükselişine karşı direndiler ve birleştirme çalışmaları üzerine odaklandılar. 1946 yılında Schrödinger Einstein'a bir itirafta bulundu, "Sen büyük avların peşindesin. Sen aslan avına çıkmışken ben tavşanlardan bahsediyorum." Schrödinger, Einstein'ın teşviki ile "ilgin alan kuram"* olarak adlandırılan özel bir birleşik alan kuramının arkasından koşmaya devam etti. Schrödinger çok geçmeden kendi kuramını tamamladı ve Einstein'ın ulaşmayı başaramadığı şeyi, ışık ile kütle çekiminin birleştirilmesini başardığını düşünmeye başladı. Yeni kuramının bir "mucize" olduğuna, "Tanrı'nın tümüyle umulmayan bir hediyesi" olduğuna inanıyordu.

İrlanda'da çalışan Schrödinger, kendisini fiziğin ana damarlarından soyutlanmış, bir üniversite idarecisine ve hükmü kalmamış bir insana dönüşmüş gibi hissediyordu. Şimdi, yeni kuramının kendisine ikinci Nobel Ödülü'nü kazandırabileceğine inanmıştı. Aceleyle bir basın toplantısı düzenledi. İrlanda başbakanı Eamon De Valera ve başkaları, onun sunumunu dinlemek için toplandılar. Bir muhabir ona kuramına ne kadar güvendiğini sorduğu zaman cevabı, "Haklı olduğuma inanıyorum. Eğer hatalıysam, o takdirde berbat bir aptal gibi görüneceğim" olmuştu. Bununla beraber Einstein, Schrödinger'in kendisi tarafından yıllar önce bir kenara atılmış bir kuramın arkasından koşmuş olduğunu çabucak anladı. Fizikçi Freeman Dyson'un yazdığı gibi, birleşik alan kuramına giden yol, başarısız denemelerin cesetleri ile doludur.

Einstein, fizik toplumunun geri kalanından büyük ölçüde yalıtılmış olarak, birleşik alan kuramı üzerinde yılmadan çalışmaya devam etti. Kendisine kılavuzluk edecek bir fizik ilkesi mevcut olmadığı için, denklemlerinde güzellik ve zarafet bulmaya çalışacaktı. Bir zamanlar matematikçi G.H. Hardy'nin söylediği gibi, "Ressamların veya şairlerin desenlerine benzeyen matematiksel desenlerin güzel olmaları gerekir. Fikirler, tıpkı

* İlgin alan kuramı = Affine field theory (Ç.N.).

renkler veya kelimeler gibi, birbirlerine ahenkli bir şekilde uymalıdır. Güzellik, birinci sınavdır. Çirkin matematik için hiçbir sürekli yer yoktur." Ancak, elinde birleşik alan kuramı için eşdeğerlik ilkesi gibi bir şey olmayan Einstein, kendisine yol gösterecek bir yıldızdan mahrum kalmıştı. Diğer fizikçilerin dünyayı kendisinin gördüğü gibi görmemelerine hayıflanıyordu ama bu yüzden asla uykularının kaçtığı söylenemezdi. "Yapayalnız, yaşlı bir adam oldum. Çorap giymediği için herkes tarafından tanınan ve fırsat düştükçe tuhaf bir tip olarak gösterilen bir tür yaşlı ve saygıdeğer bir adam. Fakat sıra çalışmaya gelince, her zamankinden daha tutkuluyum ve fizik alanının birliği konusundaki eski problemlerimi çözmüş olma konusunda gerçekten ümitliyim. Yine de bu, insanın binip bulutlarda gezebileceği, fakat gerçekliğe, yani dünyaya nasıl geri döneceğini açıkça göremediği bir hava taşıtının içinde olmak gibi bir şey."

Einstein, kuantum kuramını bir yana bırakıp kendi birleşik alan kuramı üzerinde çalıştığı için enstitünün ana araştırma alanlarından uzak kaldığının farkındaydı. "Kötü kuantumla karşılaşmamak için kafasını ebediyete kadar görelilik kumunun içine sokan bir devekuşuna benziyor olmalıyım" diye hayıflanıyordu. Yıllar geçtikçe diğer fizikçiler onun yaşlanmış olduğunu ve çağın gerisinde kaldığını fısıldaşıyorlardı, fakat bu onu rahatsız etmiyordu. "Ben bir bakıma yılların körleştirip sağırlaştırdığı, fosilleşmiş bir nesne olarak görülüyorum. Bu rolü çok sevimsiz bulmuyorum, çünkü benim karakterimle çok iyi şekilde örtüşüyor" diye yazmıştı.

1949 yılında, yetmişinci yaş gününde, enstitüde Einstein'ın onuruna özel bir kutlama düzenlendi. Kendi zamanlarının en büyük fizikçisine övgüler düzmek ve onuruna hazırlanacak bir kitaba makaleleriyle katkıda bulunmak için pek çok fizikçi geldi. Bununla beraber bazı konuşmacıların ses tonundan ve basınla yapılan röportajlardan anlaşıldığına göre, bunların bazıları Einstein'ı kuantum kuramına karşı olması nedeniyle eleştirmekteydi. Einstein taraftarları bu durumdan hiç hoşnut olmadılar, fakat Einstein bunu babacan bir tavırla karşıladı. Aile dostların-

dan Thomas Bucky, "Oppenheimer, bir magazin makalesinde 'Çok yaşlandı. Artık hiç kimse onu dikkate almıyor' gibi ifadeler kullanarak Einstein ile alay etti. Kendisine bu yüzden çok sinirlenmiştik. Fakat Einstein hiç de kızmadı. Bunlara hiç inanmamıştı ve daha sonra Oppenheimer bu sözleri söylediğini inkâr etti" diye yazmıştı.

Einstein'ın tarzı, kendisini eleştirenlere ihtiyatla yaklaşmak şeklindeydi. Onuruna hazırlanan kitap ortaya çıktığı zaman, keyifli bir şekilde "Bu benim için bir jübile kitabı değil, suçlama" diye yazmıştı. Yeni fikirlerin zor bulunur olduğunu ve kendisinin de gençliğinde olduğu kadar fikir üretemediğini bilecek kadar görmüş geçirmiş bir bilim adamıydı. "Gerçekten yeni olan herhangi bir şey, insanın gençliğinde icat ediliyor. İnsan daha sonraları daha deneyimli, daha ünlü oluyor – ve daha aptal" diye yazmıştı.

Bununla beraber, birleştirmenin evrenin büyük resimlerinden biri olduğunu ortaya koyan ipuçlarını her yerde görmekte oluşu, onun devam etmesine yol açıyordu. "Doğa, bize aslanın yalnızca kuyruğunu gösteriyor. Fakat hiç kuşkum yok ki, muazzam büyüklükte olması nedeniyle kendisini bir anda gösteremese dahi, onun ucunda bir aslan bulunuyor" diye yazmıştı. Her gün, uyandığı zaman kendi kendine basit bir soru sorardı: Eğer o, Tanrı olsaydı, evreni nasıl yaratırdı? Aslında, bir evren yaratmak için gerek duyulan bütün kısıtlamalar dikkate alındığında, kendi kendine başka bir soru daha sorardı: Tanrının başka bir seçeneği var mıydı? Evrene göz gezdirirken gördüğü her şey, ona birleştirmenin doğadaki en büyük resim olduğunu, Tanrının kütle çekimini, elektriği ve manyetizmayı ayrı varlıklar haline getiren bir evren yaratmış olamayacağını söylemekteydi. Onda bulunmayan şeyin yol gösterici bir ilke, birleşik alan kuramına giden yola ışık tutacak fiziksel bir resim olduğunu biliyordu. Bunlar hiçbir zaman ortaya çıkmadı.

Özel görelilikte resim, bir ışık demeti ile yarışan on altı yaşında bir gence aitti. Genel görelilikte ise, oturduğu sandalyede geriye yaslanan, düşmek üzere olan bir adam veya eğri bir

yüzey üzerinde yuvarlanan bilyelerdi. Bununla beraber, birleşik alan kuramı söz konusu olduğu zaman böyle bir yol göstereni yoktu. Einstein'ın "Tanrı kurnazdır, fakat kötü niyetli değildir" sözü ün kazanmıştır. Birleştirme problemi üzerinde o kadar yıl çalıştıktan sonra, asistanı Valentine Bargman'a bir itirafta bulundu, "Bir kez daha düşündüm. Belki de Tanrı kötü niyetlidir."

Tüm fizik alanındaki en zor probleminin bir birleşik alan kuramı bulmak için harcanan çaba olduğu biliniyor olsa da, bu konu aynı zamanda fizikçiler açısından en büyüleyici konuydu ve pek çok fizikçiyi baştan çıkartmaktaydı. Birleşik alan kuramı konusunda Einstein'ı en şiddetli şekilde eleştiren kişiler arasında bulunan Wolfgang Pauli'nin en sonunda kendisinin de bu hastalığa yakalanmış olması komiktir. 1950'li yılların sonlarına doğru hem Heisenberg ve hem de Pauli, birleşik alan kuramının Einstein'ı otuz yıldır oyalayan sorunları ortadan kaldırabilecek bir sürümü üzerinde giderek artan bir ilgiyle çalışmaktaydılar. Aslında Pais, "Heisenberg, parçacık fiziğinin tamamını temel bir doğrusal olmayan dalga denkleminden türetmek için 1954 yılından ölümüne (1976) kadar yoğun çabalar içine gömülmüştü" diye yazmaktadır. 1958 yılında Columbia Üniversitesi'ni ziyaret eden Pauli, birleşik alan kuramının Heisenberg-Pauli sürümüne dair bir sunuş yapmıştı. Dinleyicilerin konuya şüphe ile yaklaştığını belirtmeye gerek yok. Dinleyenler arasında bulunan Niels Bohr, sunuşun sonunda ayağa kalkarak "Arkada oturan bizler, kuramınızın çılgınca olduğuna inanıyoruz. Fakat üzerinde anlaşamadığımız şey, kuramınızın yeterince çılgınca olup olmadığıdır" demişti.

Dinleyiciler arasında bulunan fizikçi Jeremy Bernstein ise, "Bu, modern fiziğin iki devi arasındaki esrarengiz bir çarpışmaydı. Fizikçi olmayan bir ziyaretçinin bundan ne anlam çıkartabileceğini düşünüp durdum" yorumunu yapmıştı. Nihayet Pauli, çok fazla hata içerdiğini düşündüğü kuramdan ümidini kesti. Pauli, kuram üzerindeki çalışmaları ilerletmek konusunda ısrarcı olan çalışma arkadaşı Heisenberg'e bir mektup göndererek zarfın içine boş bir sayfa ekledi ve eğer bu kuram gerçekten

bir birleşik alan kuramıysa, o boş sayfanın da Titian'a* ait bir eser olduğunu yazdı.

Birleşik alan kuramının gelişimi her ne kadar zor ve yavaş olsa da, Einstein'ı meşgul etmeye yetecek kadar çok sayıda ilginç yenilikler de ortaya çıkmaktaydı. Bunlar arasında en garip olanlardan birisi, zaman makineleriydi.

Newton'a göre zaman, bir ok gibiydi. Bir kez fırlatılınca, yolundan asla şaşmadan düz bir çizgi üzerinde ilerlerdi. Dünya üzerindeki bir saniye, dış uzaydaki bir saniyeye eşitti. Zaman mutlaktı ve evrenin her tarafında aynı şekilde ilerlerdi. Olaylar, evrenin her yanında eşzamanlı olarak meydana gelebilirdi. Buna karşın Einstein, Dünya üzerindeki bir saniyenin Ay üzerindeki bir saniyeye eşit olmadığı göreli zaman kavramını ortaya attı. Zaman, gezegenlerin ve yıldızların arasından dolana dolana akıp giden, civardaki gök cisimlerinin yanından geçerken yavaşlayan bir nehir gibiydi. Matematikçi Kurt Gödel, şimdi zaman nehrinin girdaplar meydana getirip getirmeyeceği ve geriye dönüp dönmeyeceği sorusunu ortaya atmıştı. Veya, iki paralel nehre bölünüp bir paralel evren yaratabilir miydi? Einstein'ın enstitüde komşusu ve muhtemelen yüzyılın en büyük matematiksel mantıkçısı olan Gödel 1949 yılında Einstein'ın denklemlerinin zamanda yolculuğa olanak sağladığını gösterdiği zaman, Einstein bu soru ile yüzleşmek zorunda kalmıştı. Gödel, bir gazla dolu ve dönmekte olan bir evrenle işe başladı. İnsan eğer bir roketle yola çıkar ve bütün evrenin çevresini dolaşırsa, yola çıktığı zamandan önce dünyaya geri dönmesi mümkündü! Başka bir deyişle zaman yolculuğu, insanın evren çevresindeki bir yolculuk sırasında düzenli şekilde zamanda geriye doğru gidecek olduğu Gödel'in evreni için doğal bir olay olurdu.

Bu, Einstein'ı sarstı. O zamana kadar Einstein'ın denklemlerine çözüm bulmak için çaba harcayanlar, her seferinde veriler-

* Titian: Ülkemizde Tiziano Vecellio adıyla tanınan İtalyan ressam (Pieve di Cadore, 1477 - Venedik, 1576).

le uyumlu görünen çözümlere ulaşmışlardı. Merkür'ün günberisi, kızıla kayma, yıldız ışığının bükülmesi, bir yıldızın kütle çekimi ve benzeri şeylerin hepsi, deneysel verilere gayet iyi şekilde uymaktaydı. Şimdi ise denklemleri, zamana ilişkin bütün inandıklarımıza başkaldıran sonuçlar veriyordu. Eğer zamanda yolculuk sıradan bir işlem idiyse, tarihin yazılması asla mümkün olamazdı. Geçmiş, birilerinin zaman makinesine her girişinde değişen koşullara bağlı olarak değiştirilebilirdi. Daha da kötüsü, birileri bir zaman ikilemi yaratarak evreni yok edebilirdi. Ya zaman içerisinde geriye giderek siz daha doğmadan önce ebeveynlerinizi vurursanız? Bu biraz sorun yaratabilirdi, çünkü eğer ebeveynlerinizi öldürürseniz siz nasıl olur da doğabilirdiniz? Zaman makineleri, fiziğin el üstünde tutulan ilkelerinden biri olan nedensellik ile de çelişmekteydi. Einstein, nedenselliğin yerine olasılıkları getirmesi nedeniyle kuantum kuramını beğenmiyordu. Şimdi de Gödel, nedenselliği tamamen ortadan kaldırmaktaydı! Einstein, uzun uzun düşündükten sonra gözlemsel verilerle uyuşmadığına dikkat çekerek Gödel'in çözümünü reddetti: Evren dönmüyor, genişliyordu, bu nedenle zamanda yolculuk, hiç olmazsa şimdilik bir kenara bırakılabilirdi. Fakat bu, eğer evren genişlemeyip de dönüyor olsaydı zaman yolculuğunun alelade bir olay olacağı olasılığına açık kapı bırakmaktaydı. Bununla beraber, zamanda yolculuk kavramının önemli bir araştırma alanı olarak canlanması için bir elli yıl daha geçmesi gerekecekti.

1940'lı yıllar, kozmoloji alanında da çalkantılı yıllardı. Savaş sırasında Einstein'ın ABD Deniz Kuvvetleri ile bağlantısını sağlayan George Gamow, patlayıcı tasarımına daha az ilgi duymakta ve patlamaların en büyüğü olan Büyük Patlama konusunda sorular sormaktaydı. Gamow, kendi kendine kozmolojiyi alt üst edecek birkaç soru soracaktı. Büyük Patlama kuramını mantıksal çıkarımları doğrultusunda ilerletiyordu. Eğer evren gerçekten coşkulu bir patlama sonucunda doğmuşsa, o ilk ateş topundan geride kalan sıcaklığı algılamanın bir yolu olması gerektiği şeklinde kurnazca bir yorum yapmıştı. Büyük Patlama'dan geriye kalan bir "yaratılışın yankısı" var olmalıydı. Sıcak bir cismin

rengi ile sıcaklığı arasında bir ilişki olması gerektiğini, çünkü her ikisinin de farklı şekillerde enerji olduğunu kanıtlayan Boltzmann ve Planck'ın çalışmalarından yararlandı. Örneğin bir cismin sıcaktan kızarmış olması, sıcaklığının yaklaşık 3000 derece Celsius olduğu anlamına geliyordu. Eğer bir cisim sıcaktan sararmış (güneşimiz gibi) ise, sıcaklığı kabaca 6000 derece Celsius (güneşimizin yüzeyindeki sıcaklık) dolaylarındadır. Benzer şekilde vücutlarımız ılıktır, bu nedenle vücutlarımızın kızılötesi ışınıma karşılık gelen "rengini" hesaplayabiliriz (Orduda kullanılan gece görüşlü dürbünler, ılık vücutlarımızın yaydığı kızılötesi ışınımı algılayarak çalışır). Daha 1948 yılında Gamow grubunun iki üyesi, Robert Herman ve Ralph Adler, Büyük Patlama'nın milyarlarca yıl önce meydana geldiğini göz önünde bulundurarak Büyük Patlama'dan geriye kalan ışınımın mutlak sıfırdan 5 derece yukarda olacağını dikkat çekici bir doğrulukla hesapladılar. Bu ışınım, mikrodalga ışınımına karşılık gelmektedir. Dolayısıyla, "yaratılışın rengi", mikrodalga ışınımıdır (Onlarca yıl sonra bulunan ve mutlak sıfırın 2,7 derece üzerinde olduğu belirlenen bu mikrodalga ışınımı, kozmoloji alanında tam bir devrim yaratacaktı).

Princeton'da görece yalıtılmış olmasına karşın Einstein, genel görelilik kuramının kozmoloji, kara delikler, çekim dalgaları ve diğer alanlarda çok çeşitli araştırma yolları yarattığını görecek kadar yaşamıştı. Bununla beraber, yaşamının son yılları üzüntülerle de doluydu. 1948 yılında Mileva'nın akıl hastası olan oğullarına bakmakla geçen uzun ve zor bir yaşamın ardından, Eduard'ın geçirdiği bir nöbet sırasında bir inme sonucunda öldüğünü öğrendi (Sonradan yatağının içine saklanmış 85.000 frank nakit bulunmuştu. Zürich'teki dairelerden kalan son para olduğu anlaşılan bu meblağ, Eduard'ın uzun dönem bakımına yardımcı olarak kullanıldı). 1951 yılında kız kardeşi Maja öldü.

Einstein'ın 1921 yılındaki zafer dolu Amerika gezisini organize eden Chaim Weizmann, İsrail cumhurbaşkanı olduktan sonra 1952 yılında öldü. O sırada İsrail başbakanı olan David Ben-Gurion, beklenmedik bir şekilde Einstein'a İsrail Cumhur-

başkanlığını önerdi. Büyük bir onur olsa da, reddetmek zorundaydı.

1955 yılında Einstein, özel görelilik konusundaki görüşlerini geliştirmek için kendisine yardımcı olan Michele Besso'nun ölüm haberini aldı. Besso'nun oğluna yazdığı dokunaklı bir mektupta Einstein, şunları söylüyordu, "Michele'in en takdir ettiğim yönü, bu kadar yıl boyunca tek bir kadınla yalnızca huzur içinde değil, ayrıca sürekli bütünlük içinde yaşamayı başarmış olmasıdır. Ben bu konuda ne yazık ki iki kez başarısız oldum. ... Yani, bu garip dünyayı terk ederek bir kez daha benden önce davranmış oldu. Bu bir şey ifade etmez. Çünkü fiziğe inanan bizler için geçmiş, şimdiki zaman ve gelecek arasındaki bu ayrım, ne kadar kalıcı görünürse görünsün, yalnızca bir yanılsamadan ibarettir."

Sağlık sorunları ile karşılaştığı o yıl, "Yaşamı yapay şekilde uzatmak çok tatsız bir şey. Payıma düşeni yaptım, gitme zamanı geldi. Bunu şık bir şekilde yapacağım" demişti. Einstein 18 Nisan 1955 tarihinde anevrizma nedeniyle öldü. Ölümünün ardından karikatürist Herblock *Washington Post* gazetesinde, üzerinde "Albert Einstein burada yaşadı" yazan bir tabela ile dünyanın dış uzaydan görünüşünü resmeden duygulu bir karikatür yayımlamıştı. O gece dünyanın her yanındaki gazeteler, Einstein'ın masasının bir fotoğrafını birbirine aktardı. Masanın üzerinde onun en büyük bitmemiş kuramının, birleşik alan kuramının taslakları bulunmaktaydı.

9

Einstein'in Kehanet Dolu Mirası

BİYOGRAFİ YAZARLARININ büyük bölümü, Einstein'ın yaşamının bir dâhiden beklenmeyen bir utanç, gümüş bir geçmişin üzerindeki bir leke olarak gördükleri son otuz yılını sanki sözleşmiş gibi göz ardı eder. Buna karşın, son birkaç on yıl içerisinde ortaya çıkan bilimsel gelişmeler, bize Einstein'ın mirası için yeni bakış açıları vermektedir. Çalışmalarının böylesine temel nitelikte olduğu, insanlığın bilgilerini böylesine temelden şekillendirdiği için, Einstein'ın etkisi hâlâ fiziğin her yanında yankılanmaya devam etmektedir. Uzay teleskopları, X ışınlı uzay gözlemevleri ve lazerler gibi cihazlarımız on yıllar önce yaptığı çeşitli öngörüleri doğrulayacak düzeyde güçlendiği ve hassaslaştığı için, Einstein tarafından ekilen tohumların çoğu yirmi birinci yüzyılda filizlenmeye başlamıştır.

Aslına bakılacak olursa, Einstein'ın tabağından yere dökülen kırıntılar, şimdi başkalarına Nobel Ödülleri kazandırmaktadır. Üstelik, süper sicim kuramının yükselişi ile birlikte, Einstein'ın bir zamanlar küçümseyici ve aşağılayıcı yorumlara konu olan

bütün kuvvetlerin birleştirilmesi görüşü şimdi kuramsal fizik dünyasının ilgi odağı olmaya başlamıştır. Bu bölümde, Einstein'ın gücünü hiç yitirmeyen mirasının fizik dünyasında hâkimiyetini sürdürdüğü üç alanda meydana gelen yeni gelişmeler incelenecektir: Kuantum kuramı, genel görelilik ve birleşik alan kuramı.

Einstein 1924 yılında Bose-Einstein yoğunlaşması konulu makalesini yazdığı sırada bu ilginç olayın yakın bir gelecekte keşfedileceğini düşünmüyordu. Bütün kuantum durumlarının çökerek dev bir süper atom oluşturması için malzemelerin mutlak sıfır civarına kadar soğutulması gerekliydi.

1995 yılında Ulusal Standartlar Enstitüsü'nden Eric A. Cornell ve Colorado Üniversitesi'nden Carl E. Weiman tam olarak bunu yaptılar, mutlak sıfırdan bir derecenin yirmi milyarda biri kadar üzerindeki bir sıcaklıkta 2.000 rubidyum atomundan meydana gelen katıksız bir Bose-Einstein yoğunlaşması meydana getirdiler. Buna ek olarak MIT'den Wolfgang Ketterle, bağımsız çalışmalar sonucunda, birbirleri ile eşgüdüm içinde bulunan atomların uyumlu girişim desenleri sergilediğini kanıtlamak gibi önemli deneyler yapmaya yetecek sayıda sodyum atomu kullanarak Bose-Einstein yoğunlaşmaları üretti. Başka bir deyişle bu atomlar, yetmiş yıl önce Einstein tarafından öngörülen süper atom gibi davranmaktaydılar.

İlk duyurudan bu yana, hızlı bir gelişme içinde olan bu alandaki keşifler hızla gerçekleşti. 1997 yılında Ketterle ve MIT'den çalışma arkadaşları, Bose-Einstein yoğunlaşmasını kullanarak dünyanın ilk "atom lazeri"ni yaptılar. Normal ışığın karma karışık ve bağlantısız olmasına karşın lazer ışığına o harikulade özellikleri kazandıran şey, fotonların hep birlikte, uygun adımla hareket etmesidir. Madde ayrıca dalga benzeri özelliklere de sahip olduğu için, fizikçiler atom demetlerinin de "laze" edilebileceğini* düşünseler de, elde Bose-Einstein yoğunlaşmalarının bulunmaması bu yöndeki gelişmeleri engellemekteydi. Bu fizik-

* Lazc: Lazer benzeri özellikler göstermeyi ima eden bir kelime oyunu olarak kullanılmıştır (Ç.N.).

çiler, başarıyı bir tutam atomu yoğunlaşıncaya kadar soğutmak suretiyle elde ettiler. Sonra, bu yoğunlaşmaya bir lazer ışını tutarak atomları eşzamanlı hareket eden bir demete dönüştürdüler.

Cornell, Weiman ve Ketterle, 2001 yılında fizik dalında Nobel Ödülü kazandılar. Nobel Ödülü komitesinin gerekçesinde "alkali atomların seyreltik gazlarında Bose-Einstein yoğunlaşmasının elde edilmesi ve yoğunlaşmaların özellikleri konusundaki ilk temel araştırmalar dolayısıyla" yazmaktaydı. Bose-Einstein yoğunlaşmalarının pratik uygulamaları daha yeni anlaşılınaya başlamıştır. Bu atom lazeri demetleri, nanoteknolojiye uygulandığı zaman gelecekte çok faydalı olabilir. Bunlar, gelecekte atomları bireysel olarak işlemek ve bilgisayarların yarı iletkenlerinde atomik katmanlar yaratmak için kullanılabilir.

Bazı fizikçiler, Bose-Einstein yoğunlaşmalarının atom lazerlerinin yanı sıra, ileride silikon tabanlı bilgisayarların yerini alabilecek kuantum bilgisayarlarının (bireysel atomlardan yararlanarak hesap yapan bilgisayarlar) temelini oluşturabileceğini öngörmektedirler. Bazıları da, karanlık maddenin kısmen Bose-Einstein yoğunlaşmalarından meydana gelebileceğini ileri sürdü. Eğer öyleyse, maddenin bu zor anlaşılan durumu, evrenin büyük bir kısmını meydana getiriyor olabilirdi.

Einstein'ın katkıları, kuantum fizikçilerini kuramın orijinal Kopenhag yorumuna duydukları bağlılık konusunda yeniden düşünmeye de zorlamıştır. Kuantum fizikçilerinin Einstein'ın arkasından dudak büktüğü 1930'larda ve 1940'larda, kuantum fiziği alanında neredeyse her gün bu kadar çok keşifte bulunulması sonucu, kuantum fiziğinin bu devini göz ardı etmeleri kolaydı. Fizikçiler Nobel Ödüllerini ağaçtan elma toplar gibi toplamak için koşuşturup dururken, kuantum kuramının temelleri üzerine düşünmek için kimin zamanı vardı ki? Her biri kendi başına kocaman bir sanayi yaratabilecek metallerin, yarı iletkenlerin, sıvıların, kristallerin ve diğer malzemelerin özelliklerine ilişkin yüzlerce hesaplama, artık yapılabilmekteydi. Bunun sonucu olarak fizikçiler, on yıllardır Kopenhag ekolüne uyum sağlamışlar, halının altında daha derinde yanıtsız duran felsefi soruları bir yana itmişlerdi. Bununla beraber, maddeye

ilişkin "kolay" soruların çoğu artık yanıtlanmış olsa da, Einstein'ın ortaya attığı çok daha zor sorular hâlâ yanıtsız beklemektedir. Özellikle, fizikçiler bölüm 7'de anlatılan kedi problemini yeniden inceledikçe bütün dünyada çok sayıda uluslar arası konferans düzenlenmektedir. Şimdi deneyselciler bireysel atomlar üzerinde işlem yapabildikleri için, kedi problemi artık yalnızca akademik bir soru değildir. Aslında geleceğin bilgisayarları bireysel atomlardan yapılmış transistörler kullanabileceği için, dünya üzerindeki zenginliğin büyük bir bölümünden sorumlu olan bilgisayar teknolojisinin kaderi bu problemin çözümüne bağlı olabilir.

Bütün seçenekler arasında Bohr'un Kopenhag ekolü, Bohr'un orijinal yorumundan herhangi bir deneysel sapma mevcut olmamasına karşın artık kedi problemi için en az çekiciliğe sahip yanıt olarak kabul edilmektedir. Kopenhag ekolü, çevremizde gördüğümüz ağaçlar, dağlar ve insanlardan meydana gelen normal, makroskobik dünyayı kuantumun ve dalgaların gizemli, sezgisel olmayan dünyasından ayıran bir "duvar" bulunduğunu kabul etmektedir. Mikroskobik dünyada atom altı parçacıklar, var olmak ile olmamak arasındaki bir alt durumda bulunurlar. Bununla beraber duvarın bizim yaşadığımız öbür yanında bütün dalga fonksiyonları çökmüştür, bu nedenle bizim makroskobik evrenimiz kesin ve iyi tanımlanmış gibi görünür. Başka bir deyişle, gözlemciyi gözlenenden ayıran bir duvar mevcuttur.

Aralarında Nobel Ödülü sahibi Eugene Wigner'in de bulunduğu bazı fizikçiler, daha da ileri gitti. Gözlem yapmanın temel öğesinin bilinç olduğunu vurguluyordu. Bir gözlem yaparak kedinin gerçekliğine karar vermek için bilinçli bir gözlemci gerekir. Fakat, gözlemciyi kim gözlemler? Gözlemcinin de hayatta olduğunu belirlemek üzere başka bir gözlemciye ("Wigner'in arkadaşı" olarak adlandırılır) daha ihtiyacı vardır. Fakat bu, her biri diğerini gözlemleyen, her biri kendinden önceki gözlemcinin hayatta ve iyi olduğunu belirleyen sonsuz bir gözlemciler zinciri anlamına gelir. Wigner açısından bu, belki de evrenin özelliklerini belirleyen bir kozmik bilincin varlığı anlamına gelmekteydi. "Dış dünyanın araştırılması sonucunda, bilincin içeri-

ğinin mutlak gerçeklik olduğu yargısına ulaşılmaktadır" demiştir. Dolayısıyla bazıları, bunun Tanrı'nın veya bir tür kozmik bilincin var olduğu veya evrenin kendisinin bir şekilde bilinçli olduğunu kanıtladığını öne sürmüştür. Planck, şöyle demiştir: "Doğa'nın mutlak gizemini bilim çözemez. Ve bunun nedeni de, son çözümlemede bizim çözmeye çalıştığımız gizemin bir parçası olmamızdır."

Geçen on yıllar boyunca başka yorumlar da önerilmiştir. 1957 yılında, o sıralarda bir lisans üstü öğrencisi olan Hugh Everett, olası bütün evrenlerin aynı anda var olduğunu ifade ederek kedi probleminin belki de en radikal çözümü olan "çoğul dünyalar" kuramını ileri sürmüştür. Kedi, gerçekten aynı anda hem canlı, hem de ölü olabilirdi, çünkü evrenin kendisi iki evrene bölünmüştü. Evrenin her kuantum anında sürekli olarak iki kola ayrıldığı, sonsuz sayıda kuantum evrene dönüştüğü anlamına geldiği için bu fikrin çıkarımları epeyce rahatsız edicidir. Başlangıçta öğrencisinin fikrini hararetle destekleyen Wheeler dahi, sonradan çok fazla "metafizik yük" içerdiğini söyleyerek geri adım atmıştır. Örneğin, bir kozmik ışının Winston Churchill'in annesinin rahmine girerek düşüğe neden olduğunu düşünün. Böylece bir kuantum olay, bizi Churchill'in İngiltere halkını ve dünyayı Adolf Hitler'in ölüm saçan kuvvetlerine karşı seferber etmek üzere asla yaşamadığı bir evrenden ayırmaktadır. Bu paralel evrende belki de II. Dünya Savaşı'nı Naziler kazanmış ve dünyanın büyük bir kısmını esir almıştır. Veya öyle bir dünya düşünün ki, kuantum olaylar tarafından tetiklenen bir güneş fırtınası tarafından 65 milyon yıl önce yolundan çıkartılan bir kuyruklu yıldız veya meteor, Meksika'nın Yucatan Yarımadası'na asla düşmemiş ve dinozorları yok etmemiş olsun. Bu paralel evrende insanlar asla ortaya çıkmamıştır ve benim şu anda yaşadığım Manhattan, sağa sola saldıran dinozorlarla doludur.

Olası evrenlerin hepsini düşünmeye kalkışınca insanın başı dönüyor. Kuantum kuramının çeşitli yorumları üzerinde on yıllarca sürüp giden sonuçsuz tartışmaların ardından, İsviçre'nin Bern kentindeki CERN nükleer laboratuarında çalışan bir fizikçi

olan John Bell, 1965 yılında Einstein'ın kuantum kuramına ilişkin eleştirilerini kesin şekilde kanıtlayacak veya çürütecek olan bir deneyi çözümledi. Bu, asit testi* olacaktı. Einstein tarafından on yıllar önce ortaya atılan derin felsefi sorulara sempatiyle yaklaşıyordu ve sorunu kökünden çözecek bir kuram önerdi (Bell'in kuramı, eski EPR deneyinin bir varyasyonunun yeniden incelenmesine ve zıt yönlerde hareket eden iki parçacık arasındaki ilişkinin çözümlenmesi esası üzerine kuruludur). Güvenilebilir ilk deney, 1983 yılında Paris Üniversitesi'nden Alain Aspect tarafından yapılmış ve sonuçlar kuantum mekaniği açısından doğrulanmıştır. Einstein'ın kuantum kuramına ilişkin eleştirileri, haklı değildi.

Fakat eğer Einstein'ın kuantum kuramına ilişkin eleştirileri göz ardı edilebiliyorsa, mevcut çeşitli kuantum mekaniği ekollerinden hangisi doğruydu? Günümüz fizikçilerinin çoğu, Kopenhag ekolünün ne yazık ki tamamlanmamış olduğu görüşündedirler. Bohr'un mikroskobik dünyayı makroskobik dünyadan ayıran duvarı, atomları tek tek kontrol edebildiğimiz günümüz dünyasında artık geçerli görünmemektedir. Tek tek atomların yerini değiştirebilen "taramalı tünelleme mikroskopları", atomlar vasıtasıyla "IBM" harflerini oluşturmak ve işleyen bir abaküs yapmak için kullanılmıştır. Bunun yanında, atomların yönetilmesi esasına dayalı yepyeni ve "nanoteknoloji" olarak adlandırılan bir teknoloji alanı yaratılmıştır. Schrödinger'in kedi deneyi gibi deneyler, artık tek atomlar üzerinde yapılabilmektedir.

Bütün bunlara karşın, kedi problemi için bütün fizikçileri tatmin edecek bir çözüm hâlâ ortada yoktur. Bununla beraber, Bohr ile Einstein'ın Solvay Konferansı'nda çatışmalarından neredeyse seksen yıl sonra aralarında Nobel ödülü sahiplerinin de bulunduğu bazı önde gelen fizikçiler, kedi problemini çözmek için "dekoherans"** fikri üzerinde birleştiler. Dekoherans, bir kedinin dalga fonksiyonunun epeyce karmaşık olduğu,

---

* Bir şeyin sonucunu tayin eden, kesin karar vermeyi sağlayan test (Ç.N.).

** Dekoherans: İng. decoherence: farklılaşma, yabancılaşma, uyumluluğun, insicamın ortadan kalkması. (Ç.N.)

çünkü gerçekten astronomik bir sayı olan 10^{25} atom içerdiği gerçeği ile başlar. Bu nedenle, canlı bir kedinin dalgası ile ölü bir kedinin dalgası arasındaki girişim, epeyce yoğundur. Bu da, iki dalga fonksiyonunun aynı anda aynı uzayda mevcut olabileceği, fakat birbirlerini asla etkileyemeyecekleri anlamına gelir. İki dalga fonksiyonu birbirini "dekohere" etmiştir ve artık birbirlerinin varlığını algılamamaktadır. Dekoheransın bir türünde dalga fonksiyonları tıpkı Bohr tarafından öne sürüldüğü gibi asla çökmemektedir. Basitçe birbirlerinden ayrılırlar ve ne olursa olsun birbirleri ile bir daha asla etkileşmezler.

Nobel Ödülü sahibi Steven Weinberg, bunu radyo dinlemeye benzetir. Bir düğmeyi çevirerek art arda pek çok radyo istasyonunu dinleyebiliriz. Her frekans diğerlerinden dekohere olmuştur, böylece istasyonlar arasında hiçbir girişim yoktur. Odamız aynı anda pek çok radyo istasyonundan gelen, her biri kendi başına bir bilgi dünyası olan sinyallerle doludur, fakat bunlar birbirleri ile etkileşmezler. Radyomuz da bir seferde sadece birini dinlememize olanak sağlar.

Dalga fonksiyonunu "çökertmek" yoluna sapmadan kedi problemini çözmek için alelade dalga kuramının kullanılabileceği anlamına geldiği için, dekoherans çekici gelmektedir. Bu resimde, dalgalar asla çökmez. Bununla beraber, bunun insanı rahatsız edici nitelikte mantıksal çıkarımları vardır. Son çözümlemede dekoherans, bir "çoğul dünyalar" yorumuna işaret etmektedir. Fakat şimdi birbirleri ile girişim yapmayan radyo frekansları yerine, elimizde birbirleri ile etkileşim kurmayan evrenler bulunmaktadır. Garip gelebilir, fakat bu, bu kitabı okumakta olduğunuz odanın içinde II. Dünya Savaşı'nı Nazilerin kazandığı, insanların garip lisanlar konuştuğu, dinozorların kavga ettiği, uzaylıların dünya üzerinde dolaştığı veya dünyanın hiç var olmadığı paralel evrenlerin dalga fonksiyonlarının bulunduğu anlamına gelmektedir. Radyomuz yalnızca içinde yaşadığımız tanıdık dünyaya ayarlanabilir, fakat bu odanın içinde çılgın, garip dünyaların bizimki ile birlikte var olduğu başka "radyo istasyonları" da vardır. Oturma odalarımızda yürüyen bu dinozorlarla, canavarlarla ve uzaylılarla etkileşime gireme-

yiz, çünkü onlardan farklı bir "radyo" frekansında yaşamaktayız ve onlardan dekohere olmuş durumdayız. Nobel Ödülü sahibi Richard Feynman'ın dediği gibi, "Kuantum mekaniğini hiç kimsenin anlamadığını söylersem herhalde hata etmiş olmam."

Her ne kadar Einstein'ın eleştirileri kuantum kuramının gelişme hızının artmasına yardımcı olmuş fakat onun ikilemleri için tatmin edici bir çözüm getirmemişse de, onun fikirlerinin doğruluğu başka yerlerde, özellikle genel görelilikte kanıtlanmıştır. Atom saatlerinin, lazerlerin ve süper bilgisayarların hüküm sürdüğü bir çağda bilim insanları, genel görelilik için Einstein'ın yalnızca rüyasında görebileceği düzeyde yüksek doğruluğa sahip deneyler tasarlamaktadır. Örneğin 1959 yılında Harvard'dan Robert V. Pound ve G. A. Rebka, Einstein'ın çekimsel kızıla kayma öngörüsünü, yani saatlerin bir çekim alanında farklı hızlarda çalıştığını, laboratuarda kanıtladılar. Radyoaktif kobalt aldılar ve Harvard'daki Lyman Laboratuarı'nın zemininden 22,5 metre yukarıdaki çatıya radyasyon gönderdiler. Son derece hassas (Mossbauer etkisi ile çalışan) bir ölçüm cihazı kullanarak, fotonların laboratuar çatısına doğru yolculuk sırasında enerji kaybettiklerini (dolayısıyla frekanslarının azaldığını) kanıtladılar. 1977 yılında gökbilimci Jesse Greenstein ve çalışma arkadaşları, bir düzine beyaz cüce yıldızda zamanın atışını izlediler. Beklendiği şekilde, büyük bir çekim alanında zamanın yavaşladığını kanıtladılar.

Güneş tutulması deneyi de birkaç kez son derece büyük bir hassasiyetle tekrarlandı. 1970 yılında gökbilimciler, son derece uzak iki gök cisminin, 3C279 ve 3C273'ün yerlerini hassas bir şekilde belirlediler. Bu gök cisimlerinden gelen ışık, Einstein'ın kuramına uygun bir şekilde bükülmekteydi.

Atom saatlerinin ortaya çıkışı da son derece hassas bu testlerin yapılış şeklinde devrim yaratmıştır. 1971 yılında atom saatleri, hem doğudan batıya, hem de batıdan doğuya uçan iki jetin içine yerleştirildi. Bu atom saatleri, daha sonra Washington D.C.'de bulunan Donanma Rasathanesi'ndeki atom saatleri ile karşılaştırıldı. Bilim insanları, farklı hızlarda (fakat sabit yüksek-

likte) yol alan jetlerdeki atom saatlerini inceleyerek özel göreliliği doğruladılar. Sonra, aynı hızda fakat farklı yükseklikte yol alan jetleri inceleyerek genel göreliliğin öngörüsünü test edebildiler. Her iki durumda da sonuçlar, Einstein'ın öngörülerini deneysel hata sınırları içinde doğrulamaktaydı.

Uzaya uyduların fırlatılması da genel göreliliğin test edilebileceği yollar konusunda devrim meydana getirmiştir. 1989 yılında Avrupa Uzay Ajansı tarafından uzaya gönderilen Hipparcos uydusu, yıldız ışığının Güneş tarafından saptırılmasını dört yıl boyunca hesaplamış, Büyük Ayı içindeki yıldızların 1.500'de biri kadar sönük yıldızları dahi incelemiştir. Derin uzayda bir güneş tutulmasını bekleme zorunluluğu yoktur ve deneyler her zaman yapılabilir. Her seferinde yıldız ışığının hiç şaşmadan Einstein'ın öngörülerine uygun şekilde büküldüğünü gördüler. Aslında gökyüzünün orta yerinden gelen yıldız ışığının Güneş tarafından büküldüğünü bulmuşlardı.

Yirmi birinci yüzyılda genel göreliliğin ne kadar geçerli olduğunu sınamak amacıyla aralarında ikiz yıldızlara ilişkin daha fazla deney ve hatta ay yüzeyinden lazer sinyalleri yansıtmak da bulunan çeşitli hassas deneyler planlanmaktadır. Bu arada, en ilgi çekici deneyler, çekim dalgalarından gelebilir. Einstein, çekim dalgalarını 1916 yılında öngörmüştü. Bununla beraber, gözlenmesi zor olan bu olayın kendi yaşam süreci içinde kanıtlanmasından ümidini kesmişti. Yirminci yüzyılın başlarındaki deney teçhizatı çok ilkeldi. Fakat 1993 yılında Nobel Ödülü, birbirleri etrafında dönen ikiz yıldızları inceleyerek çekim dalgalarının varlığını dolaylı yoldan kanıtlayan iki fizikçiye, Russell Hulse ve Joseph Taylor'a verildi.

Dünyadan yaklaşık 16.000 ışık yılı uzaklıkta, birbirleri etrafında yedi saat kırk beş dakikada bir dönen, arkalarında bol miktarda çekim dalgası bırakan bir ikiz nötron yıldızı olan PSR 1913+16'yı inceleyerek işe başlamışlardı. Bir kap içindeki çorbayı her biri diğerinin etrafında dönen iki kaşıkla karıştırmakta olduğunuzu düşünün. Her kaşık, çorbanın içinde hareket ederken arkasında çorbadan oluşan bir iz bırakır. Aynı şekilde, eğer çorbanın yerine uzay-zaman dokusunu, kaşıkların yerine de ölü

yıldızları koyacak olursak, birbirini kovalayan ve çekim dalgaları yayan iki yıldızla karşılaşırız. Bu dalgalar bir enerjiye sahip oldukları için, iki yıldız giderek enerjilerini kaybeder ve giderek bir sarmal oluştururlar. Bu ikiz yıldız sisteminin sinyalleri incelenerek ikiz yıldızın yörüngesindeki bozulma hassas olarak deneysel şekilde hesaplanabilir. Einstein'ın genel görelilik kuramından beklendiği gibi, iki yıldız her dönüşte birbirlerine bir milimetre yaklaşmaktadır. 696.000 kilometre çapındaki bir yörüngede dönmekte olan bu yıldızları birbirinden ayıran uzaklık bir yıl içinde 1 metre kadar azalacaktır ve bu miktar, tam da Einstein'ın denklemlerinden yararlanarak hesaplanabilen sonuca eşittir. Aslına bakılacak olursa, çekim dalgalarının kaybolması nedeniyle bu iki yıldız 240 milyon yıl içinde tamamen çökecektir. Bu hassas deney, Einstein'ın genel görelilik kuramının doğruluğunu sınamak için bir yol olarak yorumlanabilir. Sonuçlar o kadar hassastır ki, genel göreliliğin %99,7 doğru olduğuna karar verebiliriz (deneysel hata sınırlarının içindedir).

Çekim dalgalarını doğrudan gözlemlemek amacıyla yapılacak bir dizi geniş kapsamlı deneye karşı son zamanlarda yoğun bir ilgi doğmuş bulunmaktadır. LIGO (Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory - Lazer Girişimölçerli Çekim Dalgası Gözlemevi), yakında belki de dış uzayda birbirleri ile çarpışan kara deliklerden kaynaklanan çekim dalgalarını ilk gözlemleyen proje olacaktır. Çekim dalgalarını gözlemleyebilecek kadar güçlü aygıtlarıyla LIGO, bir fizikçi açısından hayallerin gerçekleşmesi demektir. LIGO, ABD'de kurulu üç lazer tesisinden (ikisi Hanford, Washington, biri Livingston, Louisiana'da) meydana gelmektedir. Aslına bakılacak olursa bu tesisler, İtalya'nın Pisa kentinde kurulu VIRGO adlı bir Fransız-İtalyan ortak algılayıcısı, Tokyo dışında kurulu TAMA adlı bir Japon algılayıcısı ve Almanya'nın Hannover kentinde kurulu GEO600 adlı bir İngiliz-Alman algılayıcısını da kapsayan uluslar arası bir ortak çalışmanın parçasıdır. Hepsi birlikte düşünülürse, nihai inşaat maliyeti olan 292 milyon $ (devreye alınması ve güncellemeler için de ayrıca 80 milyon $) ile LIGO, Ulusal Bilim

Vakfı tarafından şimdiye kadar desteklenen en pahalı proje olacaktır.

LIGO'da kullanılan lazer algılayıcılar, yüzyılın başlarında eter rüzgarını algılamak amacıyla Michelson-Morley tarafından kullanılan cihaza çok benzemekte ise de, normal ışın demetleri yerine lazer ışını demetleri kullanılmaktadır. Bir lazer ışını demeti, birbirine dik yönlerde hareket eden iki ayrı demete bölünmektedir. Bu iki demet, bir aynadan yansıdıktan sonra tekrar birleştirilmektedir. Eğer interferometreye (girişimölçer) bir çekim dalgası çarparsa lazer demetlerinin yollarında bir değişiklik meydana gelecek, bu değişiklik de iki ışın demeti arasında bir girişim deseni olarak görülecektir. Lazer aygıtına çarpan sinyalin sahte bir sinyal olmamasını güvence altına almak için, lazer algılayıcılarının Dünya gezegeninin çevresine dağıtılması zorunludur. Bu durumda yalnızca Dünya'nınkinden çok daha büyük, muazzam bir çekim dalgası, algılayıcıların hepsini birden harekete geçirebilecektir.

Zaman içinde NASA ve Avrupa Uzay Ajansı tarafından dış uzaya bir dizi lazer algılayıcı yerleştirilecektir. 2010 yılı dolaylarında NASA, LISA (Laser Interferometer Space Antenna – Lazer Girişimölçerli Uzay Anteni) adı verilen üç uydu fırlatacaktır. Bunlar, Güneş'in etrafında yaklaşık olarak dünya yörüngesi ile aynı uzaklıkta birer yörüngeye gireceklerdir. Üç lazer algılayıcı, dış uzayda bir eşkenar üçgen (bir kenarı yaklaşık 4,8 milyon kilometre) şeklinde dizilecektir. Sistem o denli hassas olacaktır ki, bir milyar trilyonda bir düzeyindeki (bir atomun genişliğinin yüzde biri kadar bir kaymaya eşdeğer) titreşimleri algılama yeteneğine sahip olacak, bilim insanlarının Büyük Patlama'nın kendisinden kaynaklanan orijinal şok dalgalarını algılamasına olanak sağlayacaktır. Eğer her şey yolunda giderse, LISA Büyük Patlama'nın ardından saniyenin trilyonda biri kadar sürede meydana gelen olaylara göz atma olanağı bulacaktır ki, bu da onu yaradılışı keşfetmeye çalışan kozmolojik aletlerin belki de en güçlüsü yapmaktadır. Bu gereklidir, çünkü birleşik alan kuramının, her şeyin kuramının özelliklerine ilişkin ilk deneysel verilerin LISA tarafından bulunabileceğine inanılmaktadır.

Einstein tarafından ortaya atılan bir başka araç da çekim mercekleridir. 1936 yılında yakındaki galaksileri uzak nesnelerden gelen ışığı odaklayan devasa mercekler görevi görebileceklerini kanıtlamıştı. Bu Einstein merceklerinin gözlemlenebilmesi için aradan on yıllar geçmesi gerekecekti. Bu alandaki ilk ilerleme 1979 yılında, Q0957+561 adlı gök cismini gözlemleyen gökbilimciler tarafından uzayın çarpıtıldığının ve ışığı toplayan bir mercek gibi davrandığının fark edilmesi ile ortaya çıktı.

1988 yılında ilk kez gözlemlenen bir Einstein halkası, radyo kaynağı MG1131+0456'dan gelmekteydi ve o zamandan bu yana çoğu halka parçası olan yirmi tane kadar daha gözlemlendi. 1997 yılında Hubble Uzay Teleskopu ve İngiltere'nin MERLIN (Multi-Element Radio Linked Interferometer Network - Çok Elemanlı Radyo Bağlantılı Girişimölçer Ağı) radyo teleskop dizgesi kullanılarak, tam bir çember oluşturan ilk Einstein halkaları gözlemlendi. Uzaktaki 1938+666 galaksisini inceleyerek, galaksiyi çevrelemekte olan karakteristik halkayı buldular. Manchester Üniversitesi'nden Dr. Ian Brown, "İlk bakışta yapay gibi görünüyordu ve bir tür görüntü hatası olduğunu düşünmüştük, fakat sonradan kusursuz bir Einstein halkasına bakmakta olduğumuzun farkına vardık!" diye anlatmaktadır. İngiliz gökbilimciler, "tam on ikiden!" diye tanımladıkları bu keşif karşısında büyük sevinç duymuşlardı. Bu, minicik bir halkadır. Büyüklüğü yalnızca bir saniyelik bir yay veya üç kilometre uzaktan görülen bir kuruşluk madeni bir para kadardır. Bununla beraber, on yıllar önce Einstein tarafından yapılan öngörüyü doğrulamaktadır.

Genel göreliliğin en büyük patlamalarından birisi, gökbilimi alanında meydana gelmiştir. 1965 yılında iki fizikçi, Robert Wilson ve Arno Penzias, New Jersey'deki Bell Laboratuarı'nda bulunan Horn Radyo Teleskopu vasıtasıyla dış uzaydan gelen zayıf mikrodalga ışınımı tespit ettiler. Gamow ve öğrencilerinin bu alanda öncülük yapan çalışmalarından haberi olmayan iki fizikçi, büyük patlamadan kalan bu kozmik ışınımı yanlışlıkla, ne olduğunu anlamadan kaydetmişlerdi (Efsaneye göre, radyo teleskoplarını kirleten kuş pisliklerinin yol açtığı girişimi almak-

ta olduklarını zannetmişlerdi. Daha sonra Princeton'dan fizikçi R. H. Dicke, bu ışınımı Gamow'un mikrodalga zemin (arka alan) ışınımı olarak doğru şekilde tanımladı). Penzias ve Wilson, öncü çalışmaları dolayısıyla Nobel Ödülü kazandılar. O zamandan bu yana, 1989 yılında uzaya gönderilen COBE (Cosmic Background Explorer - Kozmik Zemin Kaşifi) uydusu, dikkat çekecek kadar düzgün olan bu kozmik mikrodalga zemin ışınımının en ayrıntılı resmini bize vermiştir. Berkeley'deki California Üniversitesi'nden George Smoot'un öncülüğündeki fizikçiler bu düzgün zemindeki hafif dalgalanmaları inceledikleri zaman, evrenin yalnızca 400.000 yıl yaşlarında olduğu sıradaki zemin ışımasının dikkat çekici bir fotoğrafını üretmişlerdir. Medya, bu fotoğrafı yanlış bir şekilde "Tanrı'nın yüzü" olarak adlandırmıştır (Bu fotoğraf Tanrı'nın yüzü değil, büyük patlamanın "bebeklik" fotoğrafıdır).

Resmin ilginç olan yanı, dalgalanmaların muhtemelen büyük patlamadaki minik kuantum değişmelere karşılık geliyor olmasıdır. Belirsizlik ilkesi uyarınca, büyük patlamanın mükemmel düzgünlükte bir patlama olması olanaksızdır, çünkü kuantum etkilerinin belli boyutlarda birtakım dalgalanmalar meydana getirmiş olması gerekir. Aslında bu, tam da Berkeley grubunun bulduğu şeydi (Aslına bakılacak olursa, eğer bu dalgalanmaları bulmamış olsalardı, bu durum belirsizlik ilkesi için büyük bir yenilgi olurdu). Bu dalgalanmalar yalnızca belirsizlik ilkesinin evrenin doğuşuna uyarlanabilir olduğunu göstermekle kalmamış, aynı zamanda bilim insanlarına "yamru yumru evrenin" yaradılışı için makul bir mekanizma da vermiştir. Çevremize bakındığımız zaman, galaksilerin kümeler halinde bulunduğunu, dolayısıyla evrende kaba bir doku oluşumuna yol açtıklarını görürüz. Bu topaklanmalar, muhtemelen orijinal büyük patlamadan kaynaklanan, evren genişledikçe esneyen dalgalanmalar olarak kolayca açıklanabilir. Dolayısıyla, göklerde galaksi kümelerini gördüğümüz zaman büyük patlamanın belirsizlik ilkesinden kaynaklanan orijinal dalgalanmalarına bakıyor olabiliriz.

Fakat, Einstein'ın yeniden keşfedilen çalışmaları arasında belki de en muhteşem olanı, ortaya "karanlık enerji" şeklinde

çıkmaktadır. Daha önce gördüğümüz gibi, evrenin genişlemesine engel olmak amacıyla 1917 yılında kozmolojik sabit (veya boşluğun enerjisi) kavramını ortaya atmıştı (Hatırlayacağınız gibi, genel eşdeğişkenlik yalnızca iki olası terime, Ricci eğriliğine ve uzay-zamanın hacmine izin vermektedir, bu nedenle kozmolojik sabit terimi öyle kolay kolay bir kenara atılamaz). Daha sonra, Edwin Hubble evrenin aslında genişlemekte olduğunu gösterdiği zaman, Einstein bunu, kendisinin en büyük hatası olarak adlandırmıştı. Bununla beraber, 2000 yılında elde edilen sonuçlar, Einstein'ın muhtemelen her şeye karşın haklı olduğunu göstermektedir: Kozmolojik sabit yalnızca var olmakla kalmamakta, karanlık enerji de muhtemelen bütün evrendeki en büyük madde/enerji kaynağını oluşturmaktadır. Gökbilimciler, uzak galaksilerde bulunan süpernovaları inceleyerek evrenin milyarlarca yıldan bu yana genişleme hızını hesaplamayı başardılar. Şaşkınlıkla gördüler ki, yavaşladığı zannedilen evren, aksine hızlanarak genişlemektedir. Evrenimiz kontrolden çıkmış bir durumdadır ve giderek sonsuza kadar genişleyecektir. Böylece, evrenimizin ne şekilde öleceğini şimdi öngörebiliriz. Daha önceleri bazı gökbilimciler, evrende kozmik genişlemeyi geri döndürmeye yetecek kadar madde bulunduğuna, dolayısıyla evrenin eninde sonunda büzüşmeye başlayacağına ve dış uzayda bir mavi renk kayması görüleceğine inanmaktaydılar (Fizikçi Stephen Hawking, evren büzüşürken zamanın da tersine dönebileceğine ve tarihin geriye doğru tekrarlanabileceğine dahi inanmaktaydı). Bu, insanların giderek gençleşeceği ve ana rahmine geri döneceği, yüzücülerin bir yüzme havuzundan geriye doğru atlayarak tramplenin üstüne konacağı, kızarmakta olan yumurtaların zıplayarak sapasağlam kabuklarının içine gireceği anlamına gelmekteydi. Bununla beraber Hawking, bir hata yaptığını sonradan kabul etmiştir. Evren, giderek kendi üzerine çökecek, bir "büyük çatırtı"nın muazzam ısısını üretecekti. Evrenin başka bir büyük patlama yapacağını, dolayısıyla salınan bir evren yaratacağını ileri sürenler dahi bulunuyordu.

Bununla beraber, evrenin genişlemesinin hızlandığını gösteren deneysel sonuçlarla birlikte artık bunların hepsi hükmünü

yitirmiştir. Eldeki verilere uygun görünen en basit açıklama, evrenin anti çekim etkisi yaparak galaksileri birbirinden uzağa iten muazzam miktarda karanlık enerji tarafından istila edilmiş olduğu şeklinde ileri sürülebilir. Evren ne kadar büyürse boşluğun enerjisi de o kadar artmakta, bu da galaksileri birbirinden daha fazla iterek hızlanan bir evren yaratmaktadır.

Bu durum, ilk olarak MIT'den fizikçi Alan Guth tarafından ileri sürülen ve Friedmann ile Lemaitre'in orijinal Büyük Patlama kuramının değiştirilmiş bir şekli olan "şişkinleşen evren" fikrinin bir sürümünü haklı çıkartıyormuş gibi görünmektedir. Kabaca ifade edilecek olursa, şişkinleşme fotoğrafında genişlemenin iki aşaması bulunur. İlki, evrenin büyük bir kozmolojik sabitin hakimiyeti altında bulunduğu sırada ortaya çıkan hızlı, üstel bir genişlemedir. Bu üstel büyüme zamanla sona erer ve genişleme yavaşlayarak Friedmann ve Lemaitre tarafından bulunan bildiğimiz genişleyen evrene benzemeye başlar. Eğer doğruysa bu, çevremizdeki görülebilir evrenin gerçek evreni temsil eden çok daha büyük bir uzay-zaman üzerinde yalnızca bir iğne ucu olduğu anlamına gelir. Son zamanlarda atmosferin üst katmanlarında balonlardan yararlanarak yapılan deneyler de evrenin aşağı yukarı yassı göründüğünü göstererek şişkinleşmeye ilişkin güvenilir kanıtlar vermiş, gerçekte evrenin ne kadar büyük olduğunu göstermiştir. Bizler, muazzam bir balonun üzerinde oturan karıncalara benzemekteyiz, kendimiz küçücük olduğumuz için evrenimizi yassı zannediyoruz.

Karanlık enerji bizi evrendeki gerçek rolümüzü ve konumumuzu yeniden değerlendirmeye de zorlamaktadır. Kopernik, insanların Güneş sistemindeki konumunun hiçbir özelliği olmadığını göstermişti. Karanlık maddenin varlığı ise, dünyamızı meydana getiren atomların hiçbir özelliğinin olmadığını göstermektedir, çünkü evrenin yüzde doksanı, gizemli karanlık maddeden meydana gelmektedir. Şimdi, kozmolojik sabitten elde edilen sonuçlar, karanlık enerjinin yıldızların ve galaksilerin enerjisini gölgede bırakan karanlık maddeyi de gölgede bıraktığına işaret etmektedir. Bir zamanlar Einstein tarafından evreni dengelemek için istemeye istemeye ortaya atılan kozmolojik

sabit, belki de evrendeki en büyük enerji kaynağını oluşturmaktadır (2003 yılında WMAP uydusu, evrende bulunan madde ve enerjinin %4'ünün alelâde atomlarda, %23'ünün bilinmeyen karanlık maddede, %73'ünün ise karanlık enerjide bulunduğunu doğrulamıştır).

Genel göreliliğin bir başka garip öngörüsü de, karanlık yıldızlar kavramı Schwarzschild tarafından 1916 yılında yeniden ortaya atıldığı sıralarda bilim kurgu olarak kabul edilmekte olan kara deliklerdir. Bununla beraber Hubble Uzay Teleskopu ve Çok Büyük Dizge Radyo Teleskopu, büyük galaksilerin kalbinde gizlenmekte olan elliden fazla kara deliğin varlığını artık doğrulamış bulunmaktadır. Aslına bakılacak olursa, şimdi pek çok gökbilimci göklerdeki milyonlarca galaksinin belki de yarısının merkezinde kara delikler var olduğuna inanmaktadır.

Einstein, görülebilir ışığın dahi kaçmasına izin vermeyen, dolayısıyla doğada görülmesi son derece zor olduğu için görünmez olan bu egzotik yaratıkların, doğaları gereği tanımlanmasının güçlüğünün farkına varmıştı. Uzak gök cisimlerinin ve galaksilerin içine bakmakta olan Hubble Uzay Teleskopu, artık bize M-87 ve NGC-4258 gibi uzak galaksilerin merkezlerinde bulunan kara deliklerin etrafındaki dönen diski gösteren harikulâde fotoğraflar göndermiştir. Aslına bakılacak olursa, kara deliğin etrafında dönmekte olan bu maddelerin saatte yaklaşık bir buçuk milyon kilometre hıza eriştiği ölçülebilmektedir. En ayrıntılı Hubble fotoğrafları, kara deliğin tam merkezinde bir uçtan bir uca yaklaşık 100.000 ışık yılı genişlikteki bütün bir galaksiyi döndürecek kadar güçlü, hemen hemen bir ışık yılı çapında bir nokta bulunduğunu göstermektedir. Kendi arka bahçemizde, Samanyolu galaksisinde pusuya yatmış yaklaşık iki milyon Güneş ağırlığında bir kara deliğin varlığı yıllar süren spekülasyonlar sonucunda nihayet 2002 yılında gösterilmiştir. Böylece, Ay Dünya'nın etrafında dönmekte, Dünya Güneş'in etrafında dönmekte, güneş de bir kara deliğin etrafında dönmektedir.

On sekizinci yüzyılda Michell ve Laplace tarafından yapılan çalışmalara göre bir karanlık yıldız veya bir kara deliğin kütlesi,

çapıyla doğru orantılıdır. Dolayısıyla, kendi galaksimizin merkezindeki kara delik, kabaca Merkür gezegeninin yörüngesinin çapının onda biri kadardır. Bu kadar küçük bir nesnenin bütün galaksimizin dinamiğini etkileyebiliyor olması, hayret vericidir. Einstein'ın mercek etkisini kullanan gökbilimciler, 2001 yılında Samanyolu galaksisi içinde hareket eden bir gezgin kara delik keşfedildiğini duyurmuşlardı. Kara delik, hareket ettikçe çevresindeki yıldız ışığını bozmaktaydı. Gökbilimciler, bu ışık bozulmasını izleyerek onun gökyüzündeki yörüngesini hesaplamayı başardılar (Dünya'ya yaklaşmakta olan herhangi bir gezgin kara delik, feci sonuçlara yol açabilirdi. Böyle bir kara delik, en küçük bir rahatsızlık hissetmeden bütün Güneş sistemini yutabilirdi).

1963 yılında Yeni Zelandalı matematikçi Roy Kerr, Schwarzschild'in kara deliğini dönen kara delikleri kapsayacak şekilde genelleştirdiği zaman, kara delik araştırmaları yeni bir ivme kazandı. Evrendeki her şeyin dönüyormuş gibi göründüğü ve nesneler içe çöktükleri zaman daha hızlı döndükleri için, gerçekçi herhangi bir kara deliğin baş döndürücü bir hızla dönmekte olduğunu kabul etmek çok doğal idi. Kerr, Einstein'ın denklemlerini kullanmak suretiyle bir yıldızın çökerek dönen bir halka oluşturduğu durumlar için herkesi şaşırtan bir şekilde kesin bir sonuç elde etti. Kütle çekimi halkayı çökertmeye çalışacak, fakat merkezkaç etkileri kütle çekimine karşı gelmeye yetecek ölçüde güçlenecek ve dönen halka kararlı olacaktı. Görelilikçileri en fazla şaşırtan şey, eğer halkanın içine düşerseniz ezilerek ölecek olmayışınızdı. Merkezde kütle çekimi gerçekten büyük olsa da sınırlı bir değere sahipti, bu nedenle ilkesel olarak düşerken halkanın içinden geçebilir ve kendinizi başka bir evrende bulabilirdiniz. Einstein-Rosen köprüsünün bir ucundan diğerine yapılacak bir yolculuğun ölümcül bir yolculuk olması gerekmezdi. Eğer halka yeterince büyükse, paralel evrene güvenli bir şekilde geçilebilirdi.

Fizikçiler, bir Kerr kara deliğinin içine düşüldüğü takdirde neler olacağını derhal araştırmaya başladılar. Böyle bir kara delik ile karşılaşmak, unutulması kesinlikle mümkün olmayan bir deneyim demekti. İlkesel olarak, yıldızlara ulaşmak için bize

kestirme bir yol sağlayabilir, bizi galaksinin başka bir tarafına veya belki de tamamen farklı bir evrene bir anda taşıyabilirdi. Kerr kara deliğine yaklaşmaya başladığınız sırada olay ufkunun öbür yanına geçerdiniz ve başladığınız noktaya geri dönme olanağını asla bulamazdınız (eğer paralel evreni bizim evrenimize bağlayan ve bir gidiş dönüş yolculuğuna olanak sağlayan başka bir Kerr kara deliği mevcut olmadığı takdirde). Ayrıca, kararlılıkla ilgili sorunlar da vardı. Eğer Einstein-Rosen köprüsünden içeri düşerseniz, yaratacağınız uzay-zaman bozulmalarının Kerr kara deliğini kapanmaya zorlayabileceğinin ve gidiş dönüş yolculuğu olanağını ortadan kaldırmasının mümkün olduğu kanıtlanabilirdi.

İki evren arasında bir geçit veya portal gibi davranan bir Kerr kara deliği fikri ne kadar garip gelirse gelsin, kara delikler gerçekten çok hızlı bir şekilde dönmekte oldukları için bu fikrin fiziksel zeminde göz ardı edilmesi mümkün değildi. Bununla beraber, bu kara deliklerin yalnızca uzaydaki iki noktayı birbirlerine bağlamakla kalmadığı, aynı zamanda bir zaman makinesi gibi davranarak iki zamanı da birbirine bağladığı çok geçmeden ortaya çıktı.

Gödel 1949 yılında Einstein'ın denklemlerinin zamanda yolculuğa ilişkin ilk çözümünü bulduğu zaman, bu bir yenilik olarak, denklemlerin yalıtılmış bir sapkınlığı olarak karşılanmıştı. Bununla beraber, o zamandan bu yana Einstein'ın denklemlerinin içinde çok sayıda zamanda yolculuk çözümü bulundu. Örneğin W. J. Van Stockum tarafından 1936 yılında keşfedilmiş olan eski bir çözümün zamanda yolculuğa gerçekten olanak sağladığı keşfedildi. Van Stockum'un çözümü, eski kovboy filmlerindeki berber dükkanının önünde bulunan döner direğe benzer şekilde ekseni etrafında hızla dönen sonsuz bir silindirden meydana gelmekteydi. Eğer dönen silindirin çevresinde bir yolculuğa çıkarsanız, Gödel'in 1949 çözümüne çok benzeyen bir şekilde başlangıç noktanıza yola çıkmadan önce dönme olanağı bulabilirdiniz. Bu çözüm ne kadar ilgi uyandırıcı olursa olsun, silindirin sonsuz uzunlukta olması gerekliliği, bir sorun yaratmaktadır. Görünen o ki, sonlu bir silindir işe yaramayacaktır. Dolayı-

sıyla, hem Gödel'in ve hem de Van Stockum'un çözümleri ilkesel olarak fiziksel zeminde göz ardı edilebilirdi.

1988 yılında Caltech'ten Kim Thorne ve çalışma arkadaşları, Einstein'ın denklemleri için bir solucan deliği vasıtasıyla zamanda yolculuğa izin veren başka bir çözüm buldular. Yeni bir tür solucan deliğinin tamamen enlemesine geçilebilir olduğunu göstermek suretiyle, olay ufku üzerinden tek yönlü bir yolculuk problemini çözme olanağı bulmuşlardı. Aslına bakılacak olursa, böyle bir zaman makinesi ile yapılacak bir yolculuğun bir uçak yolculuğu kadar konforlu olabileceğini hesaplamışlardı.

Bu zaman makinelerinin hepsinin anahtarı, uzay-zamanı kendi üzerine büken madde veya enerjide yatmaktadır. Zamanı şekilli bir kraker gibi bükmek için insanın inanılmaz miktarda, modern bilimin bilip tanıdığı her şeyin çok ötesinde bir enerjiye ihtiyacı vardır. Thorne zaman makinesi için negatif maddeye veya negatif enerjiye ihtiyaç vardır. Şimdiye kadar negatif madde gören hiç kimse yoktur. Aslına bakacak olursanız, eğer elinizde bu maddeden bir parça tutuyor olsaydınız, aşağı değil yukarı düşerdi. Negatif madde arayışları başarılı olmamıştır. Eğer dünyada milyarlarca yıl önce bir parça var olsaydı dahi yukarıya düşerek dış uzaya gidecek, sonsuza kadar kaybolacaktı. Diğer taraftan negatif enerji aslında Casimir etkisi şeklinde ortaya çıkmaktadır. Eğer elimize birbirine paralel iki nötr plaka alırsak, onların yüklü olmadığını ve birbirlerini itip çekmediğini biliriz. Hareketsiz durmaları gerekir. Bununla beraber, 1948 yılında Henrik Casimir, iki paralel plakanın aslında birbirini küçük fakat laboratuarda ölçümü gerçekten yapılmış sıfırdan büyük bir kuvvetle çektiğini kanıtlayarak garip bir kuantum etkisini göstermiştir.

Dolayısıyla, bir Thorne zaman makinesi şu şekilde yapılabilir: İki çift paralel metal plaka alınız. Casimir etkisi nedeniyle her iki plaka çifti arasındaki bölge negatif enerjiye sahip olacaktır. Einstein'ın kuramı gereğince, negatif enerjinin varlığı bu bölgenin içindeki uzay-zamanda minicik (bir atom altı parçacıktan daha küçük) delikler veya kabarcıklar oluşmasına yol açacaktır. Şimdi, varsayalım ki bizimkinden çok çok ilerde, gelişmiş bir

uygarlık bu delikleri şu veya bu şekilde kontrol edebiliyor olsun, her iki plaka çiftinin içinden birer plakayı alsın ve iki plaka takımı birbirine uzun bir boru veya solucan deliği tarafından bağlanıncaya kadar onları birbirinden uzaklaştırsın (Bu iki paralel plaka çiftinin bir solucan deliği vasıtasıyla birbirine bağlanması, günümüz teknolojisinin tamamen dışında kalmaktadır). Şimdi, plaka çiftlerinden birini ışık hızına yakın bir hızda yol alan bir roketle uzaya gönderelim, öyle ki roket üzerindeki zaman yavaşlasın. Daha önce tartıştığımız gibi, roket üzerinde bulunan saatler, dünya üzerindeki saatlerden daha yavaş çalışacaktır. Eğer dünyada kalan plaka çiftinin arasındaki solucan deliğinin içine atlayacak olursanız, iki plakayı birbirine bağlayan solucan deliğinin içine çekilirsiniz ve kendinizi roketin içinde, geçmiş zamanda, uzay ve zamanın farklı bir noktasında buluverirsiniz.

O zamandan bu yana zaman makineleri (veya daha doğru bir ifade şekli ile "kapalı zamansal eğriler"), her biri Einstein'ın kuramı üzerine kurulmuş değişik tasarımlar içeren çok sayıda makalenin yayımlanması ile fiziğin hareketli bir alanı haline gelmiştir. Yine de, fizikçilerin hepsi bu durumdan memnun değildir. Örneğin Hawking, zamanda yolculuk fikrinden hoşlanmamıştır. Alaycı bir şekilde eğer zamanda yolculuk mümkün olsaydı etrafımızın gelecekten gelen ve bizim göremediğimiz turistlerle dolu olacağını söylüyordu. Eğer zaman makineleri sıradan şeyler olsalardı, birisinin kendi zaman makinesinin düğmelerini çevirdiği her seferde zaman değişeceği için tarihi yazmak olanaksız olurdu. Hawking, dünyayı tarihçiler açısından güvenli bir yer haline getirmek istediğini beyan etmiştir. Bununla beraber, T. H. White'ın *The Once and Future King** adlı kitabında "Yasaklanmış olmayan her şey zorunludur" hükmüne uyacak şekilde yaşayan bir karınca topluluğu bulunur. Fizikçiler bu kuralı çok ciddiye aldıkları için, Hawking zaman makinelerini yasa yoluyla yasaklayacak "kronoloji koruma varsayımı"nı

* Kral Arthur dönemiyle ilgili, fantastik, dünyada çok tanınmış bir kitaptır. Serbest bir şekilde "Bir Zamanların ve Geleceğin Kralı" olarak çevrilebilir (Ç.N.).

ortaya atmak zorunda kalmıştı (O zamandan bu yana Hawking bu varsayımı kanıtlamaya çalışmaktan vazgeçmiştir. Artık zaman makinelerinin kuramsal açıdan mümkün olsalar dahi pratikte yapılabilir olmadıklarını savunmaktadır).

Onları şimdilik tanıdığımız halleriyle, bu makineler, fizik kurallarına uymakta gibi görünmektedirler. Elbette işin püf noktası, bu muazzam (yalnızca "yeterince gelişmiş uygarlıklarda" bulunabilecek) enerjilere erişmekte ve bu solucan deliklerinin aslında kuantumsal düzeltmelere karşı kararlı olduklarını ve birinin içine girdiğiniz anda patlamadığını göstermekte yatmaktadır.

Zaman ikilemlerinin (siz doğmadan önce ebeveynlerinizi öldürmeniz gibi) zaman makineleri sayesinde çözülebileceğini de söylemek gerekir. Einstein'ın kuramı pürüzsüz ve eğri Riemann yüzeylerini temel aldığı için, geçmiş zamana girip bir zaman ikileminin doğmasına yol açtığımızda basit bir şekilde ortadan yok olmayız. Zamanda yolculuk ikilemleri için iki olası çözüm bulunmaktadır. Birincisi, eğer zaman nehrinde girdaplar var olabiliyorsa, o takdirde zaman makinesinin içine girdiğimizde belki de geçmişi yerine getirmekteyiz. Bu, zamanda yolculuğun mümkün olduğu, fakat geçmişi değiştiremeyeceğimiz, onu yalnızca tamamlayabileceğimiz anlamına gelmektedir. Bu, zaman makinemize girebiliyor olacakmışız demekti. Bu görüş, "Havva'dan ağaçtan elmayı kopartmamasını istemek için Cennetin bahçesine bir zaman gezgini gönderemeyiz" diyen Rus gökbilimci Igor Novikov tarafından savunulmaktadır. İkincisi, zaman nehrinin kendisi iki kola ayrılabilir; yani bir paralel evren açılabilir. Bu nedenle, eğer siz doğmadan önce ebeveynlerinizi vuracak olursanız, yalnızca genetik açıdan ebeveynlerinize benzeyen fakat kesinlikle ebeveynleriniz olmayan insanları öldürmüş olursunuz. Kendi ebeveynleriniz gerçekten size hayat vermiş ve vücudunuzu yaratmışlardır. Siz bizim evrenimiz ile onların evreni arasında bir sıçrama yapmış bulunmaktasınız, böylece bütün zaman ikilemleri çözümlenmiş olur.

Fakat, Einstein'ın kalbine en yakın olan kuram, birleşik alan kuramıydı. Einstein, ne yapmak istediğini fizikçilerin gelecek

yüz yıl içinde belki anlayabileceklerini Helen Dukas'a söylemişti. Yanılıyordu. Aradan elli yıl geçmeden, birleşik alan kuramına duyulan ilgide bir canlanma meydana geldi. Bir zamanlar fizikçiler tarafından ümitsiz bir biçimde erişilemez diye alay edilen birleştirme arayışları, artık belki de insanı kışkırtacak kadar yakınımızda durmaktadır. Bu konu, kuramsal fizikçilerin bütün toplantılarında gündeme hakim durumdadır.

Maddenin özellikleri üzerinde iki bin yılı aşkın bir zamandır yapılagelen araştırmaların ardından, Demokritus ve çağdaşı Yunanlılar evrenin yapısını sorguladıktan bu yana, fizik birbiriyle tamamen zıt iki rakip kuram üretmiştir. Bunların birincisi, atomların ve atom altı parçacıkların dünyasını tanımlamak açısından kıyas kabul etmez olan kuantum kuramıdır. İkincisi, Einstein'ın bize kara delikler ve genişleyen evren hakkında nefes kesen kuramlar veren genel göreliliğidir. Karşımızdaki en büyük ikilem ise, bu iki kuramın tümüyle birbirine zıt olmasıdır. Farklı varsayımlara, farklı matematiğe ve farklı fiziksel resimlere dayanmaktadırlar. Kuantum kuramı, "kuanta" adı verilen ayrık enerji paketlerine ve atom altı parçacıkların dansına dayanır. Buna karşın görelilik kuramı, pürüzsüz yüzeylere dayanmaktadır.

Günümüzde fizikçiler, kuantum kuramının atom altı deneylerden elde edilen verileri açıklayabilecek "Standard Model" adı verilen bir model olarak şekillenmiş en gelişmiş sürümünü formüle etmişlerdir. Bu, bir bakıma dört temel kuvvetten üçünün (elektromanyetik, zayıf ve güçlü kuvvetler) özelliklerini açıklama yeteneğine sahip, doğada bulunan en başarılı kuramdır. Standard Model ne kadar başarılı olursa olsun, iki sorun derhal göze çarpmaktadır. Birincisi, son derece çirkin, belki de bilim alanında şimdiye kadar önerilen en çirkin kuram oluşudur. Kuram, zayıf, güçlü ve elektromanyetik kuvvetleri birbirine neredeyse el ile bağlamaktadır. Bir balina, karınca yiyen ve zürafayı birbirine yapışkan bantla bağlayıp sonra da bunun doğanın en yüksek başarılarından birisi, milyonlarca yıl süren evrimin nihai ürünü olduğunu iddia etmek gibidir. Standard Model,

yakından incelendiği zaman kuarklar, Higgs bozonları, Yang-Mills parçacıkları, W bozonları, gluonlar ve nötrinolar gibi pek anlamlı gelmeyen garip isimlere sahip atom altı parçacıklardan oluşan şaşırtıcı, karmakarışık bir koleksiyondan meydana gelmektedir. Daha da kötüsü, Standard Model kütle çekiminden hiç bahsetmez. Aslında eğer birisi kütle çekimini Standard Modele el ile yapıştırmaya kalkışırsa, kuramın patlayıp bozulduğunu görecektir. Kuantum kuramı ve göreliliği birbirine aşılamak için neredeyse elli yıldır harcanan çabalar, sonuçsuz kalmıştır. Bütün estetik bozuklukları bir yana, kuram hakkında söyleyebileceğimiz tek olumlu şey, kendi deneysel alanı içerisinde inkâr edilemeyecek şekilde doğru olduğudur. İhtiyaç duyulan şeyin Standard Modelin ötesine geçmek, Einstein'ın birleştirme yaklaşımını yeniden gözden geçirmek olduğu son derece açıktır.

Elli yılın ardından, her şeyin kuramı için en önde gelen, kuantum kuramı ile göreliliği birleştirebilecek aday, "süper sicim kuramı" olarak adlandırılan bir şeydir. Diğer bütün rakip kuramlar bertaraf edildiği için, aslında bu eldeki tek kuramdır. Fizikçi Steven Weinberg'in dediği gibi, "sicim kuramı bize nihai bir kuram için ilk makul adayı (seçeneği) sağlamıştır." Weinberg, eski denizcilere kılavuzluk eden haritaların hepsinin efsanevi bir Kuzey Kutbu'nun varlığını gösterdiğini, fakat Robert Peary 1909 yılında oraya gerçekten ayak basıncaya kadar aradan yüzlerce yıl geçtiğini düşünüyordu. Aynı şekilde, parçacık fiziği alanında yapılan keşiflerin hepsi evrende bir "Kuzey Kutbu", yani bir birleşik alan kuramı bulunduğuna işaret etmektedir. Süper sicim kuramı, kuantum kuramının ve göreliliğin bütün iyi yönlerini şaşırtıcı bir sadelikle içine alabilir. Süper sicim kuramı, atom altı parçacıkların titreşen bir sicim üzerindeki notalar olarak görülebileceği fikri üzerine kuruludur. Einstein'ın, maddeyi birbirine girmiş bütün özellikleri ve karmakarışık doğası nedeniyle tahtaya benzetmiş olmasına karşın, süper sicim kuramı maddeyi müziğe indirgemektedir (Mükemmel bir kemancı olan Einstein, muhtemelen bunu beğenirdi).

1950'li yılların bir yerlerinde fizikçiler atom altı parçacıkları anlamaya çalışmaktan vazgeçtiler, çünkü durmadan yenileri keşfedilmekteydi. J. Robert Oppenheimer, bir seferinde tiksinti içinde "Fizik dalındaki Nobel Ödülü, o yıl hiçbir yeni parçacık *keşfetmeyen* fizikçiye verilmeli" demişti. Bu atom altı parçacıklara o kadar çok garip Yunanca isimler verilmişti ki, Enrico Fermi "Eğer Yunanca isimlere sahip bu kadar fazla parçacık olacağını bilseydim, fizikçi olacağıma botanikçi olurdum" demiştir. Fakat sicim kuramında eğer kişinin elinde bir süper mikroskop olsa ve doğruca bir elektronun içine göz atsa, nokta şeklinde bir parçacık değil, titreşen bir sicim bulurdu. Süper sicim farklı bir konumda veya notada titreştiği zaman, bir foton veya bir nötrino gibi farklı bir atom altı parçacığa dönüşür. Bu resimde, bizim doğada gördüğümüz atom altı parçacıklar, süper sicimin en alt oktavı olarak kabul edilebilir. Dolayısıyla, on yıllar boyunca sağanak halinde keşfedilen atom altı parçacıklar, yalnızca bu süper sicimin üzerindeki notalardır. Bu kadar karmaşık ve rastgele görünen kimya yasaları, süper sicimlerimizle çalınan melodilerdir. Evrenin kendisi, bir sicimler senfonisidir. Ve fizik yasaları, süper sicimlerin armonilerinden başka bir şey değildir.

Süper sicim kuramı, Einstein'ın görelilik üzerindeki çalışmalarının tamamını da kapsayabilir. Sicim, uzay-zaman içinde hareket ederken, tam da Einstein'ın 1915 yılında öngördüğü gibi, etrafındaki uzayı bükülmeye zorlar. Aslına bakılacak olursa süper sicim kuramı, genel görelilik ile uyumlu bir uzay-zaman içinde hareket etmediği takdirde tutarlı değildir. Fizikçi Edward Witten'ın söylediği gibi, "Eğer Einstein genel görelilik kuramını hiçbir zaman keşfetmemiş olsaydı dahi, sicim kuramı vasıtasıyla zaten keşfedilebilirdi." Witten, "Sicim kuramı son derece caziptir, çünkü kütle çekimi, bize zorla yüklenmiştir. Bilinen bütün tutarlı sicim kuramları kütle çekimini içerir, bu yüzden bildiğimiz şekliyle kuantum alan kuramında olanaksız olan kütle çekimi, sicim kuramında zorunlu bir kavramdır.

Bununla beraber, sicim kuramı epeyce şaşırtıcı bazı başka öngörülerde de bulunmaktadır. Sicimler yalnızca on boyutta (bir zaman boyutu ve dokuz uzay boyutu) kararlı olarak hareket

edebilir. Aslında sicim kuramı, kendi uzay-zamanının boyutsallığını sabitleyen tek kuramdır. Daha yüksek boyutların titreşerek ışık gibi üç boyutta yayılabilen kuvvetler yarattığını varsayarak, 1921 yılının Kaluza-Klein kuramında olduğu gibi kütle çekimini elektromanyetizma ile birleştirebilir (Eğer on birinci bir boyut ekleyecek olursak, o zaman sicim kuramı hiper uzayda titreşen membranlar (ince zarlar) olasılığına izin vermektedir. "M kuramı" olarak adlandırılan bu durum, sicim kuramını kapsayabilir ve kurama on birinci boyutun bakış açısıyla yeni görüşler kazandırabilir).

Eğer bugün yaşıyor olsaydı, süper sicim kuramı konusunda Einstein neler düşünürdü? Fizikçi David Gross, şöyle demişti: "Einstein bunu beğenirdi, gerçekleşmesini olmasa da en azından hedefini . . . İşin altında bir geometrik ilke olmasından hoşlanırdı - biz ne yazık ki tam olarak anlayamasak da." Gördüğümüz şekliyle Einstein'ın birleşik alan kuramının özü, geometriden (mermer) madde (tahta) yaratmaktı. Gross, bu konuda şu yorumu yapıyordu: "Geometriden maddenin kendisini yaratmak - sicim kuramının yaptığı şey, bir açıdan budur ... [sicim kuramı] tıpkı geometriden kütle çekiminin çıkışı gibi, doğadaki diğer kuvvetlerle birlikte madde parçacıklarının da ortaya çıktığı bir kütle çekimi kuramıdır." Einstein'ın birleşik alan kuramı üzerindeki eski çalışmalarına dönerek sicim kuramının bakış açısından incelemek, öğretici olacaktır. Einstein'ın dehasının anahtarı, evrenin doğa yasalarını birleştiren temel simetrileri ayıklamayı başarabilmiş olmasında yatmaktadır. Evrenin uzay ve zamanı birleştiren simetrisi, Lorentz dönüşümü veya dört boyutlu dönüşümlerdir. Kütle çekiminin ardında yatan simetri ise, genel eşdeğişkenlik veya uzay-zamandaki isteğimize bağlı koordinat dönüşümleridir.

Bununla beraber Einstein, muhteşem bir birleştirme kuramı yaratmak için yaptığı üçüncü denemede başarısız olmuştur, çünkü kütle çekimini ışıkla veya mermeri (geometri) tahtayla (madde) birleştirecek simetriyi elde edememiştir. Kendisi, tensör hesaplamalarının dikenli çalılarının arasından ona yol gösterecek bir temel ilkeye sahip olmadığının pekâlâ farkındaydı. Bir

seferinde, "İnsanın gerçek bir ilerleme elde edebilmek için doğayı arayıp tarayıp bir genel ilke ortaya çıkartması gerektiğine inanıyorum" diye yazmıştı.

Fakat bu, tam da süper sicimin sağladığı şeydir. Süper sicimin altında yatan ve maddeyi kuvvetlerle birleştiren garip ve güzel simetriye "süper simetri" adı verilir. Daha önce tartıştığımız gibi, atom altı parçacıkların "dönüş" adı verilen bir özellikleri vardır, sanki dönen birer topaçmışlar gibi davranırlar. Evrendeki maddeyi meydana getiren elektron, proton, nötron ve kuarkların hepsi ½ dönüşe sahiptir ve yarım dönüşe sahip parçacıkların özellikleri konusunda araştırmalar yapmış olan Enrico Fermi'ye atfen bunlara "fermiyonlar" adı verilmektedir. Buna karşın, kuvvetlerin kuantaları elektromanyetizma (1 dönüşlü) ve yerçekimi (2 dönüşlü) esaslıdır. Bunların tam dönüşe sahip olduklarına ve "bozonlar" (Bose ve Einstein'ın çalışmalarına atfen) olarak adlandırıldıklarına dikkat ediniz. Önemli olan nokta, genel olarak maddenin (tahta) yarım dönüşlü fermiyonlardan, kuvvetlerin (mermer) ise tam dönüşlü bozonlardan meydana geliyor olmasıdır. *Süper simetri, fermiyonlarla bozonları birleştirir.* Süper simetrinin Einstein tarafından arzulanan şekilde tahta ile mermerin birleştirilmesine olanak sağlamasında önemli olan nokta budur. Aslına bakılacak olursa süper simetri, "süper mermer"in ortaya çıkmasına olanak sağlayan ve "süper uzay" olarak adlandırılan, matematikçileri dahi şaşırtan yeni bir geometri türünün ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bu yeni yaklaşımda uzay ve zamanın eski boyutlarını yeni fermiyonik boyutları içerecek şekilde genelleştirmemiz gerekmektedir. Bu sayede, yaratılış anında bütün kuvvetlerin içinden çıktığı bir "süper kuvvet" yaratmamız mümkün olabilecektir.

Bu durumda bazı fizikçiler, Einstein'ın orijinal genel eşdeğişkenlik ilkesinin şu şekilde değiştirilmesi gerektiğini öne sürdüler: *Fiziğin denklemleri, süper eşdeğişken olmalıdır* (yani, bir süper eşdeğişkenlik dönüşümünden sonra aynı şekli korumalıdırlar).

Süper sicim kuramı, Einstein'ın birleşik alan kuramı üzerindeki eski çalışmalarını yepyeni bir ışık altında incelememize ola-

nak sağlamaktadır. Süper sicim denklemlerinin çözümlerini incelemeye başladığımız zaman, Einstein'ın 1920'li ve 1930'lu yıllarda öncülüğünü yaptığı garip uzaylardan pek çoğu ile karşılaşırız. Daha önce gördüğümüz gibi Einstein, günümüzde sicim kuramında bulunan bazı uzaylara karşılık gelebilecek Riemann uzayı genellemeleri ile çalışmaktaydı. Einstein, bu garip uzayları (karmaşık uzaylar, "burulmalı" uzaylar, "bükülmüş uzaylar", "bakışımsız uzaylar", v.b. dahil) birer birer, zahmetli bir şekilde inceliyordu, fakat matematiğin körüğümü içinde kendisine kılavuzluk edecek bir fizik ilkesine veya resme sahip olmadığı için, yolunu kaybetmişti. Süper simetrinin işin içine dahil olduğu nokta, burasıdır – bu uzayların çoğunu farklı bir bakış açısı ile incelememize olanak sağlayan düzenleyici bir ilke görevi görür.

Fakat, acaba süper simetri, yaşamının son otuz yılı boyunca Einstein'ın dikkatinden kaçan simetri midir? Einstein'ın birleşik alan kuramının kilit noktası, saf mermerden, yani saf geometriden meydana gelecek oluşudur. Onun orijinal görelilik kuramını kirleten çirkin "tahta", geometrinin içinde kaybolacaktır. Saf mermer içeren bir kuramın anahtarı, süper simetrinin elinde olabilir. Bu kuramda "süper uzay" olarak adlandırılan, uzayın kendisinin süper simetrileştirilmiş bir hal aldığı bir durum ortaya atılabilir. Diğer bir deyişle, *nihai birleşik alan kuramı yepyeni bir "süper geometri" ile, "süper mermer" kullanılarak meydana getirilecektir* diyebiliriz.

Fizikçiler, tıpkı Einstein'ın inandığı gibi, büyük patlama anında dünyadaki bütün simetrilerin birleşmiş olduğuna artık inanmaktadırlar. Doğadaki dört kuvvet (kütle çekimi, elektromanyetizma, güçlü ve zayıf kuvvetler), yaratılış anında tek bir "süper kuvvet" halinde birleşmiş durumdaydı ve sonradan, evren soğudukça, birbirinden ayrılmıştı. Einstein'ın birleşik alan kuramı arayışları olanaksız görünüyordu, çünkü görüyoruz ki günümüzde dünyanın dört kuvveti fena halde dört parçaya bölünmüştür. Eğer saati 13,7 milyar yıl geriye, orijinal büyük patlamaya döndürecek olabilseydik, evrenin kozmik bütünlüğünü tıpkı Einstein'ın hayal ettiği gibi, bütün görkemiyle görebilirdik.

Witten, tıpkı kuantum mekaniğinin son yarım yüzyılda fiziğe hakim olmasına benzer şekilde, sicim kuramının da günün birinde fiziğe hakim olacağını iddia etmektedir. Bununla beraber, hâlâ aşılması gereken ürkütücü engeller bulunmaktadır. Kuramı eleştirenler, bazı zayıf noktalarına işaret etmektedir. İlk olarak, doğrudan test etmek olanaksızdır. Süper sicim kuramı evrenin kuramı olduğu için, onu denemenin tek yolu büyük patlamayı yeniden yaratmak, yani bir atom parçalayıcının içerisinde evrenin başlangıcını andıran enerjiler yaratmaktan geçmektedir. Bunu yapmak için, bir galaksi büyüklüğünde bir atom parçalayıcıya ihtiyaç duyulacaktır. Bu ise, ileri düzeyde bir uygarlık için dahi olanaksızdır. Bununla beraber, fiziğin çoğu dolaylı yoldan yapılmaktadır, dolayısıyla İsviçre'de, Cenevre'nin dışına inşa edilmiş olan Büyük Hadron Çarpıştırıcısının (Large Hadron Collider - LHC) bu kuramı incelemek için yeterli miktarda enerjiye sahip olacağı konusunda büyük beklentiler bulunmaktadır. LHC çalıştırıldığı zaman, protonları, trilyonlarca elektron voltluk enerji ile atomları parçalamaya yetecek bir hıza ulaştırmaktadır. Fizikçiler, böyle inanılmaz çarpışmaların kalıntısı olan molozları inceleyerek süper sicimin yeni bir rezonansını veya oktavını temsil edecek olan yeni bir parçacık türünü, süper parçacık veya "sparçacığı" bulmayı ümit etmektedirler.

Karanlık maddenin sparçacıklardan yapılmış olabileceği yolunda bazı tahminler dahi mevcuttur. Örneğin fotonun "fotino" adı verilen eşi yük bakımından nötrdür, dengelidir ve bir kütleye sahiptir. Eğer evren fotinolardan meydana gelen bir gaz ile dolu olsaydı onu görmeyi başaramazdık, fakat o karanlık maddeye çok benzeyen bir şekilde davranırdı. Eğer günün birinde karanlık maddenin gerçek özelliklerini tanımlayabilecek olursak, bu bize süper sicim kuramının dolaylı bir kanıtını sağlayabilir.

Kuramı dolaylı bir yoldan sınamak için bir başka yol da, Büyük Patlama'dan geriye kalan çekim dalgalarını çözümlemektir. Gelecek on yıl içinde LISA çekim dalgası algılayıcıları uzaya gönderildiği zaman, yaratılış anından saniyenin trilyonda biri kadar zaman sonra yayılan çekim dalgalarını toplamayı

başarabileceklerdir. Bunlar, sicim kuramı tarafından yapılan öngörülerle uyuştuğu takdirde, elde edilen veriler, kuramı kesin şekilde kanıtlayacaktır.

M kuramı, eski Kaluza-Klein evrenini sarıp sarmalayan bulmacalardan bazılarını açıklamayı da başarabilir. Hatırlayacak olursanız, Kaluza-Klein evrenine yapılan ciddi itirazlardan bir tanesi bu üst boyutların laboratuarda görülemeyecek oluşu ve aslında bir atomdan çok daha küçük olması gerektiği (aksi takdirde atomlar bu üst boyutlara kaçardı) şeklindeydi. Fakat M kuramı, evrenimizin on bir boyutlu sonsuz bir hiper uzayda yüzen bir membran olduğu varsayımı ile bize bu sorun için olası bir çözüm getirmektedir. Böylece, atom altı parçacıklar ve atomlar membranımıza (evrenimize) hapsedilmiş olacak, fakat hiper uzayın bozukluğa uğramış bir şekli olan kütle çekimi, evrenler arasında serbestçe hareket edebilecektir.

Ne kadar garip görünürse görünsün, bu hipotezin sınanması mümkündür. Isaac Newton'dan bu yana fizikçiler, kütle çekiminin uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak azaldığını bilmektedirler. Dört uzaysal boyutta kütle çekiminin uzaklığın küpü ile ters orantılı olarak azalması gerekir. Dolayısıyla, kusursuz bir ters kare yasasından, minik sapmaları ölçerek diğer evrenlerin varlığını belirlemek mümkün olabilir. Kısa bir süre önce, kendi evrenimizden yalnızca bir milimetre uzaklıkta bir paralel evren varsa, Newton'un kütle çekimiyle uyumlu ve hatta LHC tarafından da algılanabilir olabileceği varsayımı ortaya atılmıştır. Bu da, süper sicim kuramının bir yönünün sparçacıklar arayarak veya bizden bir milimetre uzaklıkta paralel evrenler araştırarak yakında sınanabilecek duruma gelebileceğini anlayan fizikçiler arasında önemli ölçüde heyecan yaratmıştır.

Bu paralel evrenler, karanlık madde için bir başka açıklama da getirebilir. Eğer yakında bir paralel evren varsa, onu görmeyi veya hissetmeyi başaramayız (çünkü madde, bizim membran evrenimizin içinde hapsolmuştur), fakat onun kütle çekimini hissedebiliriz (kütle çekimi, evrenler arasında hareket edebileceği için). Bu, tıpkı karanlık maddede olduğu gibi, bize sanki görünmeyen uzay, bir tür kütle çekimine sahipmiş gibi görünür.

Aslında, süper sicim kuramcılarının bazıları, karanlık maddenin belki de yakındaki bir paralel evrenin kütle çekimi olarak açıklanabileceğini öne sürmektedirler.

Fakat, süper sicim kuramının doğruluğunu kanıtlamakla ilgili gerçek sorun deneyler değildir. Kuramı doğrulamak için devasa atom parçalayıcılar veya uzay uyduları yapmamız gerekmez. Gerçek sorun, tamamen kuramsaldır: Eğer kuramı tümüyle çözecek kadar akıllıysak, yıldızları, galaksileri, gezegenleri ve insanları da kapsamak koşuluyla bütün çözümleri bulabilmemiz gerekir. Şimdiye kadar Dünya üzerinde bu denklemleri tümüyle çözebilecek kadar akıllı hiç kimse çıkmamıştır. Belki yarın, belki de on yıllar sonra, birisi çıkıp kuramı tümüyle çözdüğünü ilan edebilir. İşte o zaman, bunun bir her şeyin kuramı mı olduğunu, yoksa hiçbir şeyin kuramı mı olduğunu anlama olanağı bulabiliriz. Sicim kuramı böylesine açık olduğu ve hiçbir ayarlanabilir parametreye sahip olmadığı için, bu ikisi arasında bir sonuç elde edilemez.

Acaba süper sicim kuramı veya M kuramı, Einstein'ın söylediği gibi doğanın yasalarını basit, tutarlı bir bütün oluşturacak şekilde birleştirmemize olanak sağlar mı? Bir tahminde bulunmak için henüz çok erken. Einstein'ın sözlerini hatırlayalım: "Yaratıcı ilke, matematiğin içinde yatmaktadır. Dolayısıyla bir bakıma saf düşüncenin, tıpkı eskilerin hayal ettiği gibi, gerçeği kavrayabileceğini savunuyorum. Belki de bu kitabı okuyan genç okurlardan biri, bütün fiziksel kuvvetleri birleştirmek için gerçekleştirilen bu arayışlardan esinlenecek, bu programı tamamlayacaktır.

Öyleyse, Einstein'ın gerçek mirasını nasıl yeniden değerlendirmemiz gerekir? 1925 yılından itibaren her şeyi bırakıp balığa çıkması gerektiğini söylemek yerine, daha uygun bir övgü belki şöyle olabilir: *Temel düzeydeki bütün fizik bilgisi, fiziğin iki dalında, genel görelilik ve kuantum kuramı içinde bulunmaktadır. Einstein bunlardan birincisinin kurucusu, ikincisinin isim babasıydı ve her ikisini birleştirmek için gereken zemini hazırladı.*

Bibliyografya

Barrow, John D. *The Universe That Discovered Itself.* Oxford University Press, Oxford, 2000.

Bartusiak, Marcia. *Einstein's Unfinished Symphony.* Joseph Henry Press, Washington, D.C., 2000.

Bodanis, David. $E = mc^2$. Walker, New York, 2000.

Brian, Denis. *Einstein: A Life.* John Wiley and Sons, New York, 1996.

Calaprice, Alice ed. *The Expanded Quotable Einstein.* Princeton University Press, Princeton, 2000.

Clark, Ronald. *Einstein: The Life and Times,* World Publishing, New York, 1971.

Crease, R., and Mann, C. C. *Second Creation.* Macmillan, New York, 1986.

Croprer, William H. *Great Physicists.* Oxford University Press, New York, 2001.

Croswell, Ken. *The Universe at Midnight.* Free Press, New York, 2001.

Davies, P. C. W., and Brown, Julian, eds. *Superstrings: A Theory of Everything?* Cambridge University Press, New York, 1988.

Einstein, Albert. *Ideas and Opinions.* Random House, New York, 1954.

Einstein, Albert. *The Meaning of Relativity.* Princeton University Press, Princeton, 1953.

Einstein, Albert. *Relativity: The Special and the General Theory.* Routledge, New York, 2001.

Einstein, Albert. *The World as I See It.* Kensington, New York, 2000.

Einstein, Albert, Lorentz, H. A., Weyl, H., and Minkowski, H. *The Principle of Relativity.* Dover, New York, 1952.

Ferris, Timothy. *Coming of Age in the Milky Way.* Anchor Books, New York, 1988.

Flückiger, Max. *Albert Einstein in Bern.* Paul Haupt, Bern, 1972.

Folsing, Albrecht. *Albert Einstein.* Penguin Books, New York, 1997.

Frank, Philip. *Einstein: His Life and His Thoughts.* Alfred A. Knopf, New York, 1949.

French, A. P., ed. *Einstein: A Centenary Volume.* Harvard University Press, Cambridge, 1979.

Gell-Mann, Murray. *The Quark and the Jaguar.* W. H. Freeman, San Francisco, 1994.

Goldsmith, Donald. *The Runaway Universe.* Perseus Books, Cambridge, Mass., 2000.

Hawking, Stephen, Thorne, Kip, Novikov, Igor, Ferris, Timothy, and Lihgtman, Alan. *The Future of Spacetime.* W. W. Norton, New York, 2002.

Highfield, Roger, and Carter, Paul. *The Private Lives of Albert Einstein.* St. Martin's, New York, 1993.

Hoffman, Banesh, and Dukas, Helen. *Albert Einstein, Creator and Rebel.* Penguin, New York, 1973.

Kaku, Michio. *Beyond Einstein.* Anchor Books, New York, 1995.

Kaku, Michio. *Hyperspace.* Anchor Books, New York, 1994.

Kaku, Michio. *Quantum Field Theory.* Oxford University Press, New York, 1993.

Kragh, Helge. *Quantum Generations.* Princeton University Press, Princeton, 1999.

Miller, Arthur I. *Einstein, Picasso.* Perseus Books, New York, 2001.

Misner, C. W., Thorne, K. S., and Wheller, J. A. *Gravitation.* W. H. Freeman, San Francisco, 1973.

Moore, Walter, *Schrödinger, Life and Thought.* Cambridge University Press, Cambridge, 1989.

Overbye, Dennis. *Einstein in Love: A Scientific Romance.* Viking, New York, 2000.

Pais, Abraham. *Einstein Lived Here: Essays for the Layman.* Oxford University Press, New York, 1994.

Pais, Abraham. *Inward Bound: Of Matter and Forces in the Physical World.* Oxford University Press, New York, 1986.

Pais, Abraham. *Subtle Is the Lord -: The Science and the Life of Albert Eintein.* Oxford University Press, New York, 1982.

Parken, Barry. *Einstein's Braincluld: Relativity Made Relatively Easy.* Prometheus Books, Amherst, N.Y., 2000.

Petters, A. O., Levine, H., and Wambganss, J. *Singularity Theory and Gravitational Lensing.* Birkhauser, Boston, 2001.

Sayen, Jamie. *Einstein in America.* Crown Books, New York, 1985.

Schilpp, Paul. *Albert Einstein: Philosopher-Scientist.* Tudor, New York, 1951.

Seelig, Carl. *Albert Einstein.* Staples Press, London, 1956.

Silk, Joseph. *The Big Bang.* W. H. Freeman, San Francisco, 2001.

Stachel, John, ed. *Einstein's Miraculous Year.* Princeton University Press, Princeton, 1998.

Sugimoto, Kenji. *Albert Einstein: A Photographic Biography.* Schocken Books, New York, 1989.

Thorne, Kip, S. *Black Holes and Time Warps: Einstein's Outrageous Legacy.* W. W. Norton, New York, 1994.

Trefil, James S. *The Moment of Creation.* Collier Books, New York, 1983.

Weinberg, Steven. *Dreams of a Final Theory.* Pantheon Books, New York, 1992.

Zackheim, Michele. *Einstein's Daughter.* Riverhead Books, New York, 1999.

Zee, A. *Einstein's Universe: Gravity at Work and Play.* Oxford University Press, New York, 1989.

Dizin

ABD; 93,145, 152, 160, 175
Adler, Friedrich; 29, 51, 79
Almanya; 13, 20, 56, 74, 79, 83-84, 87-90, 93, 104, 141-144, 150, 152-153, 172
Amerikan Doğa Bilimleri Müzesi; 93
Aristo; 4
Aspect, Alain; 168
Avrupa Uzay Ajansı; 171, 173
Avrupa; 4, 8, 79, 89, 143, 145
Batlamyus; 34
Beethoven; 16, 85
Bernstein, Jeremy; 4, 158
Bertrand, Russel; 91
Besso, Michele; 19, 36, 39, 162
Bethe, Hans; 151
Biedermeier; 14
Bohr; 52, 124, 127, 129-131, 133, 135, 137, 144, 158, 166, 168-169,
Boltzmann; 45, 122, 161
Born, Max; 39, 126, 128
Bose, Satyendra Nath; 122
Bose-Einstein topluluğu; 123
Bose-Einstein yoğunlaşması; 164
Brown, Robert; 44
büyük çatırtı; 176
California Teknoloji Enstitüsü; 93
Cambridge Üniversitesi; 6, 8, 81
Canterbury; 90
Carroll, Lewis; 86, 139
Casimir, Henrik; 181
CERN; 167
Chadwick, James; 148
Churchill, Winston; 142, 167
Colombus; 103
Columbia Üniversitesi; 86,150, 158
Curie, Marie; 10-11, 42, 53, 55, 149

Çiçero; 17
Dalén, Nils Gustaf; 56
Danimarka; 129, 144
de Broglie, Louis; 123
de Sitter, Willem; 99
Degenhart, Herr Joseph; 15
dekoherans; 168-169
Demokritus; 184
dieransiyel geometri; 71
Dirac, Paul Adrian Maurice; 124
Dodgson, Charles; 139
Dr. Einstein, Amerika; 149
Dukas, Helen; 31, 58, 146, 154, 184
Dyson; Frank; 83
Eddington, Arthur; 81-82, 117
Eddington; 81-84, 106, 117, 120
Ehrenfest ikilemi; 67
Ehrenfest, Paul; 67, 130, 146
Einstein Kulesi; 93
Einstein, Hermann; 13, 17
elektromanyetizma; 113, 115-116, 118, 187-189
epicycle; 34
Epikür; 32
EPR deneyi; 134, 136
Everett, Hugh; 167
Faraday, Michael; 9, 113
Fermi, Enrico; 149, 151, 186, 188
fermiyonlar; 188
Feynman, Richard; 170
Fitzgerald, George; 33
Foster, Aime; 51
Freundlich; Erwin Finlay; 74
Frisch, Otto; 125
Gamow, George; 160
Gauss, Carl Friedrich; 71
Geiger, Hans; 87
Gelişmiş Araştırmalar Enstitüsü; 3
Gerlach, Walter; 125
gluonlar; 185
Goldman, Martin; 9
Gödel, Kurt; 159-160, 180-181, 185
Göttingen; 129
Greenberger; Daniel; xiii
Greenstein, Jesse; 170
Gross; David; 187
Grossman, Marcel; 25, 30, 55, 70, 73
Günberi kayması; 75
Gymnasium, Luitpold; 15
Halley kuyruklu yıldızı; 7
Halley, Edmund; 7
Harden, Maximilian; 91
Hedin; Sven; 92
Heidelberg Fizik Enstitüsü; 91
Heidelberg; 87, 91
Heisenberg, Werner; 127, 152
Hertz, Heinrich; 43
Herzog, Albin; 19
Hipparcos; 171
Hitler; 142-144, 153, 167
Hollywood; 93-94, 151
Hubble Uzay Teleskopu; x, 174, 178
Hubble, Edwin; 93, 100, 176
Huxley, Thomas; 84
hypotheses non fingo; 69
I. Dünya Savaşı; 80-81, 84, 90
IBM; 168
II. Dünya Savaşı; 119, 167, 169
ışık kuantası; 44
ilgin alan kuramı; 155
Japonya; 91-92, 154
Jüpiter; 7, 37

Kaiser Wilhelm Fizik Enstitüsü; 56, 149, 153
Kaluza, Theodor; 117
Kant; 17, 94
Kelvin, Lord; 10
Ketterle, Wolfgang; 164
Klein, Felix; 78-79
Klein; Oskar; 118
Kopenhag; 130, 133-135, 165-166, 168
Kopernik; vii, 33-34, 64, 81, 83-85, 87, 89, 91, 93, 95, 177
Königsberg Üniversitesi; 117
Laplace; 105, 178
Large Hadron Collider-LHC; 190-191
Laue, Max von; 47
Lemaitre, Georges; 100
Lenard; 43, 87, 91-92
Lenard; Philipp; 43, 87, 91
Lenin; 91
Lewis, Gilbert; 44
LIGO; 172-173
Liebknecht, Karl; 90
Lindbergh, Charles; 93
Londra; 7, 83-84, 88, 113-114, 120
Lorentz dönüşümü; 72, 187
Lorentz transformasyonu; 38, 40-41, 49
Lorentz, Hendrik; 33, 82
Lorentz-Fitzgerald kısalması; 34
Luxemburt, Rosa; 90
M kuramı; xii, 187, 191-192
Mach İlkesi; 73
Mach; 32, 35, 44, 73, 76, 99
Mandl, Rudi; 108
Manhattan; 89, 107, 151, 153, 167
Maric, Mileva; 25
Mars; 7
Maxwell, James Clerk; 4, 8
Meitner, Lise; 149, 151
Michelson, Albert; 32
Milikan, Robert; 92
Milletler Cemiyeti; 90
Minkowski, Hermann; 25, 47
Mitchell, John; 105
Monroe, Marilyn; ix
Moore, Walter; 124
Morley, Edward; 32
Mozart; 16, 59
Münih; 14, 18
NASA; 7, 173
Nazi Almanyası; 142, 145
Neptün; 7, 75
New Jersey; 145, 174
New Mexico; 151, 153
New York Şehir Koleji; xiii, 89
New York Times; 84-86, 120, 149
New York; 48, 84-86, 88, 93-94, 150, 154, 193-195
Newton, Isaac; ix, 3-4, 24, 46-47, 66, 83, 90, 191
Norveç; 153
nötrinolar; 185
Nuesch, Jacob; 29
Occam'ın Usturası; 34
Olbers ikilemi; 98
Olympia Akademisi; 31
Oppenheimer, J. Robert; 106, 186
Ostwald, Wilhelm; 28, 79
Öklid; 16
Paris; 90, 168
Pauli, Wolfgang; 117, 121, 130, 158
Peary, Robert; 185
Penzias, Arno; 174
Pernet, Jean; 25

Philosophiae Naturalis Principia Mathmatica; 69, 97
Pisagor; 17
Planck sabiti; 44, 46-47, 125
Planck, Max; 10, 43, 46-47,51, 56, 64, 79, 86, 143
Plütonyum-239; 153
Podolsky, Boris; 134
Poincaré, Henri; 41
Pope, Alexander; 6
Pound, Robert V.; 170
Presley, Elvis; ix
Princeton Üniversitesi; xiii, 144
Prusya Akademisi; 120
Prusya Bilimler Akademisi; 56-57
Prusya; 18, 78
Rathenau, Walther; 90
Rebka; G.A.; 170
"Ricci" eğriliği; 72
Riemann, Bernhard; 70
Roentgen, Wilhelm; 79
Rosen, Nathan; 107, 134, 137
Rosenfeld, Leon; 135
Rotblatt, Joseph; 154
Rutherford, Ernest; 116
Saf Aklın Eleştirisi; 17
Samanyolu; 98, 101-102, 178-179
Sanayi Devrimi; 5
Schrödinger; 124-127, 129, 132-133, 135, 137144-145, 154-155, 168, 195,
Schwarzschild, Karl; 104
Sicim kuramı; xii, 119-120, 138, 185-188, 190-192
Snyder, Hartland; 106
Spinoza; 95-96
Standart Model; 184-185
Stark, Johannes; 87
süper kuvvet; 188-189
süper simetri; 188-189
Szilard, Leo; 144
Tagore, Rabindranath; 94
TAMA; 172
Teller, Edward; 186
The Science of Mechanics; 32
Thomson; J.J.; 83
Thorne, Kim; 181
Truman, Harry; 154
Uranüs; 7, 75
Van Stockum, W.J.; 180
Vatikan; 145
VIRGO; 172
W borozonları; 185
Washington Post; 162
Washington; 86, 89, 150-151, 170, 172, 193
Weinberg, Steven; 169, 185
Weisskopf, Victor; 77
Weizmann, Chaim; 88, 161
Wells, H.G.; 48
Westfall, Richard S.; 5
Weyl, Hermann; 116
Wheeler, John; 105,131
Whitehead, Alfred; 83
Wigner, Eugene; 150-151, 166
Wilson Dağı; 93, 101-102
Wilson, Robert; 174
Winthertur Teknik Okulu; 28
Yang-Mills alanları; 119
Yang-Mills parçacıkları; 185
Zürich Politeknik Enstitüsü; 19

Yirminci yüzyılın en büyük bilim insanının yaşamını ve çalışmalarını ustalıkla yeniden canlandıran Michio Kaku, bizleri Einstein'ın zihnine sokarak nasıl düşündüğünü gösteriyor. Einstein'ın büyük fikirleri resimler halinde ortaya çıkıyordu. Yanı başında koştuğu bir ışık demetinin nasıl görüneceğini hayalinde canlandırdığı ilk resim, Einstein'a özel görelilik kuramını ve yıldızların gizemini çözen meşhur $E=mc^2$ denklemini getirmişti. Einstein'ın kendisini Bern patent ofisinde sandalyesinden düşerken gördüğü ikinci resim, kavisli uzay-zamanıyla kara delikleri ve büyük patlamayı önümüze getiren genel görelilik kuramı doğmuştu. Einstein'ın bütün doğa kuvvetlerini birleştirmek için yaptığı girişimin başarısızlığı ise, üçüncü bir resim yaratmakta başarısız olmasından kaynaklanmaktaydı. Ne olursa olsun, Einstein'ın daha sonraki çalışma hayatı boyunca üretmiş fikirlerin çoğu, yeni bilimsel araştırma alanları, yeni teknolojiler ve birkaç Nobel Ödülü kazanılmasına yol açmıştır.

***

"Kaku, okuyucuya Einstein'ın yaptığı gibi görme ve düşünme olanağı sağlıyor."
– Popular Science

"Güvenilir" – Marcus Chown, New Scientist

"Michio Kaku, Einstein'ın dehasını bir şairin duyarlılığına eşdeğer göstermeyi başarıyor."
– George F. Will, Washington Post

***

MICHIO KAKU, New York Şehir Üniversitesi Lisans Üstü Çalışmalar Merkezi'nde ve New York Şehir Koleji'nde Kuramsal Fizik Profesörü olarak çalışmaktadır. Yazdığı kitaplar arasında Hiper Uzay, Einstein'dan Ötesi (Jennifer Trainer ile birlikte), Vizyonlar: Bilim, 21. Yüzyılda Nasıl Bir Devrim Yaratacak ve Paralel Dünyalar sayılabilir. Haftalık radyo programı "Arayışlar", ülkenin dört bir yanında yayımlanmaktadır ve www.mkaku.org web sitesinden izlenebilir. New York City'de yaşamaktadır.



16.00 TL (KDV Dahil)

ISBN 978-605-4362-83-7

