

Keyifli Okumalar Dileriz

Binlerce kategoride milyonlarca PDF e-kitap, ders kitapları, dergiler ve romanlara platformumuz üzerinden ücretsiz ulaşabilirsiniz.

RESMİ WEB SİTEMİZ

<https://rantey.org>

Yedek ve Duyuru Kanallarımız

Sitemize erişim engeli gelmesi veya adres değişikliği durumunda aşağıdaki kanallardan güncel giriş adresine erişebilirsiniz:

- Telegram: <https://t.me/birkitapbir>
- WhatsApp Kanalımız : <https://whatsapp.com/channel/0029VbDHv8uE50Us4lvMoc0Y>

Bir Parçacık Fiziği Masalı



KUARKLARIN BÜYÜCÜSÜ

Robert GILMORE



ODTU YAYINCILIK

KUARKLARIN BÜYÜCÜSÜ

Robert GILMORE



nnri nmiur

The Wizard Of Quarks

Robert Gilmore

Copyright © 1995 Springer-Verlag New York, Inc.

Published by Copernicus, an imprint of Springer-Verlag New York, Inc.

Springer is a part of Springer Science+Business Media

All Rights Reserved

Translation from the English language edition:

Kuarkların Büyücüsü

ISBN: 978-9944-344-37-1



ODTÜ Geliştirme Vakfı

Yayınçılık ve İletişim A.Ş. Yayınları

ODTÜ Yayınçılık

**© Tüm yayın hakları ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayınçılık ve İletişim A.Ş.'nin-
dir. 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

İlker KALENDER

Editör

Zeynep ÖZUSTA

Sayfa Düzeni

Yavuz KUTLUK

1. Basım Ekim 2007

Aydoğdu Ofset Matbaacılık Amb. San. Tic. Ltd. Şti.

ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayınçılık ve İletişim A.Ş.

İnönü Bulvarı, ODTÜ Yerleşkesi 06531 ANKARA

Tlf.: (312) 210 38 70 -210 38 73

Faks: (312) 210 15 49

E-posta: odtuyayincilik@odtuyayincilik.com.tr

İnternet: www.odtuyayincilik.com.tr

Sevgili aileme ve özellikle de yeni katılanlara...

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ Harikalar Dünyası.....	vii
1. BÖLÜM Kütle Cadısı.....	i
2. BÖLÜM Gözlemci Korkuluk.....	19
3. BÖLÜM Teneke Kafa.....	41
4. BÖLÜM Emin Aslan.....	61
5. BÖLÜM Atomik Bahçe.....	81
6. BÖLÜM Dünyanın Merkezindeki Tohum.....	101
7. BÖLÜM Cem Krallığı.....	125
8. BÖLÜM Işık Dokuması Tarlası.....	149
9. BÖLÜM Kuarkların Büyücüsü.....	171
10. BÖLÜM ölümsüzler Meydanı.....	193
11. BÖLÜM Zayıf Yaşlı Bir Kadın.....	211
12. BÖLÜM MasskeTville Higgleri.....	233
13. BÖLÜM Büyük Deneysel Çölde.....	249

ÖNSÖZ

V. s.



HARİKALAR DÜNYASI

Bilimin "mesafeli duruşunun" şaşkınlık hissini yok ettiği söylenir. Öyle ki atomlardan, yalnızca atomlardan meydana geldiğini bilerseniz dünyayı olağanüstü bulamazsınız. Bu tıpkı Shakespeare'in eserlerini, İncil'i, hatta *National Enquirer*'ı da yalnızca kelimelerden meydana geldikleri için takdir edemeyeceğinizi söylemek gibidir. Her şey sözcükler ve atomlar ile neler yapıldığına bağlıdır.

Atomların soğuk, sıkıcı ve hiçbir ilginç yanları olmadığını bilseniz bile (benim şiddetle karşı çıktığım bir düşünce) bu durum atomlardan meydana gelmiş bir dünyanın belirsiz ve gizemli maddelerden oluşmuş bir dünyadan daha az harika olacağı anlamına gelmez. Madeni bir kuruşu düşünün. Onunla yapabileceğiniz pek fazla bir şey yoktur değil mi? O halde bir milyar tane madeni kuruşu düşünün. 10 milyon YTL eder. Konu birden daha ilginç hale geldi değil mi? Son olarak, bu miktarın bin katını düşünün. Artık olasılıklar sonsuz görünmektedir. Yalnızca hayal gücünüz ile sınırlıdır.

Bunun ardından, bir kuruşu değil de bir atomu düşünün. Bir atom kendi başına harika bir şeydir ve sizlere göstermeyi ümit ettiğim gibi tek bir atom pek ilginç olmasa bile birçoğu bir araya gelince olasılıklar hızla artar. Bir önceki örnekteki, bir kuruşları ilginç hale getiren bin milyarlık sayıdan çok daha büyük bir sayı düşünün. On bin milyon kere milyon gibi bir sayı düşünün. Böyle sayılar anlama yeteneğimizi zorlar, ama bu kadar çok atom her şeyi meydana getirebilir. Atomlar örneğin sizi ya da beni oluşturmak için bir araya gelebilirler. Yaklaşık olarak insan boyutlarında oldukları sürece hayal edebileceğiniz her yarattığı, insanların yaptıkları eserleri ya da doğal harikaları meydana ge-

tirebilirler. Daha büyük nesneler ise doğal olarak daha fazla atom gerektirirler. Artık olasılıkların yalnızca hayal gücünüzle sınırlı olduğunu söyleyebiliriz. Hayal edebileceğiniz her şeyi oluşturabilmelerinin yam sıra, atomlar hayal *edemeyeceğiniz* muazzam sayıdaki pek çok şeyi de meydana getirmek için birleşebilirler.

Bilimin mesajlarından birisi, Evren'in hayal edebildiklerimiz ile sınırlı *olmadığıdır*. Kuantum mekaniği gibi bazı keşifler anlayışımızın çok ötesindedir. Felsefi düşüncelerimiz bakımından Evrende düşlediklerimizden daha fazlası vardır ve gördüğümüz bu tür bazı şeyler bilimin harikaları arasındadır.

ANLAMİYORUM!

insanlar genellikle bilimin bulgularının harika ve ilginç olduklarını kabul etmezler. Bazen insanlar bana kitaplarımda onlara anlatmak istediklerimi anlayamadıklarını söylerler. Bunun nedeni konuları etkili biçimde açıklayamamam olabilir. Bu tabii ki mümkündür, fakat pek çok durumda bu durumun nedeninin *anlamak* kelimesinden ne anladıkları ile ilgili olduğundan şüpheleniyorum.

İnsanların *anlamak* kelimesinden çoğunlukla, kendilerine bir şey açıklandığında bunu anlamlı ve mantıklı bulmalarını kast ettiklerini sanıyorum. Yani, hâlihazırda bildikleri ve inandıkları şeyler ile tutarlı olmasını... Bununla birlikte, gerçekten yeni bir şeye baktığınızda böyle bir şey bekleyemezsiniz. Keşfettiğiniz şey tuhaf, şaşırtıcı ve çoğu kez kabullenmesi zor olacaktır. "Güneşin altında yeni bir şey yok" şeklindeki atasözü açıkçası doğru değildir. Henüz her şeyi *bilmiyoruz*.

Tamamen yeni bir durumu incelediğimizde, tamamen yeni şeyler keşfetmeyi bekleyebiliriz. Bu keşiflerin hâlihazırda bildiklerimiz bakımından "anlamlı" olması gerekmez. I latta sağduyumuzu bile çığneyebilirler, çünkü devam edebilmemiz için önceden bir deneyimimiz olmamıştır. Sağduyu yaşı m kırımızda biriktirdiğimiz deneyimlerin damıtılmış bir uzlaşmadır ve görece-

li olarak makul durumlarda güvenilir bir rehberdir. Ama kuantum dünyası normal deneyimlerimiz içinde değildir, tıpkı cisimlerin ışık hızına yakın hızlarda hareket ettikleri görecelik kuramı ile tanımlanan dünya gibi. Deneyimlerimizden ortaya çıkmış olan sezgilerimiz bizlere burada yardımcı olmaz. Herhangi bir önkavram kullanamayız ve kesinlikle Doğa'nın nasıl görünmesi gerektiği konusunda hiçbir önkoşul ortaya koyma hakkımız yoktur. Önceki deneyimlerimizin *tamamen* dışımda olan bir şey ile karşılaştığımızda, dünya hakkında yeni bir şeyler öğrenen küçük çocuklar haline geliriz. Bebeklerin (**söyleyebileceğim kadarıyla**) dünya hakkında hiçbir önkavramları yoktur; dünyayı yepyeni bir şey olarak anlamlandırmak zorundadırlar. Aynı şekilde, bizler de "kuantum fizikçikleri" olarak yeniden doğmak zorundayız.

Dünyayı biz yaratmadık ve Doğa'nın kurallarını biz koymuyoruz. Bunlar nasıl ise öyledir. Bunları keşfetmek, tanımlamaya çabalamak ve her şeyden önemlisi bunlar karşısında şaşırmanın başka bir şey yapamayız. Her şeyi bildiğimiz ya da inandıklarımızla örtüştürmek için en uygun tepki inanmamak ya da bildiklerimizden şaşmamak değil hayranlık duymaktır.

BİLİMSEL BİR YAKLAŞIM

Bu kitabın bilimsel bir kitap olmadığı itiraf etmek zorundayım. Bunun nedeni, bilimin pratiği ile ortaya çıkan bir şaşkınlık duygusu vermeye çalışmam değildir. Başarabildiğim kadarıyla parçacık dünyası hakkında oluşturmaya çalıştığım resim, çağdaş bilim insanlarının pek de itibar etmediği bir tablodur. Zaten buna eklenmek gibi bir hevesim de yoktur. Bu kitapta, parçacıkların doğası hakkında pek çok ifadeyi oluşturmak için benzerlikler kullandım ama bunları desteklemek için kanıtlar vermedim. Ama Bilim deneye bağımlıdır. Evrenin nasıl olması gerektiği konusunda doğuştan getirdiğimiz bilgiler yoktur ve bunu gözlem yoluyla keşfetmek zorundayız.

Bilimin - özellikle de kuantum fiziğinin - bulgularından pek çoğu hiç de akla yatkın şeyler değildir, fakat onlarla birlikte

yaşamak zorundayız çünkü dünya hakkında sağladıkları açıklamalar, gözlemler ile uyuşan yegâne açıklamalardır. Bu, bilimin ilk ve tek gereksinimi ve herhangi bir konuda fikri olan her insan grubu gibi kendi aralarında fikir ayrılıklarına düşme eğiliminde olan bilim insanlarının hepsinin aynı şey üzerinde uzlaşmaya varmalarının ve ikna olmalarının nedenidir. İşte bu yüzden *modellerimiz* gördüklerimize uymak ve gördüğümüz her şey ile tutarlı olmak zorundadır ve (mümkün olduğu durumlarda) henüz bakmadığımız şeyleri kestirmelidir. Bu, dünyayı kökünden sarsan bir ya da iki deney konusu değildir. Bilim böyle çalışmaz. Tek bir "büyük deney" fikri sakıncalıdır (parçacık fiziğinde olduğu gibi bazen maliyet gözlem sayısını sınırlandırırsa da). Fiziğin büyük kısmı sadece tek bir gözlem ile değil, yıllar boyunca binlerce - ve daha da büyük olasılıkla bile milyonlarca - gözlem ile desteklenir. Bu gözlemler içinde büyük ulusal laboratuarlardaki bilim insanlarını, üniversitelerdeki araştırmacılar ile liselerdeki öğretmen ve öğrencilerin bulunduğu büyük bir deneyçiler ordusu tarafından kaydedilir. Dünyanın kabul edilmiş fiziksel resmi tüm bu insanların yaptığı ölçümler ile örtüşmelidir. Bu ölçümlerden her biri ile ve ayrıca günlük yaşamlarımızda gözlemlediğimiz şeyler de ile mutlaka örtüşmek zorundadır. Çoğu zaman kuramlar gözlemlerin sonuçlarını henüz yapılmadan doğru biçimde kestirebilirler. Tüm bu kanıtların ezici sorumluluğu alternatif görüşlerin ortaya atılmasını zorlaştırır.

Bilimin harikalarını fark etmenin, yalnızca uzun ve kasvetli bir mutfaktan ulaşılabilen görkemli bir yemek salonundaki ziyafete katılmak gibi olduğu söylenmiştir. Bu mutfak deneyler yapıp bunları yorumlamayı temsil etmektedir. Bu süreç karmaşık ve yorucu olabilir ama deney yapmak tek başına bizlere bilimin sonuçlarına inanmamız için neden sunmaktadır. Bu kitapta, sizi bu salona davet ediyor ve ziyafetteki harika şeyleri tatmaya davet ediyorum. Ama bu harika şeyler gerçeklerse, ziyafetteki yemeklerin güvenle yenebileceğini söylemenin tek yolunun yalnızca mutfağı ziyaret etmek olduğunu unutmayın. Tadına varacağımız tüm bu lezzetleri mutfakta bugüne kadar yapılmış - ve halen de yapılmakta olan - bilimsel çalışmalara borçluyuz.

PEK ÇOK HARİKA ŞEY VAR

Atomik ve atom altı dünyanın mevcut resminde şaşkınlık ve hayranlık uyandıracak pek çok harika şey vardır. Şahit olacak pek çok şey...

1. *Girişim*'in olagelen etkisi mevcuttur (2. Bölüm). Atomik düzeyde, büyük ölçekli parçacık ve dalga kavramları uygun olmamaktadır. Bunların yerine, günlük deneyimlerimiz ile pek iç içe olmayan *genlik* kavramı mevcuttur. Bu dünyada seçenekler yoktur. Olası her durum için bir genlik vardır ve genliklerin tümü girişime uğrar. Eklenir ve *çıkarılırlar*, bu yüzden neyi gözlemlemekte olduğumuzu belirleyen bu genlikler topluluğudur.

2. *Faz*'m bilinen rolü (2. Bölüm). Klasik anlamda, faz "dalga benzeri" bir şeydir. Farklı genliklerin bir tür göreceli yönelimlerini tanımlar ve birbirlerini nasıl etkilediklerini belirler. Eklenecekler mi, çıkartılacaklar mı yoksa bir tür ara durumda uzlaşmaya mı varacaklar? Faz çok önemli bir olgudur.

3. Belirsizlik İlkesi ile tanımlanan *Kuantum dalgalanmaları* mevcuttur (3. Bölüm). Özellikle momentum ve enerji gibi pek çok büyüklük biraz değişim gösterebilir. Uzun dönemde toplam enerji sabittir ama anlık periyotlar halinde dalgalanma gösterir.

4. *Sanal parçacıklar* (8. Bölüm) enerji dalgalanmalarından doğarlar. Enerjinin incelendiği periyot kıaldıkça, daha çok değişim gösterebilir. Çok kısa periyotlarda, yeni parçacıkların durgun kütle enerjilerini oluşturmaya yetecek kadar değişim gösterebilirler. Bu tür parçacıklar hiçlikten doğabilir ve hiçliğe dönebilirler, ama çok kısa ömürlerinde dünyamızı bir arada tutan tüm etkileşimlerden sorumludurlar.

5. *Pauli Dışlama İlkesi* (4. Bölüm) birbiri ile yer değiştirirken genlikleri işaret değiştiren iki parça ile genlikleri değişmeyen parçacıklar arasındaki ayırmadan meydana gelirler. Bu durum, bir toplu iğne başında kaç meleğin dans edebileceği konusundaki Ortaçağ tartışmasından bile aşağıda yer alan akademik bir se-

viyeye benzemiyor mu? Aksine, bunun atomların varlıkları ve yere batmıyor olmanız gibi çok ilginç sonuçları vardır.

6. *Renormalizasyon* (6. Bölüm) bu listedeki 1. maddede bahsi geçen sanal parçacıkların sonsuz kümesine eşlik eden sonsuz enerji konusu ile başa çıkma çabasıdır. Aslında, parçacıkların enerjileri sonsuz derinlikteki bir deliğe gömülüdür ve yalnızca gözlemlenebilen durgun kütle enerjileri yüzeye çıkar.

... ve tüm bunlar bizi *kuarklara* götürmektedir.

Sizleri içeri girmeye, rahat bir koltuğa yerleşmeye ve hepimizin içinde yaşadığı dünyayı temel olarak anlamanızı sağlayacak bir ziyafete katılmaya davet ediyorum.

TEŞEKKÜRLER

Web sayfalarındaki resimleri bazı çizimlerimde arka plan malzemesi olarak kullanma izni için CERN Laboratuvarı'na teşekkür ederim.

Ayrıca şunu önemle vurgulamak isterim ki kitapta yer alan mitolojik Cern Krallığı "temel parçacıklar" üstüne daha fazla akıl yürütebilmek için tamamıyla benim ortaya attığım bir icattır ve gerçek Cern Laboratuvarı ile çok az bir benzerlik taşımaktadır.

Bugün CERN'de sadece birkaç At - Adam bulunmaktadır.

GÜNCELLEME VE OKUMALAR

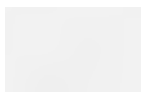
Robert Gilmore *Alice Kuantum Diyarında ve Scrooge's Cryptic Carol* adlarında benzer tarzda iki kitap daha yazmıştır. Her iki kitap Copernicus tarafından yayımlanmıştır.

Genel okuyucu kitlesi için parçacık fiziği konusunda pek fazla yeni kitap yok gibi görünmektedir. Mevcut bilgiler en iyi biçimde Internet üzerinden bulunabilir. Bu siteler zaman zaman değişmektedir, bu nedenle kendi web sitemde güncel olanlardan birkaç tanesini listelemek istiyorum

www.phy.bris.ac.uk/allegory

Bu kitap yayımlandıktan kısa bir süre sonra eklemiş olmayı istediğim şeyleri düşünmeye başladım.

Sonradan aklıma gelen paylaşmak istediğim düşünceler ile diğer malzemeler de web siteme eklenecektir.



1. Bölüm

KÜTLE CADISI



Yeraltı treninin vagonu aniden sarsıldı.

Yolculuğun bütününi oldukça sallantılı bulan Dorothy için bu pek de şaşılacak bir şey değildi. Amcası Henry ve teyzesi Em bu yıl gayet iyi bir mısır hasat mevsimi geçirmişler ve bunu Büyük Şehir'e bir gezi ile kutlamaya karar vermişlerdi. İşte buradaydılar ve elbette metro ile yolculuk ediyorlardı. Amcası ve teyzesi koltuklarına oturur oturmaz karşılarındaki iki kişinin de Kansas'tan olduğunu fark etmişler ve kısa süre sonra mısır fiyatları hakkında derin bir tartışmaya dalmışlardı.

Dorothy amcası ve teyzesini çok sevse de, uzun zaman önce hayatta mısır fiyatlarından başka şeyler de olması gerektiğini fark etmişti. Bir süre sonra oturmaktan sıkıldı ve treni araştırmak için yerinden kalktı. Bu çok vaktini almadı: Yoğun olmayan bir saatti, tren kalabalık değildi ve kısmen dolu bir tanesi ona son vagon gibi geldi. Sonunda tamamen boş olan bir vagon buldu. Boş sandalyelerden birini seçti ve oturup pencereden dışarı bakmaya başladı. Açıkçası dışarıda pek de görececek bir şey yoktu. Birbirine girmiş kablolar duvarları sarmıştı ve ara ara aydınlatılmış bir istasyonun ışıkları trenlere inip binen insanları aydınlatıyordu. Tünelin bitmek bilmez uzunluğu, boru ve kablolarla donatılmış beton bir duvarla son bulan kısa geçitlere açıldığında ancak biraz nefes alabiliyordu. Bu duvarların hemen

önünde nereye çıktığı görünmeyen bir de merdiven bulunuyordu. Dorothy'nin kafasından bir an merdivenin sonunda ne olduğu düşüncesi geçti ama bunu bilmenin bir yolu yoktu, gördüğü her geçit bir anda görüş alanı dışına çıkıyordu. Çoğunlukla gördüğü şey karanlık ve kendi yansımasıydı. Sonra aniden o sarsıntı geldi.

O ana kadar tren rayların üstünde ilerlerken sarsılıp takırdamıştı ama bu diğerlerinden farklıydı. Sıradan olanlar her zaman ki sarsıntılardı, sinsî, kısıpırtılı "Yalnızca uzay-zaman sürekliliğindeki bir süreksizlik üzerinden geçtiniz ve Evren hakkındaki algınızı yeniden düzenleseniz iyi olur" türünden sarsıntılar değildi.

Bu son sarsıntı ise, işte *böyle bir sarsıntıydı*.

Sonrasında tren gayet sakin ilerlemeye başladı - aslına bakılırsa öncekinden çok daha sakin bir ilerleyişti bu. Dışarının karanlığına rağmen, tünelin duvarları oldukça düzgün görünüyordu. Dorothy emin olamadı. Tren başka bir yan tüneli daha geçti ve Dorothy bakmaya devam ederken farklı bir şey dikkatini çekti. Daha önceki tüneller kablolarla donatılmıştı ve sonlarında bir merdiven görünüyordu. Bu tünelin kenarları ise pürüzsüz ve sıradandı; sonunda da etrafı bularak kendisi parlak bir çember vardı. Bu, Dorothy'ye okulda mikroskoba baktığı zamanı hatırlatmıştı. Bu ışık çemberinden, dalgalanan büyük bir mısır denizinde bulunan çeşitli eski binalara bakıyor gibiydi. Binalardan birinin üstünde koşan at biçiminde bir rüzgârgülü vardı. Dorothy bir anda şaşkınlık içinde amcasının çiftliğine bakmakta olduğunu fark etti; kendi evine...

Tren tünelden çıkarken daha gözünü açıp kapamadan görüntü belirsizleşip yok oldu. Pencerenin dışında kısa bir karanlıktan sonra başka bir tünel gördü. Bir nokta dışında bu da öncekilerin aynısıydı. Uçtaki dairesel mercek bu sefer titizlikle ovulmuş ahşap bir mutfak masasının üstüne odaklanmıştı. Masanın ötesinde görünen şey Kansas'ta kendi evindeki mutfığa çok benziyordu. Şeker kabı ters dönmüştü ve Dorothy masa boyunca

ca kararlı biçimde hareket eden bir dizi küçük benek gördü. Bunların yiyecek arayan karmalar olduğunu fark etti.

Tren bir kez daha açıklıktan çıktı ama kısa bir süre sonra başka bir tane geldi. Bu tünelin sonunda, Dorothy genişleyen eklemli kolları olan zırhlı bir şekil gördü. Antenli kafası sallanıyor ve görüş alanından çıkarken kafasının iki yanındaki büyük pek çok gözden oluşan tek bir göz ile Dorothy'ye bakıyor gibi görünüyordu.

Başka bir tünel ve başka bir görüntü görüldü. Bunda ise sonsuz sayıda puslu küreler dizisi gördü. Bunlar tıpkı birbirlerine sarılmış iki kalın ip üzerindeki net olarak seçilemeyen çok sayıdaki plaj topu gibi görünüyorlardı. Ayrıntıları seçemiyordu ama ikili sarmalın birer parçasını oluşturan kürelerden her birinin hareket halinde olduğu açıktı, hepsi de dizideki konumlarında titreşiyordu. Bazıları şiddetli biçimde titreşiyordu, bazıları ise daha sakindi ama hepsi hareketliydi ve tren ilerledikçe hepsi de kısa süre içinde geride kaldı.



Bir sonraki görüntüde belirsiz, bulanık bir şekil vardı. Dorothy gördüğü nesnenin çok karmaşık olduğu izlenimine kapıldı, ama bu nesne hakkındaki algısı çok *belirsizdi*.

Dorothy bu kısa süreli kaçamak gösterilerden büyülenmişti. Metro Şirketi'nin yolcuları için bu tür bir eğlence sağlandığını bilmiyordu. Vagonun içinde ışıklar soluk ve gri, pencerenin dışındakiler ise çoğunlukla karanlıktı. Bu nedenle, bu görüntüler ona rahatlatıcı gelmişti. Dorothy aniden tekerleklerin kesintisiz takırdamalarının durduğunu fark etti ve ardından bir düşme hissi yaşadı. Penceredeki görüntü artık siyah değil de, sanki o ve vagon dağılmaya başlamış bir bulutun içindeymiş gibi sisli ve gittikçe aydınlanan bir griydi.

Hemen sonrasında o kadar ani ve sert bir darbe geldi ki eğer sıkı tutunmasaydı yaralanabilirdi. Düşüş sona ermişti. Vagonun kapısı kayarak açıldı ve duman yerini harikulade güzellikteki bir manzaraya bırakarak hızla yok oldu. Her yerde güzel çimenlik alanlar ve göz kamaştırıcı çiçekler vardı, her şey şehrin solgun gri taşlarından çok farklıydı. Bütün bu tuhaflık ve parlaklığa rağmen bu göz kamaştırıcı manzaranın bile aslında renksiz olduğu hissine kapıldı.¹



¹ Renklerin parçacık fiziğindeki rolü 9. Bölüm'de tartışılmaktadır.

Dorothy çimenliğe indi ve etrafına bakındı. Bakışı, çimenler, ağaçlar ve çiçekler üzerinde gezindi. Gördüğü her şey onu hayrete düşürüyordu. Etrafına bakarken gözü manzaraya uymayan kaba bir şeye takıldı. Bu kırsal yaşamın ortasında tek başına duran şey kaba, yabancı bir şekildi: Bu bir metro vagonuydu. Donuktu, isle kaplıydı ve etrafındakilerden tamamen ayrı duruyordu. Bu çirkin şeye bakarken, Dorothy tekerleklerin altından fırlayan çizgili çoraplar giymiş bir çift kalın bacak görünce dehşete kapıldı. Bacakları görmesinin üzerinden çok süre geçmeden koskoca vagon birazcık *havaya yükseldi*. Altından sürünerek, süzülerek, neredeyse kayarak bir figür çıktı. Aslında bu kişinin vagonun altından çıkmasını tam olarak tarif edecek bir kelime yoktu. Dorothy'nin önüne gelerek havada asılı bir biçimde durdu. Nesnelerin normalde yere düştükleri ve yerde durdukları kavramına gayet aşina olan, fakat bu kavramların *kendisinde* işlemediğine inanan birinin tavrıyla duruyordu. Konumu daha da güven kırıcıydı çünkü vücudu, saçlarının uçuşması, cüppesinin ip-leri - bu kişi hakkındaki her şey - dikeyle küçük fakat belirli bir açı yapmaktaydı. Artık Dorothy onu açık seçik görebiliyordu, devasa olmasa da büyük boyutlardaydı. Büyük yuvarlak yüzünde neredeyse hiç bulunmayan özelliklerinden anlaşılabildiği kadarıyla Dorothy'ye sert bir biçimde bakmaktaydı.

"Ah, çocuğum! Bu arabanın tepeme düşmesinden sen mi sorumlusun?"

"Oh, hayır bayan! En azından ben öyle düşünüyorum. Gördüğünüz gibi yalnızca metroda yolculuk ediyordum..."

"Neyse, önemli değil, yaralanmadım. Ama bu metro şeylerini insanların üstüne düşürmeyi alışkanlık haline getirmemeliyim. Benim için böyle bir tehlike söz konusu olmasa da, başka biri yaralanabilir."

Dorothy nazik olmak için küçük bir reverans yaparak, "Pekisiz *kimsiniz* bayan, sorabilir miyim?" dedi.

"Ben Kütle Cadısı'yım, kütleli etkileşimin vücuda gelmiş haliyim Bu, gezegenleri yörüngelerinde ve seni ve senin türünü

Dünya'nın yüzeyinde tutan yer çekimi kuvvetinin başka bir adıdır. İstersen, beni G^2 olarak çağırabilirsin. Genelde böyle bilirim.

"Gerçekten Kütle Cadısı mısınız" diye sordu Dorothy, önce daha basit olan kavramı anlamaya çalışarak. "Daha önce bir cadı ile karşılaştığımı sanmıyorum."

"Benimle karşılaşırısın ya da daha çok benim kütle çekim etkileşimi etkilerimi hissedersin. Biz dört cadıyız ve her birimiz madde üzerinde etkili olan bir takım kuvvet ya da etkileşimleri temsil ederiz. Bazıları hiç belirgin olmasa da, tüm bu etkileşimlerin etkilerim şu ya da bu şekilde hissedersin."

Şaşkın bir biçimde "Pardon" dedi Dorothy "fakat etkileşim ile ne demek istiyorsunuz?"



"Etkileşim bir parçacığın karşısındaki diğer parçacıklar üstünde etkisinin olması demektir. Bir parçacık ise tüm Koz-

² G , 'kütle/yer çekimi'nin İngilizcedeki karşılığı olan gravity kelimesinden gelmektedir. Ç.N.

mos'un yalıtılmış bir parçasıdır. Gördüğün gibi, tüm dünya sıvı, katı ve gazlar gibi seni çevreleyen inanılmaz bolluktaki farklı maddelerden meydana gelmiştir. Bunların her biri sana, bileşimi bakımından tamamen düzgün, sürekli ve kendi başına bir şeymiş gibi gelebilir, ama öyle değildir. Hiçbiri değildir. Gördüğün her şey, etrafındaki dünyayı meydana getiren her şey ve onun arkasındaki büyük evren, hatta senin vücudun: Hepsi çok sayıda küçük parçacıktan meydana gelmiştir. Bunların farkına varamazsın, çünkü sayıları gerçekten çok fazladır ve parçacıklar görmeyeceğin kadar küçüktürler. Farklı maddelerin hepsi de evrenin bu *temel yapı taşlarının* birleşimleridir ve bu şekilde bir araya gelmelerinin nedeni parçacıklar arasındaki *etkileşimlerdir*. Etkileşimler olmasaydı, Evrenin hiçbir özelliği ya da yapısı olmazdı. Her biri sonsuz yalnızlığa mahkûm edilmiş ve birbirlerinin farkında olmayan yalıtılmış parçacıklardan oluşan biçimsiz bir kaos olurdu."

Kütle Cadısı nefes almak için ara verdi, Kozmos'taki önemli rolü ile gurur duyduğu açıkça belli oluyordu. Yere yaklaştı ve Dorothy'ye doğru geldi. Yolu üzerinde bulunan iki büyük kaya yardım etmek istercesine yolundan çekildiler.

"Buradaki tek cadı ben değilim. Söylediğim gibi, dört etkileşim ve bu nedenle bunları temsil eden dört cadı var. Diğer etkileşim arkadaşlarım arasında, ben hem en fazla ve hem de en az olanım. En büyüğüm çünkü etkimin kapsamı hayal edebileceğin her şeyin ötesine uzamır. Dünya ve diğer gezegenlerin Güneş etrafındaki yıllık danslarında ben yol gösteririm. Dahası, büyük yıldız halılarını girdap halinde dönen galaksilerde üst üste yığılmaları için ben ikna ederim, hatta galaksi gruplarının muazzam kümeler oluşturarak bir yere çökmelerine neden olurum. Daha çok Evren'in büyük modelleri ile ilgilensem de, daha küçük ölçekte de etkim vardır. Bir serçe yere düşmese de kütle çekimi oradadır. Etkimin tüm Evren'i kapsaması bakımından etkileşimlerin en büyüğüüm fakat aynı zaman da en küçüğümdür de çünkü oluşturduğum etki zayıftır. Çok zayıf," diye ekledi üzüle-

11. BÖLÜM



rek. "Kardeşlerimin oluşturdukları etkilerle kıyaslandığında, bir parçacığın yalnızca kütle çekimi dolayısıyla başka bir parçacık üzerindeki etkisi mikroskobik boyuttur. Aslında *mikroskobik* kelimesi bile bu farkı tam olarak belirtmiyor."

Cadı'nın tombul figürü yere yavaş yavaş yaklaştı ve etrafına bakındı, Dorothy "çok dikkatli" diye düşündü.

"Kardeş etkileşimlerimden biri elektromanyetik etkileşimin ete kemiğe bürünmüş hali olan Elektrik Yüğü Cadısı'dır. Etkileri en iyi elektrik ile ilgili süreçlerde ve manyetik alanlarda görülür, ama etrafında gördüğün her şeyin arkasında da çalışır. Ona 'EM' denir."

Dorothy, "Aaa!" diye heyecanla araya girdi. "Biliyor musunuz, Em adında bir teyzem var benim." dedi.

"EM ile teyzen arasında bir bağlantı olduğunu sanmıyorum."

diye cevap verdi Cadı. Kocaman bağrının üzerinden ve küçük gözlüklerinin arkasından Dorothy'ye bakıyordu. "EM dünyayı yöneten dört büyük etkileşimden birini temsil eder. O da benim etkimin ulaştığı yerlere ulaşabilir ve gücü hayal bile edemeyeceğin kadar büyüktür. Hem kütlesi hem de elektrik yükleri olan iki parçacık düşünürsen, aralarında kütle çekimi dolayısıyla oluşan kuvvet, elektrik yükleri nedeniyle oluşan kuvvetten çok daha küçüktür. Bir milyon kat daha zayıf demiyorum, ya da bir milyon kere milyon ya da bir milyon kere milyon kere milyondan..."

G üstlerindeki bir ağacın dalları arasından geçen eğimli bir güneş ışınını gösterdi. Huzmenin sonsuz sayıda minik toz zerreciği parıldadı "EM ile karşılaştırıldığında benim etkim güneş ışığının parıltısı içerisinde görebileceğin en küçük toz zerreciğinin boyutunun en güçlü teleskopların görebileceği Evrenin en uzak noktalarına olan uzaklık ile karşılaştırılması gibidir. Cadı tepedeki mavi gökyüzü altında belli belirsiz görünüyordu. Dorothy yıldızları göremiyordu fakat orada olduklarına inanmaya hazırlıktı. "Aslında daha da küçük" dedi Cadı vurgulayarak "en küçük toz zerreciğinin boyutu ile ışığın evrenin başlangıcından bu yana kat etmiş olabileceği tüm mesafe ile kıyaslanmasından bile daha küçük."³

Dorothy "Bu, kulağa gerçekten küçük geliyor" diye onayladı, "ama kütle çekimi bu kadar zayıfsa, neden muazzam derecede güçlü olan diğeri değil de kütle çekimi gezegenlere kılavuzluk ediyor?"

Hoşnut biçimde gülen nev-i şahsına münhasır Kütle Cadısı Dorothy'nin kulağına gizli bir şey söylüyormuşçasına eğilerek,

Dürüst olmak gerekirse, bu karşılaştırma bile farkı tam olarak belirtmiyor. Karşılaştırma hangi parçayı seçtiğinize bağlı olmakla birlikte, iki proton için kütle çekiminin gücü elektromanyetik kuvvetinkinden 1036 kat daha küçüktür. Görebildiğiniz en küçük toz zerreciğinin bir milimetrenin binde biri boyutunda olduğunu farz ederseniz ki bu gayet küçük bir boyuttur, yukarıdaki sayı ile çarpımı yüz milyon mega ışık yılı daha fazla bir mesafeye karşılık gelmektedir. Bu uzun bir yoldur, ışığın evrenin başlangıcından bu yana kat etmiş olabileceğinden bin kat daha uzundur.

"İşbirliği sayesinde!" diye yanıt verdi. Dorothy bunun bir dağ ile yapılan bir konuşma gibi olduğunu düşündü. "Cevap takım çalışmasında yatıyor. Parçacıklar kütle çekiminin çekim kuvvetini hissettiklerinde, hepsi de aynı amaç için çalışırlar. Her biri istisnasız biçimde birbirini çeker. Herhangi iki parça tarafından hissedilen kütle çekimi etkisi son derece küçük olabilir fakat Evrendeki her parça birbirini çektiğinde, büyük ölçekten bakıldığında bu durum her mücadeleden zaferle çıkar. Evrende *pek çok* parçacık vardır."

Cadı yeniden doğruldu, hala kendisinden muazzam derecede hoşnut görünüyordu (Dorothy doğru kelimenin *muazzam* olduğunu düşündü).

"EM'in gücü benimkinden kavranamayacak kadar büyüktür," diye devam etti. "Fakat buna rağmen, senin dünyanda kütle çekimi ile kıyaslandığında elektriksel çekimi daha az fark edersin." Bunun nedeni, EM'in her zaman kendisi ile mücadele etmesidir. O, elektrik yükleri cadısıdır. Elektrik yükleri iki türdür: Pozitif ve negatif. Bu zıt yükler (pozitif ve negatif) birbirini çekecek biçimde çalışırlar ama aynı tür yükler (iki pozitif ya da iki negatif) ise birbirlerini *iterler*. Benim kütle çekimim ise hiçbir parçacığı asla reddetmezken, bunlar birbirlerini tam ters yönlerde itip dururlar . Evren hem pozitif hem de negatif elektrik yükleri içerir ve pozitifler ile negatifler eşit sayıdadır. Zıt yüklerin birbirleri üzerinde gösterdikleri çekim aynı türdeki parçacıklar arasındaki itme ile dengelenir. Bu öylesine kusursuz bir dengedir ki EM'in elektriksel etkileşimlerinin devasa kuvvetleri burada gizlenebilir" diye devam etti Cadı, kendinden memnun bir halde.

"Bazı durumlarda etkiler tam olarak dengelenmez, ama genelde denge tamdır ya da hayal edebileceğiniz kadar tam sayılabilirler.⁴ İşte gördüğün gibi, benden daha güçlü olmasına rağmen, onun gücü genellikle kendi mücadelesi içinde harcanır ve

⁴ Dünyadaki pozitif ve negatif yüklerin birbirlerini nasıl hassas biçimde dengelediklerini kavramak zordur. Elektromanyetizmin, doğasından gelen muazzam gücüne rağmen, etkiler o kadar azalır ki kütle çekimi büyük ölçekte tamamen baskındır.

sonunda benim müşterek yaklaşımım baskın çıkar. İç mücadelesi o kadar mükemmel dengelenmiştir ki muazzam elektriksel yüklerinin toplam etkisi hissedilmez ve benim kütle çekimim en büyük olarak hüküm sürer. Yani büyük ölçekte baskındır" diye belirtti Cadı. Kütle çekimin bir cisim üzerinde sahip olduğu etkinin cisim küçüldükçe azaldığını fark etmiş olabilirsin. Bir sinek kütle çekime kolaylıkla karşı durabilirken, bir fil bu konuda hiç de başarılı olamaz. Balina gibi gerçekten büyük bir havyan su tarafından desteklenmedikçe kendi ağırlığı ile dahi kolaylıkla başa çıkamaz. Cisim küçüldükçe kütle çekimden daha az etkilendir, çünkü etkileşim ile işbirliği yapacak daha az parçacık vardır. Bir maddenin içindeki atomlar için ise, kütle çekimin göreceli etkisi çok daha azdır.

Cadı bu sözleri söylerken yükseldi ve vagon boyunca süzüldü (eğer yer çekimini açıkça ihlal eden birisinin hareketini tanımlayacak kelime bu ise). Muhtemelen Dorothy'nin görgü anlayışına uymak için, tekrar yere indi ve gri kütlelerin kaba yığını yanında durdu. Küçük bir hareket yaptı ve metal kütle hareket edip hafifçe havaya yükseldi. Başka bir hareket daha yaptı ve metro vagonu mavi gökte yavaşça dönen oyuncak bir tren gibi görünene kadar hızlanmaya devam ederek daha da yükseldi.

Bunun ardından Dorothy vagonun biraz daha küçüldüğünü fark etti. Daha sonra şüpheye yer bırakmayacak şekilde büyümeye başladı. Gökten tepelerine doğru düştüğünü biliyordu. Vagon bulunduğu yerin hemen yanı başında bir yere çarpınca yer sallandı. Bükülen metalin çığlığı duyuldu ve yükselen büyük bir toz yığını vagonun görünmesi engelledi. Toz yere indikçe Dorothy zaten güzel bir şey olmayan vagonun artık paramparça bir enkaz halinde olduğunu gördü.

"Kütle çekimin etkisini gördün mü? Bir dizi düşüşün sonucu çok kötü olabilir, ama eğer yakından bakarsan bu cismin çok da değişmediğini görebilirsin. Tabii ki pek çok yeri büküldü ve yamuldu ama yine de büyük oranda tanınabilir durumda. Dingillerine takılı olmasalar da tekerlekleri hala tekerlek, takıldıkları yerlerden kopmuş olsalar da koltukları hala koltuk." Üzerinde

durduğu bükülmüş olan parça üzerinde elleri kolları ile hareketler yapıyordu. "Daha önemlisi, parçalarının şekli ve yapısı tamamen değişmiş olsa da yapıldıkları *malzemelerin* temel özellikleri değişmedi. Metal paneller bükülmüş olabilir ama hala metaller. Cam pencereler tuzla buz olmuş olabilirler ama yine de camlar. Metali ve camı oluşturan malzemenin içindeki parçacıkların doğası değişmedi. Bu ölçekte, yani atom ölçeğinde, EM baskındır."

Söylediğini vurgulamak için Cadı birdenbire durdu ve ardından sözlerine devam etti. "İçyapısını ve onu oluşturan atomların doğasını dikkate alarak maddeye daha yakından baktıkça, EM'in kuvvetlerinin dengesi kesinliğini kaybetmeye başlar. Pozitif ve negatif elektrik yükleri aynı yerlerde *eşit miktarlarda* yer almadıkları için, meydana getirdikleri elektriksel kuvvetlerde birazcık dengesizlik vardır ve bu küçük fark öylesine güçlüdür ki kendisiyle kıyaslandığında kütle çekimi ihmal edebilirsiniz. Her atom yalnızca elektriksel etkilerden ortaya çıkar."

"Küçük ölçek hakkında pek fazla şey bilmiyorum" diye devam etti Cadı (Dorothy buna inanmıştı. Cadı kesinlikle küçük şeylerle ilgili pek bir şey biliyor gibi görünmüyordu). "Atomlar ve parçacıklar ile bu tür hiçbir şey beni ilgilendirmiyor. Biri ya da öbürü, benim için fark etmiyor. Hepsinin kütlesi ve enerjisi var, bu yüzden zayıf da olsa hepsi kütle çekimi hissediyorlar fakat parçacık biçimindeki yapıları beni ilgilendirmiyor. Daha da küçük boyutları incellersen, başka parçacıklar da keşfedersen, Bana söylendiği için biliyorum. Bu durumda, sana daha büyük ölçekte çok az etkileri varmış gibi görünen diğer iki cadı kardeşim ile tanışırsan iyi olur."

"İlki Renk Cadısı'dır, güçlü etkileşim denilen şeyin ruhu. Pek çokları onu biraz geçimsiz bulur. Biraz zorlu birisi diyebilirsiniz. Tam adı Kuantum Kromo Dinamik'tir ama bunun söylenmesi biraz zordur ve genellikle adının baş harfleri ile bilinir, QCD.⁵

⁵ Quantum Chromo Dynamics kelimelerinin baş harflerinden meydana gelmiştir Ç.N.

İkincisi, Zayıf Cadı'dır, zayıf etkileşimin ete kemiğe bürünmüş hali. Ona biraz dikkat etmelisin, biraz sinsidir. Parçacıklara sessizce yaklaşır ve onları *değiştirir*. Bu ikisinden hiçbirinin büyük ölçekte, yaşadığımız dünyanın bulunduğu ölçekte, çok belirgin etkileri yoktur."

"Dünya demişken," dedi Dorothy dikkatlice, "nasıl geri döneceğimi biliyor musunuz acaba?"

"Ne yazık ki bunu sana ben söyleyemem" Ben her şeye büyük ölçekten bakarım. Dediğim gibi, genel olarak atomların ve parçacıkların dünyası olan madde dünyası beni ilgilendirmez."

"Geri dönmem için parçacıklar hakkında bilgi sahibi olmam mı gerekiyor. Bana onları anlatabilir misiniz?" diye sordu Dorothy kaygıyla.

Cadı "Beni dinlemiyor musun?" diye çıkıştı. "Hayır, anlata-mam!" onları hepsi benim için aynı şey. Ayrıntıları istiyorsan Kuarkların Büyücüsü'nü ziyarete gitmelisin. Parçacıklar onun ilgi alanına girer. Eve dönmek istiyorsan, büyücüyü ziyaret etmeli ve tavsiyelerine kulak vermelisin."

"Onu nerede bulabilirim?" diye sordu Dorothy.

"Zümrüt (ve Yakut ve Safir) Şehir'deki evinde" diye yanıtladı Cadı. "Bilmek istediklerini sana anlatacağından eminim, hatta çok daha fazlasını."

DÖRT TEMEL ETKİLEŞİM

Parçacıkların üstünde ve aralarında etkili olan dört temel etkileşim (ya da kuvvet) vardır. Bunlar bir düşünceye göre tek bir birleşik etkileşimin farklı görünüşleri olabilirler ve yeteri kadar yüksek enerjilerde birbirlerinden ayırt edilemez hale gelebilirler (13. Bölüm'e bakınız). Bununla birlikte, uygulama açısından dört ayrı etkileşim vardır.

1. Kütle Çekim: Bu, etkileşim kütlesi olan tüm parçacıklar arasında bulunur. Bu da enerjiye sahip tüm parçacıklar anlamına gelmektedir çünkü kütle ve enerji aynı şeydir (6.Bölüm). Şiddeti parçacıklar arasındaki mesafenin karesi ile azalan uzun menzilli bir kuvvettir. Normal enerji seviyelerinde, iki parçacık arasındaki kütle çekim kuvveti çok zayıftır ve pratikte



belirlenemez.

2. Elektromanyetizm: Bu etkileşim elektrik yükü olan parçacıklar arasında bulunur. Kütle çekim gibi, uzun menzilli bir kuvvettir fakat protonlar gibi parçacıklar arasında inanılmaz ölçüde güçlüdür. İki yük işareti vardır; pozitif ve negatif. Farklı işaretli yükler birbirini çekerler, aynı işaretliler ise iterler. Bu durum elektrik kuvvetleri öyle hassas biçimde dengeler ki çok daha zayıf olan kütle çekim büyük ölçekte daha baskın çıkar.



3. Güçlü (Renkli) etkileşim: Bu etkileşim renk yükü olan parçacıklar arasındaki bir etkileşimdir. Bu türde bildiğimiz yegâne parçacıklar kuarklardır. Elektron gibi leptonlar türündekiler ise renk etkileşimini hiç hissetmezler. Bu tıpkı elektrik yükü olmayan parçacıkların elektiriksel kuvvetleri hissetmemeleri gibidir. Güçlü etkileşim küçük ölçekte çok sıkı bağlanmaya neden olur ve bir atom çekirdeği içinde birbirlerine yeteri kadar yakın olan proton yığınları arasındaki elektiriksel itmeye dayanabilir. Yalnızca kısa mesafede etkilidir (9.Bölüm'e bakınız).



4. Zayıf etkileşim: Zayıf etkileşim daha kısa bir menzile sahiptir ve güçlü etkileşimden daha zayıftır. Buna rağmen, diğer etkileşimlerin yapamadıklarını yaptığı için gözlenmiştir. Örneğin bir nötronu, bir proton ile bir elektron ve antinötrinoya dönüştürebilir. Nükleer P



bozunmasında görüldüğü gibi, bir parçacık üç farklı parçacığa dönüşebilir (13.Bölüm'e bakın).

"Fakat Zümrüt (ve Yakut ve Safir) Şehre nasıl gidebilirim?" diye sızlanarak ısrar etti. Parantez içindeki kelimeleri telaffuz etmekte zorlanıyordu ama başardığını düşündü.

"Açık değil mi? Cadı'nın sabrı tükeniyordu. "Sana etkileşimlerin Evren'in tutarlılığını sağlarken, parçacıkların da Evren'in yapı taşlarını sağladığım söylemiştim. Kuarkların Büyücüsü'nü bulmak için *Yapı Taşları Yolu*'nu takip etmelisin."

Kütle Cadısı ağaçların arasındaki açıklığa doğru bir hareket yaptı ve Dorothy ileride, yerde üzerine aşağıdaki kelimelerin kazınmış olduğu dört taş tablet gördü:



TOPRAK

HAVA

ATEŞ

SU

Bu tabletlerin arasından taşlı bir yol kıvrıla kıvrıla uzaklara uzanıyordu. Yoldaki her bir tablete bir isim ya da sembol kazınmıştı. En çok e harfi vardı ama birkaç p ve n sembolü de vardı. Yolun üzerinde a ve £2 sembolleri de bulunuyordu ama bunlar daha uzaklardaydı.

Dorothy yol kenarında yerde kilometre taşları gibi dik olarak duran taşlar gördü. Her birinin üzerinde bir çizgi olan h şeklinde bir şekil kazınmıştı, *fl^b* En yakındaki çok küçük görünüyordu ama yol ilerledikçe daha büyük hale geldiler. "Bunlar da ne böyle!" diye yüksek sesle şaşkınlığını dile getirdi.

Şaşılabilecek biçimde Cadı neyi kast ettiğini tam olarak anlamış gibi görünüyordu. Bunlar Plank Sabiti göstergeleridir, kuantum davranışını belirten evrensel sabit. Evrensel sabitler," diye Dorothy daha sormadan devam etti, "uzay ve zaman içinde değişmeyen tek ve mutlak bir değeri olan niceliklerdir. Oldukça değişken Evren¹ deki sabit noktalardır.

PLANCK SABİTİ, *T_h*

Planck sabiti kuantum fiziğinin tam kalbinde yer almaktadır. Temel elektrik yükü *e* ile sınır hız *c*'yi (çoğunlukla ışık hızı olarak bilinir) de içeren çok özel *temel sabitler* grubuna aittir. Bu değerler kümesi içinde yaşadığımız evrenin yapısı ve doğası için temel nitelikte gibi görünmektedir. *

⁶ *fl* çizgi olarak okunur Ç.N.

Planck sabiti kuantum etkilerinin baskın olduğu ölçeği belirler. Genelde bunların farkına varmayız çünkü h 'nin fark edilemeyeceği kadar büyük bir ölçekte yaşıyoruz.

T 'nin boyutu dünyanın *tanecikli yapısını* ortaya koyar, bu yapıda dünya atomlar gibi çok sayıdaki küçük ayrı parçalara bölündüğü bir ölçektedir, h 'in değeri atomların ve foton adındaki bağımsız ışık paketlerinin boyutunu belirler. Planck ilk başta sıcak cisimlerden yayılan ışınım hakkındaki gayet zarif bir sav ile küçük paketler ya da kuantalar halindeki ışık fikrini ortaya attı. Einstein bu fikri ışık metal bir yüzeye düştüğünde elektron yayımı anlamına gelen *fotoelektrik etki* teorisi ile daha da geliştirdi.

"Fakat," diye itiraz etti Dorothy, "dediğin gibi değişmez ise, bu işaretler neden yol ilerledikçe gitgide büyüyor? Bu bana pek de sabit gelmedi."

"Görünüş aldatıcı olabilir" diye yanıtladı Cadı. "Uzaktaki cisimlerin göreceli boyutları hakkında yanılgıya düşmek çok kolaydır. Yol işaretlerinin büyüdüğünü görüyorsun ama belki de yol gitgide küçülüyordur. Bu yol seni kuantum etkilerinin önemli hale geldiği gibi ölçeğe götürecektir. Aslına bakarsan, baskın çıktıkları bir ölçeğe..."

Dorothy "Kuantum etkileri de ne?" diye sordu ümitsizce.

"Yolda ilerledikçe kendi başına keşfedebileceğin şeyler. Haydi, artık yola koyul!"

Bu kısa veda sözlerinden sonra Cadı arkasına döndü. Dorothy verdiği bilgiler için kibarca teşekkür etti ama bu devasa kişilik ilgileniyor gibi görünmüyordu. Dorothy daha fazla beklemek için bir neden göremedi, bu yüzden kararlı biçimde taşlı yola koyuldu.

"Yürürken biraz önce konuştukları yol kenarındaki işaretleri inceliyordu. Geçtiği ilk bir kaç tanesi çok küçüktü, otların arasından zorlukla görünüyordu. Aslında yol boyunca, arkasında

bunlardan görülemeyecek kadar küçük olan çok sayıda bırakmış olabileceğini fark etti. Bildiği her şeyin temelinde olan bu parçacıklar hakkında bir şeyler bulmak için kararlı bir biçimde yolda ilerledikçe, yol kenarındaki taşlar normal bir yol kenarı işaretinin yüksekliğine veya bu yüksekliği aşana kadar büyüme-ye devam ettiler.

İlerledikçe her taraftan aşağıdaki sözleri farklı tonlarda söyleyen sesler duyuyor gibi geliyordu,

"Yapı Taşı Yolu'nu takip et,

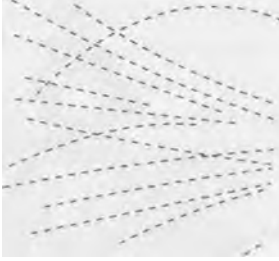
"Yapı Taşı Yolu'nu takip et,

"Yapı Taşı Yolu'nu takip et,

"Takip et, takip et, takip et, takip et,

"Yapı Taşı Yolu'nu takip et..."

2. Bölüm



GÖZLEMCİ KORKULUK

Dorothy yolda yürürken, yanlarından geçtiği oyulmuş taşların sonunda beline gelene kadar büyümeye devam ettiğini fark etti. Taşlar bu büyüklüğe varınca taş dizisi de birdenbire sona erdi. Dorothy taşlardan sonuncusunu da arkasında bırakarak yoluna devam etti.

Kısa bir süre daha yürüdükten sonra, solunda kalan bir yaylayı geçmekte olduğunu fark etti ve biraz durup hayranlıkla manzarayı seyretti. Burasının şimdiye kadar görmüş olduğu pek çok yaylaya hiç de benzemediğini fark etti. Dünya'nın Dorothy'nin yaşadığı kısmından olan herkes tarlalar, yaylalar ve ovalar konusunda uzman sayılırdı ama bu farklıydı. Bu yaylanın öyle pek fazla parlak altın sarısı net bir rengi yoktu, daha da ötesi bu yaylanın kendisi pusluydu. Biraz yürüdükten sonra pusun içindeki hareket eden ve uzanan şekilleri seçebildi. Elleri çoğunlukla boştu ama bazen içlerinden biri etrafı kaplayan sisin içinden bir şeyler çekip alıyordu. Dorothy neler olduğunu anlamak için daha dikkatli baktı.

"Elektronları yakalıyorlar!" diye bir ses geldi tam başının üstünden.

Dorothy şaşkınlıkla etrafına bakındı ama arkasındaki tarlaya sıkıca dikilmiş bir kazıktan başka bir şey göremedi. Fakat kafa-

sim kaldırınca içi doldurulmuş küçük bir torbaya takılı kocaman gözleriyle dumamn üstünden bakmakta olan kazıktan sarkan bir korkuluk gördü. Sivri uçlu bir eski bir şapkası ve pantolonlu bacaklarının altından sarkan çizmeleri vardı. Eski iş eldivenleriyle son bulan iki kolu da yanlardan gevşekçe asılıydı ve gömleğinin kolları ile pantolonundan bir tutam saman fışkırıyordu. Dorothy akıllı karmakarışık olmuş bir halde ona bakarken, korkuluk aniden dostane bir biçimde kafasını ona doğru salladı.



"Biraz önce siz mi konuştunuz?" diye hayretle sordu Dorothy.

"Kesinlikle!" diye cevap verdi korkuluk. "Nasılsınız?"

Dorothy, "İyiym, teşekkür ederim" diye yanıtladı. "Elektronlar hakkında söyledığınızı tekrarlar mısınız?"

"Tabii ki ama önce beni aşağı indirir misin? Tüm çalışma hayatımı bu tarlada geçirdikten soma şeyden, yani direğimden, biraz ayrılmaya hakkım var sanırım." Bunu söyledikten soma kendi esprisine kendi güldü.

Dorothy onu dikkatlice aşağı indirdi. Dorothy'den uzundu, bu yüzden bu iş onun için biraz zor olabilirdi ama içi doldurulmuş kıyafetlerden yapılmış olduğu için çok hafifti. Onu yavaşça yere bıraktı, böylece korkuluk önünde ayakta durdu ama katlanmış olan bacakları yüzünden biraz eğikti. Kolları hala yanlardan serbestçe sallanıyordu (Dorothy onu yakından tanıdıkça, kollarını belirli bir amaç için kullanmadıkça yanlardan serbestçe sallandığını fark edecekti).

"Pekâlâ!" diye devam etti Korkuluk bir yandan öbür yana belirsizce sallanarak. "Elektronları soruyordun. Şu anda fark etmiş olabileceğin gibi, burada yayla sandığın şey aslında bir elektron bulutu ya da topluluğudur. Buna genellikle genlik denir. Görebildiğin kadarıyla, bir çok-elektronlu genlik görüyorsun burada. Şu anda elektronlardan bazıları başka yerde kullanılmak için toplanıyorlar."

"Hayır, bunu kesinlikle fark etmedim!" diye cevap verdi Dorothy. "Bu tür şeyler hakkında hiçbir şey bilmiyorum ve sizin de nasıl bunları bilebildiğinizi anlamıyorum. Amcamın çiftliğindeki korkulukların herhangi bir şey hakkında çok şey biliyor gibi görünmediklerini söylememe izin verin."

"Tabii, söyleyebilirsin" diye yanıtladı, içi saman dolu adam. "Senin de belirttiğin gibi, beynimin olmadığı doğru ama gözlerim hep açıktır. Zaten öyle de olmalı, değil mi? Kocaman boyanmışlar." Yine kendi kendine güldü. "Her neyse, ben çok şey görürüm. Etrafımda olan şeyleri gözlerim. Bu yüzden, kafamın içinde beyin olmasa da tamamen bilgiyle - yaptığım gözlemler ile - doludur."

"Ah, anlıyorum," dedi kız, tamamen ikna olmadığını hissedererek. "Maalesef şu anda söylediğiniz her şeyi anladığımı söyleyemeyeceğim. Genlik derken ne demek istiyorsunuz?"

"Genlik herhangi bir parçacığın ya da başka basit fiziksel bir nesnenin özüdür. Genlik tanımladığı cisim hakkında bilebileceğin her şeyi söyler. Bu cisim algılayabildiğin sürece cisimdir. Bu yüzden elektronlar gibi parçacıklar hakkında tüm bildiğin genlikleridir."

Dorothy, "Öyleyse, neden bu kadar puslu görünüyorlar?" diye sordu kafası karışmış bir biçimde. "Parçacıkları minik bilyeler gibi küçük, sert, belirgin şeyler sanıyordum."

"Sanırım buna verilebilecek en iyi cevabım hayır," diye yanıtladı Korkuluk. Küçük ölçekte, parçacıklar pek de böyle değildirler. Gündelik hayatın büyük ölçeğinde herhangi bir şey sana be-

lirgin ve kesin gelebilir ama Planck Sabiti seviyesine indiğinde, her şey çok farklı bir boyut kazanır. Gel de kendin gör." Bunu derken Korkuluk alanı kaplayan puslu dumamn bir yerindeki yumruya doğru ilerledi. Dorothy daha önce hiç böylesini görmemiş olsa da, ilerlemek muhtemelen Korkuluğun hareketini en iyi tanımlayan kelimeydi. Her seferinde bedeninin geri kalanı aksayıp sabit dururken bir ayağını havaya kaldırıp ileri doğru sallıyordu. Bunu tamamlayacak kelime ne olursa olursun, işe yarıyordu. Biraz sonra sis kütesinden yükselen büyük bir tepenin yanında duruyordu.

"Yayla düzensiz biçimde büyümüştür ve elektron bulutunun yoğunluğu çok düzenli değildir. Elektron genliklerinin olasılık dağılımları noktadan noktaya farklılık gösterir."

"Olasılık dağılımı nedir?" diye sordu Dorothy, alacağı cevaptan korkarak.

Saman dolu arkadaşı yanıtladı. "Bir olasılık dağılımı, bir elektronu belirli bir konumda bulabilme ihtimalinin olasılığıdır."

"Fakat işin içine bu olasılık nereden giriyor?" Bilimde her şeyin kesin ve tahmin edilebilir olduğu muhakkaktır. Genellikle, herhangi bir şey kesinlikle tek bir yerde olmak ve kesinlikle bir yöne doğru bakmak zorundadır."

"Demek böyle düşünüyorsun" diye yanıtladı Korkuluk. "Temel olarak doğanın kararlı ve tahmin edilebilir olduğunu düşünüyor olabilirsin. Ama böyle olsa bile, kimsenin içindeki atomların tümünün çarpışıp sekmekte olduğu büyük bir atom yığnında bulunan küçük atomların yönünü gerçekten ölçmesinin bir yolu yoktur. Normalde karşımıza çıkan çok büyük sayılardaki atomları boş ver, tek bir atomu bile kolaylıkla yeteri derecede kesin biçimde gözlemleyemezsin. Tek yapabileceğin atomların olasılık dağılımları hakkında konuşmaktır. Atomların belirli bir yönde hareket etme olasılıkları hakkında konuşabilir ve kaç tanesinin hızlı ya da yavaş olduğunu kestirebilirsin. Tek tek atomlar hakkında hiçbir şey söyleyemezsin."

Korkuluk, Dorothy'nin cisimlerin temelde tahmin edilebilir oldukları ama böyle tahmin yapmanın bir yolu olmadığı konusundaki ikilemi düşünebilmesi için ara verdi.

OLASILIK

Olasılık yalnızca kuantum fiziğinin orijinal bir özelliği değildir. Klasik fizikte bile, atomlarını hareketini yalnızca olasılık dağılımları cinsinden tanımlayabilirsiniz. Örneğin, bir gazın içindeki tüm atomların hareketini asla hesaplayamazsınız. Yalnızca hızlarının ve hareket yönlerinin olası dağılımları hakkında konuşabilirsiniz.

Kuantum fiziğinde olağanüstü olan şey olasılık dağılımının *kendi başlarına* kullanımı değil, fazları olan *genliklerden* türetilme biçimleridir (aşağıya bakınız).

"Burada, yani kuantum durumunda, her genliğin kendisine eşlik eden bir olasılık dağılımı vardır," diye devam etti. Dorothy yeni bir soru sormadan hızlıca konuşmaya başladı. "Genlik onun ne olduğu konusunda sahip olabileceğin en iyi tanımını verir, ama bu ona baktığında bulacağın şeyle tamamen aym şey değildir. Bilmen gerekenlerden birincisi sadece bakmak diye bir şeyin olmadığıdır. Gözlem konusunda büyük bir deneyimim olduğunu söylememe izin ver. Bir gözlemi nasıl yaparsan yap, gözlemlediğin cisim ile etkileşime girip onu değiştireceğini biliyorum. Herhangi bir şeyi fiziksel etkileşim olmadan gözlemlemenin hiçbir yolu yoktur. Bir şeye bakıyorsan, ondan bir ışık fotoğrafını geri yansımış olmalıdır. Bu tür etkileşimler genelde baktığın şeyi değiştirirler."

Korkuluk hipnotize olmuş gibi konuşmasına devam ediyordu. "Bir olasılık dağılımı, baktığın zaman herhangi bir durumu bulma olasılığını belirtir. Aslında orada ne kadar bulunduğunun miktarını verir. Her baktığında, mümkün seçeneklerden birini ya da diğerini gözlemleyeceksindir ve böyle bir gözlem yaptığında ise genlik değişecektir. Bu durum bir genliğin yalnızca tek bir olası sonuca (gördüğün sonuca) izin vermesine neden olacaktır. Bu aşamada artık belirsizlik yoktur, çünkü göreceğini görmüşsündür. Fakat zaman geçtikçe, sistemi izlemediğin ya da onunla etkileşime girmediğin için genliğin genelde diğer olasılıkları da içine alacak şekilde sürekli olarak büyüdüğünü fark edeceksin."

"Her neyse," diyerek birden sustu, "bu noktadaki genlikte yerel bir maksimum noktası vardır, bu yüzden bir elektronu burada bulma ihtimalin daha yüksektir. Sadece elini uzat ve ne bulacağını bak."



Dorothy söyleneni yaparak parlak sise uzandı. Elini dumana sokar sokmaz bulanıklaştığını görüp korkuya kapıldı. Elbisesinden başlayan kolu her zamanki gibiydi, fakat dirseğinden sonrası genişleyip bulanık ve belirsiz hale geliyordu.

"Ne oldu?" diye korkuyla bağırdı. "Koluma ne oldu?" Kolunu hemen geriye çekti ve her zamanki gibi göründüğünü görünce rahatladı.

"Gerçeklik sisine girdi ve bu yüzden de daha gerçek hale geldi."

"Daha gerçek mi?" diye tekrarladı Dorothy. Bir düş ya da kâbus gibiydi. Şimdi ise son derece mükemmel ve eski halinde görünüyordu.

"Ah, bu yalnızca bir *normallik yanılsaması*. Planck sabitinin artık göz ardı edilemeyeceği şu anda bulunduğu ölçekte, böyle bir sis *gerçekliktir*. Her şeyin belirgin ve kesin olduğu normallik kavramı ise bir yanılsamadır. Bu yanılsama kendi dünyanın ayrıntılarını yeteri kadar kesin biçimde görememenden kaynaklanmaktadır."

"Burada her şey kuantize olmuştur." diye vurguladı Korkuluk. "Şu anda, senin dünyanda fark edemeyeceğin kadar küçük olan basit temel parçalar olan atomların kendileriyle ilgilenebildiğimiz bir ölçekteyiz. Vücudun kadar karmaşık bir şey, hayal edilemeyecek kadar çok atom içerir ve bu ölçekte var olamaz.¹ Bununla birlikte, için rahat olsun diye söylüyorum, sen ve rastlaştığın kişiler yanılsamayı daha çok büyük ölçekli bir dünyadaymışsınız gibi hissedersiniz. Bu yanılsama, etrafındaki gerçekliğe çok yaklaşıp ona temas etmediğin sürece devam eder."

Korkuluk sözlerinin anlaşılması için ara verdi. "Planck sabiti ölçeğinde dünya belirgin kesinliğini kaybeder. Bu tıpkı yakından bakmadıkça net görünen bir gazete fotoğrafı gibidir, yaklaşıncıya pek çok küçük noktadan yapıldığını fark edersin ve net resim bulanık hale gelir."

"Bir dakika" diyerek araya girdi Dorothy. "Hayatım bu tarlada geçirdiğini söylüyorsun, peki o halde gazete fotoğraflarını nereden biliyorsun?"

Korkuluk "Ah, onları pek çok defa gördüm." diye dert yandı. Bu kırılık alana insanların ne kadar çöp attığını bilmek o kadar üzücü ki," diyerek etrafına düşünceli bir biçimde bakındı.

"Ama burada," diye devam etti, "büyük resmi meydana getiren noktalar, dünyanın meydana geldiği temel öğelerdir. Bu durum senin geldiğin yer için de doğrudur, fakat Planck sabiti, h , dünyasındaki 'noktalar' olağan halinde algılamam için çok küçüktürler. Maddenin kumaşına yakından bakarsan, daha kesin

¹ Bu durum, her şeyin basit ve puslu ve kuantize olmuş çizimlerini yapmamı da önlemektedir.

[2. BÖLÜM]

hale getirilemeyecek konum ve harekette olan ve de olacak olan bir belirsizlik görürsün. Bu ölçekte gördüğün belirsizlikler akla yatkm gelmiyorsa, bunun nedeni biraz da uzaydaki konumun nasıl olması gerektiği konusundaki kavram yanlışlarının yüzündendir. Örneğin, bir elektron kendine özgü karakteri olan belli bir cisimdir. Uzayda tek ve kesin bir konumu içermeyen de işte bu karakteristiğidir.

Cisimlerin her zaman göründükleri gibi olmadıkları fikri karşısında kırılan Dorothy, "Neden böyle olması gerekiyor?" diye sordu. "Bana doğru gelmiyor. Dünya neden anlattığınız böylesine bir bulanıklığa ya da parçacıklı yapıya sahip?"

Kocaman gözlerle "Nereden bileyim" diye cevapladı karşındakini (aslında tabii ki başka bir biçimde bakması mümkün olamazdı). "Neden bana soruyorsun ki? Ben yalnızca bir korkuluğum. Ben yalnızca gözlemlediklerimi anlatabilirim ve bu da cisimlerin nasıl olduğudur."

Biraz bozulan Dorothy etraftaki elektron sisine baktı ve bazen kötü ayarlanmış televizyon görüntülerinde ya da eski bir filmdeki gibi bazı titreşimler olduğunu fark etti. Bu konuda yorum yaptığı zaman saman dolu kafalı arkadaşı başını salladı.

"Bu genliğin fazının hep zamanla değiştiğinin bir işaretidir."

"Peki, faz nedir?" diye sordu Dorothy endişeyle.

"Sanırım bu konuda bize en iyi cevabı ilerideki 'Girişim Dansçıları' verebilir. Popüler Girişim Danslarından birini yapmak üzere olduklarım biliyorum ve buradan çok uzakta değiller." Dorothy peşinden aceleyle koşarken bir bacağını diğerinin ardından kuvvetlice atarak hızlı bir tempoda Yapı Taşı Yolu'nda yürümeye başladı. Kısa bir süre sonra, açık bir alanı çevreleyen bir grup eve geldiler. Alanda göze çarpan renklerdeki şekiller sıralar halinde diziliyorlardı. Dorothy vardığında, bir tanesi gruptan ayrıldı ve yanma yaklaştı.

"Yeni gelen süslü kıyafetleri ve uçuşan eteğiyle bir kadın gibi görünüyordu. Kıyafetinden pek çok eşarp ve şerit sarkıyordu.

En azından böyle görünüyor denilebilirdi ama kesin olarak bir şey söylemek zordu. Dorothy'ye göre tuhaf bir figürdü. Saçları ve çeşit çeşit eşarplar vücudundan her yöne doğru açılarak belli belirsiz biçimde yok oluyorlardı. Çarpıcı şekline rağmen hatları belirgin değildi, özellikle de kenarlarında. Dorothy gitgide daha da belirsiz hale gelen bu şeklin bir tarafına doğru bakarken, bir hayalete bakıyor gibi olduğunu hissetti. Bununla birlikte şekil daha da soluk ve büyük hale geliyordu. Yine de, şekil öyle dikkat çekiciydi ki, Dorothy kibarca değil de daha ziyade dikkatlice bakmakta olduğunu fark etti. Şekil kendisine hitap ettiğinde, yaptığı incelemeden irkiliverdi.

"Bu doğru canım, ben bir *genliğim* ve Girişim Dansçıları adındaki popüler grubun bir üyesiyim. Bizi ve muhteşem olasılık dağılımlarımızı duymuş olabilirsiniz." (Muhtemelen) Kendinden emin bir tavırla reverans yaptı.

"Öğrenmeye başladığın gibi, cisimler sadece bir yerde olmakla ve başka bir yerde olmamakla kısıtlanmamışlardır. Bizler kendimizi yayıyoruz diye düşünebilirsin. Bizler dağılmış durumdayız. Herhangi bir şeyin genliği, kendisiyle olasılık dağılımı sayesinde ilişkilidir. Bu da aslında söz konusu cismin belirli bir yerde bulma olasılığını verir. Bizlerin bazı yerlerde bulunma olasılıkları başka yerlere göre daha yüksektir fakat bizleri en ummadığın yerde de bulabilirsin. Pekâlâ, en az beklediğin yerde değil, çünkü orada bulunma olasılığımız çok düşük olacaktır ama yine de bizler bir miktar kestirilemez olmaktan hoşlanırsınız."

GENLİKLER VE FAZLAR

Klasik fizikte olasılıklar doğrudan birleşirler ve daha fazla seçenek eklemek her zaman olasılığı artırır.

Kuantum fiziğinde ise, genlik en temel tanımı verir ve bunun

da bir fazı vardır. Genlikler toplanmak ya da çıkartılmak üzere birleşebilirler ve sonuçta toplam genliği ve sonuçtaki olasılığın büyüklüğünü artıran ya da azaltan başka bir genlik elde edilir.

Olasılıklar yalnızca genliklerinin büyüklükleri ile belirlenirler (aslında genliğin karesi ile) ve toplam faza bağlı değildir.

"Bu kadar genişlerseniz, başka bir tane ile çarpışmak zorunda kalırsınız. Bu durum hepinizin grup halinde dans etmesine engel olmaz mı?" diye sordu Dorothy, ilk akıma gelen düşünce bu olmuştu.

"Tabii ki olur!" Girişim dansının en önemli yanı da bu ya zaten. Bizi muhteşem kılan girişim desenleridir. Bizler fazlarımızı en etkileyici biçimlerde kullanmaya çalışırız, anladın mı?"

Dorothy "Benim de sormayı istediğim şey buydu işte" dedi. "Fazlarınız ile neyi kast ediyorsunuz? Faz ne demek?"

"Bunu açıklamak biraz zor. Sana göstermeme izin ver." Bunu derken, kıyafetinin kıvrımları ve katlarına uzandı ve Dorothy'ye ilk bakıştı tef gibi görünen bir şey meydana getirdi. Büyük yuvanlık bir cisimdi, ama daha yakından bakıldığında etrafında hiç zil bulunmadığını fark etti. Bunun yerine, merkezinde bir pusula ya da saat ibresi gibi büyük bir ok veya gösterge vardı. Bu ok bir yukarı bir aşağı, bir sağa bir sola sürekli dönüyordu.

"Bu benim fazım" dedi genlik. "Bunu bir yön göstergesi gibi düşünebilirsin ama uzayda belirli bir yönde uzanmaz. Bizim bir-bimize olan doğrultumuzun bir işaretidir. Bunu daha sanatçıların çok birbirini tamamlayan renkleri göstermek için kullandıkları renk tekerleği olarak düşünebilirsin."²

² Bunun sıradan renklerin bir tanımı olduğuna ve gösterim amaçlı bir benzetim amacı taşıdığına dikkat edin. Bildiğimiz renkler kuarkların sahip oldukları renkler değildir. Adlarına rağmen, kuarkların "renklerinin" bildiğimiz renklerle ilgisi yokken, fazlar ile ise çok az bir ilgileri vardır.

Dorothy cismin üstünün her biri tamamlayıcı ya da zıt olan renge bakan bir renk çemberi ile kaplandığını fark etti. Bir tarafta kırmızı, mavi ve yeşil renkler birbirine karışmıştı, diğer tarafta ise bunların tamamlayıcı renkleri vardı. Camgöbeği, eflatun ve sarı... Gösterge bir renkten diğerine hareket ederek dönmeyi sürdürüyordu. Dorothy izlerken, kırmızı ve camgöbeği bölgeler kenarlardan ayrılıp çemberin ortasına kayıyorlardı. Merkezde, birbirlerinin üstüne biniyorlar ve iki renk beyaz bir bölge oluşturarak birleşiyorlardı. Böylece çevreleriyle tam olarak aynı konuma geliyorlar ve gözden kayboluyorlardı.

"Benim fazım sabit değildir. Zamanla sürekli değişir. Biz genlikler hepimiz biraz AC/DC'yizdir.³ Bizim o andaki fazımız diğer genlikler ile nasıl birleşeceğimizi belirler.

"Sahi mi, bunu nasıl yapabiliyorlar?" diye sordu Dorothy ilgiyle.

"İki genlik karşılaştığında, göreceli fazları nasıl birleşmeleri gerektiğini söyler. İkisi de aynı fazdaysa, toplanırlar. Böylece ayrı ayrıken olduklarının iki katı haline gelirler yoğunluk bakımından ise dört kat büyürler. Bir genliğin olasılığı genliğin büyüklüğünün karesi ile tanımlanır, yani büyüklüğün kendi kendisi çarpılmasıyla. Tek tek fazlar genliklerin toplanma biçimlerini belirlese de, dediğim gibi, olasılık toplam faza hiç bağlı değildir. Genliklerin fazlar cinsinden toplandıkları durumda, bu ikisinin birleşme olasılıkları tek bir faz için dört katma çıkar. Benzer fazlı bir genlik bulmanın onu daha büyüteceğim söyleyebilirim. Kendimizi iki kat uzun hissederiz," diye gururla bağırdı. "Bunu anlamak için yaşamalısın. İkimiz de aynı olduğumuz sürece, fazlarımızın ne olduğunun önemi- yukarı, aşağı, ya da yanlara - yok."

Bir an durdu ve ses tonu sertleşti. "Diğer yandan, benimkinin tam bir tamamlayıcısı ya da tersi olan zıt fazlı bir genlikle de karşılaşabilirim. Bu çok gurur kırıcı bir deneyimdir, çünkü birbi-

³ AC: Alternating Current, (Değişken akım), DC: Direct Current, (Doğrudan Akım)

rimizi yok ederiz. Toplamımız parçalardan bile daha küçük olur, çünkü birbirimizden çıkartılırız ve geride hiçbir şey kalmaz. Bu, bir arada yaşayamayacağımız ilişki türlerinden bir tanesidir. Bu yüzden birlikte olduğumuz sürece birbirimizi yok ederiz. Ayrıldıktan sonra, daha önceki hallerimize döneriz, muhtemelen daha kederli ve bilgili olarak, kim bilir? İki genliğin birbirini tamamen yok ettiği bu son durum yıkıcı girişim olarak bilinir.

FAZ VE GİRİŞİM

Bilindiği gibi, bir şeyin olmasının birden fazla yolu varsa, bu olayın meydana gelmesi daha olasıdır.

Kuantum fiziğinde, eşit büyüklükteki iki genlik birleştiğinde, faz bakımından iki katı genlik ile tek bir genliğin dört katı olasılık meydana getirecek şekilde birleşebilirler. Bu *yapıcı girişimdir*.

Diğer yandan ise, iki genlik fazları çıkartılarak sıfır olasılık meydana getirecek şekilde de birleşirler. Bu ise *yıkıcı girişimdir*.

Daha fazla genlik dâhil etmek, bazı noktalarda toplamın büyüklüğünü azaltabilir.

Genel olarak, iki genliğin göreceli fazları yerden yere değişiklik gösterecektir ve bu durum hem artırılmış ve hem de azaltılmış olasılık bölgeleri meydana getirir. Bunlar tipik aydınlık ve karanlık optik girişim desenleridir.

Tüm bölgedeki olasılık, her genliğin olasılıklarının toplamının ortalamasını gösteren bir değerdir, ama dağılım farklılık gösterebilir.

Dorothy "Bunlar bana çok yabancı geliyor," diye itiraf etti. "Bu faz denilen şeyin ne olabileceğini ve senin türündekiler üzerinde neden böyle bir etkisi olduğunu hala anlamadığımı söylemeliyim."

"Dünyanın neden şu andaki halinde olduğunu bilmediğimiz gibi, neden bizi bu şekilde etkilediklerini kim bilebilir ki? Tek bildiğimiz iki genlik karşılaştığında, fazları arasındaki ilişkilerinin birbirlerini yok edip etmeyeceklerini, birbirlerini güçlendirip güçlendirmeyeceklerini ya da çok küçük bir etkiyle birbirlerini geçip geçmeyeceklerini belirlediğidir. Bir gölün üzerindeki dalga ya da dalgacık çok sık gözlemleyebileceğin bir olaydır. Dalgacıklar ilerledikçe, su hareket eden dalganın fazını gösteren art arda tepe ve çukurlar meydana getirerek yükselip alçalır. Böyle bir dalganın, gölün yüzeyinden yükselen bir direğin iki yanından geçmekte olduğunu farz edelim. Dalga parçaları tekrar birleştiklerinde *fazları birleşebilir* ve suda daha büyük dalgalanmalar meydana getirebilir ya da *farklı fazlarda* olup birbirini yok edebilir. İkinci durumda, bu noktadaki su durgundur ve aşağı ya da yukarı hareket etmez."

"Neyse, Girişim Dansımıza başlamak üzereyiz," diye bitirdi sözlerini. Etkisi için neden girişime bağlı olduğunu gelin, kendi gözlerinizle görün."

Sonra, dansçı grubuna koştı ve meydanda iki sıra oluşturdular. Dansçıların hepsi de egzotik kıyafetler giymişlerdi ve her birinin uçuşan elbisesi belirsizleşerek yok oluyordu, bu yüzden Dorothy hepsinin aynı türde genlik olduğunu düşündü. Bazıları belli belirsiz Ortaçağ'ı andıran kıyafetler giymişlerdi. Bazıları ise oyuncak at kafaları takıyordu. Kimileri uzun Barok kuleler gibi ayrıntılı mimari kıyafetler içindeydiler. Kimileri de başlarında taç ile ihtişamlı kraliyet cüppeleri giymişti. Her halükarda, şekiller birbirlerinden ayrıldılar ve gözden kayboldular.

Birdenbire her bir sıra diğerine doğru dans etmeye başladı. Dorothy müzik duymuyordu ve öyle olmadıklarını görse bile nasıl adım uydurduklarını merak ediyordu. Her biri kendi ritmi

ile dans ediyor gibi görünüyordu ve tüm dansçıların fazları farklı miktarlarda titreşiyordu.

Dansçıların sıraları birbiri içinden geçiyordu. Ama bu durum, normalde bekleneneği gibi, her bir sıradaki dansçıların karşı sıradaki kendisine denk gelen boşluktan geçmesi anlamına gelmiyordu. Hayır, burada, dansçılar *birbirlerinin içinden geçiyorlardı*.

Geçtikçe her bir genlik diğeri ile *toplanıyordu*. Bazen ikisi de aym faza sahip oluyordu ve bu durumda sıra ilk başta olduğundan bir kaç kat daha yükseliyordu. Diğer noktalarda, fazlar zıttılar ve buradaki dansçılar tamamen yok oluyorlardı. Dorothy bu durum karşısından dehşete kapılmıştı ama sıralarda birbirlerinden geçip ayrıldıkça dansçıların eski hallerine döndüklerini görünce rahatladı. Şekiller tekrar tekrar birleşip çözülüyorlardı ama her defasında ayrılır ayrılmaz hemen beliriyorlardı. Dorothy at başlı bir şeklin uzun komik bir kuleyle karşılaştığını izlerken birbirlerini yıktıklarını görünce, satranç oyununu hatırladı. Bu ilginç bir oyundu, *her iki parça* da alınıyor ve ondan sonra sapsağlam biçimde oyun tahtasına konuyordu.



Dansçı sıraları bir yandan öbür yana sallanıyor, ayrılıyor ve dönüyordu böylelikle tekrar tekrar birbirlerinin içinden geçiyorlardı. Her geçişte, Dorothy bazı yerlerde büyük mesafelere yükseldiklerini, bazılarında ise görünmeyecek kadar küçüldüklerini görüyordu. Bu şekilde, dansçılar dans ettikçe meydan karmaşık ve sürekli yükselip alçalıp duran tepe ve çukur desenleriyle doluyordu.

Bitirdiklerinde, genlikler sıraya dizildiler ve selam verdiler (galiba). Dorothy heyecanla alkışlıyordu. Muhteşem bir manzaraydı ve sonunda fazm birbirleriyle girişim yapan genlikler üzerinde sahip olabileceği etki hakkında biraz da olsa bir şeyler anladığını hissediyordu.

Dans eden grup meydanı terk etti. Meydan ilk bakışta tamamen terk edilmiş gibi görünüyordu ama daha sonra Dorothy bir köşede bir tür küçük pazar tezgâhı olduğunu fark etti. Dansı izleyen ilgili bir seyirciye bunların ne olduğunu ve eğer satıyorsa, neler sattığını sordu.

"Burası kasaba pazarı! Bu da pazar meydanı, doğal olarak pazar burada!"

"Ama bir pazarda genellikle pek çok tezgâh bulunur ve her şey satılmaz mı?" diye sordu Dorothy, kafası karışmış bir şekilde.

"Aslında, genellikle öyledir ve bu Pazar da öyle. İsteyebileceğin hemen her şeyi satan pek çok tezgâh var."

"Ama ben yalnızca bir tane görüyorum!" diye karşı çıktı Dorothy.

"Oh, hayır! Aslında hepsini görüyorsun ama hepsi aynı yerde bulundukları için hepsini süperpozisyon halinde görüyorsun. Aslında burası yerel Eyalet Panayırı. Bu yüzden tüm eyaletlerin bir süperpozisyonu⁴ var. Bu duruma buralarda çok sık rastlanır. Akla gelebilecek her şeyin tezgâhı vardır. Olmak zo-

⁴ Süperpozisyon (Superpositon): Süperpozisyon, iki ya da daha fazla dalganın üst üste binme durumu. Ç.N.

12. BÖLÜM

rundadır çünkü mümkün olan her şey için her zaman bir genlik olacaktır. Bunu şehrin duyuru panosundaki yönetmelikte görebilirsin" diyerek işaret etti, yardımsever vatandaş. Dorothy bunu daha önce görmemişti ama şimdi gösterilen yerde direklerle desteklenmiş tahta bir tabela ve üzerinde yayılmış çok sayıda duyuru gördü.

**Yasak olmayan
zorunludur.**

**Seçenekler isteğe bağlı
değildir.**

**Kekiniz olmalı ve onu
yemek zorundasınızdır.**

**Olabilecek
herşey olacaktır.**

**Kendinizi hiçbir şeyden
mahrum etmeyin.**

Her şeyi alabilirsiniz.

Dorothy'nin yanına gelen Korkuluk "Bunlardan bazıları biraz ağır gelebilir" dedi. "Olabilecek her şey olacaktır" cümlesi, olası her şey için bir genlik olmak zorunda olduğunu gösteriyor. Genliklerin kendileriyle ilişkili olasılıkları olduğu için, olabilecek her şeyin bir miktar olma olasılığı vardır. Bu şekilde söyleyince herkesçe bilenen bir şey haline geliyor."

SÜPERPOZİSYON

Süperpozisyon ilkesi, *olabilecek* her şey için, bir genliğin bulunacağını söyler.

Bu cümle biraz, olabilecek her şey için bir olasılık bulunduğunu söyleyen klasik ifadeyi andırmaktadır. Kuantum genlikleri hakkında dikkate değer olan şey çeşitli olasılıkların *girişim yapabilmesi* ve birbirlerini etkilemesidir.

"Galiba öyle," diye yanıtladı yardımsever seyirci, "fakat genlikler düşünüldüğünde, ihtimali düşük olsa bile, olası her durum için bir genlik olacağı ifadesi doğruluğunu korumaktadır. Gayet küçük bir genliği olabilir ama yine de vardır. Bu genliklerin hepsi mevcut olabilir ve farklı olasılıklar diğeriyle girişim yapabilir.

"Eğer mümkün olan herhangi bir şey zorunluysa," diye devam etti Dorothy farklı bir yaklaşım deneyerek, "pazar tezgâhları neden tüm bölgeye yayılmamışlar? Buna da aynı şekilde izin verilir, öyle değil mi? Hem de daha da makuldür," diye ekledi

"Ah, ama bu hiç de mümkün değildir" diye bağırdı bilgili kişi. Uyarı panosuna yakından bakmamışsın. En alttaki küçük yazıyı görmedin mi?"

Dorothy tekrar baktı. Gerçekten de gözünden kaçmış özelliklerle küçük harflerle yazılmış bir uyarı vardı.

ŞEHİR YÖNETMELİĞİ

Tüm Pazar tezgâhları yalnızca

gösterilen yerde açılmak zorundadır.

Bu noktayı vurgulamak istercesine, bir esnafın sürdüğü yük arabasının takır tısı duyuldu. Boş alana bakarak, diğerlerinden biraz uzağa park edip yük arabasını tezgâha çevirmeye başladı. Fakat arabayı yerine yerleştirirken, evlerin arasından bir grup silahlı adam koşarak geldi. Yeni gelen esnafın etrafını çevirdiler ve onu hemen yönetmeliklere uyması için ikna ettiler. Sinirli itirazlarına rağmen, hemen diğer tüm tezgâh sahipleri ile karıştığı uygun konumuna geçti.

Yanındaki bilgili seyirciden izin alarak, Dorothy ve Korkuluk boş alanı geçip bomboş pazar tezgâhına doğru yürüdüler. Dorothy, görünüşüne rağmen, bunun tek bir tezgâh değil koca bir pazar olduğunu kendine hatırlattı.

Oraya varır varmaz bir esnaf yanlarına yaklaşıp bir şey söyledi.

"Merhaba, beyefendi ve hanımefendi! Bugün ne almak istersiniz? Şu aralar ticaret çok yoğun olmadığı için çok ucuza mallarımız var." En azından bu sonuncusu makul bir yorum gibi göründü; kız ve yanındaki etrafta görebildiği yegâne iki kişiydi.

"Varsa ben yiyecek bir şey istiyorum" diye cevapladı ihtiyatla.

"Ah, tabii ki güzel bir domuz pırzolasma ya da biraz bifteğe ne dersiniz?" Mal sahibi daha belirgin hale geldi ve Dorothy vurduymaz kırmızı bir surata sahip olduğunu ve çizgili bir önlük ile saman bir şapka taktığını gördü. Onun arkasında her çeşit et parçalarının asılı olduğu tezgâhı görebiliyordu. Belli ki bir kasaptı.

"Hayır, teşekkür ederim." dedi Dorothy. "Şu anda et istediğimi sanmıyorum ve onu pişirmemin bir yolu da yok. Alabileceğim başka bir şey var mı?"

"Tabii ki canım. Güzel bir susamlı çubuğa ne dersin ya da belki kuru üzümlü ekmeğe? Tezgâh sahibi Dorothy'nin soruya verdiği cevap üzerine belirgin biçimde değişmişti. Artık yuvarlak solgun yüzlü şişman birisiydi. Büyük beyaz bir önlük ile yumuşak beyaz bir şapka giyiyordu ve arkasında her çeşit ekmek ve pasta yığınları duruyordu. Artık bir fırıncıydı.

"Korkarım biraz ağır görünüyorlar. Daha hafif bir şeyi tercih ederim."

Tezgâh bir defa daha değişti. Artık esnaf yağ kaplı kaba kalın kumaştan bir önlük giymiş ince uzun biriydi. Arkasındaki tezgâhta ise her çeşit mumlar yığılıydı.

"Hayır, hayır" dedi Dorothy Şamdancıya. "Böyle bir hafifliği kast etmemiştim. Çok farklı bir şey düşünmüştüm."

Çok farklı kelimeleri üzerine önlerindeki tezgâh çeşitli olasıklar arasında mekik dokumaya başladı. Uygun çiçekli kıyafetler içindeki bir kadın tarafından işletilen sebze ve çiçek satan



bir tezgâh ortaya çıktı. Hemen akabinde üstü başı gerçekten dökülen uzun boylu zayıf bir bayanın işlettiği elbiseler satan bir tezgâha dönüştü. Daha sonra, kitaplar gösteren bir tezgâh belirdi. Ufak tefek dazlak mal sahibi kitaplarından birini okumaya o kadar dalmıştı ki Dorothy'yi hiç fark etmedi.

Bunlar hızlıca birbirini takip etti ve hepsi de göründükleri kısa zaman aralıkları içinde çok keskin hatlı ve nettiler. Daha düşük olasılıklı esnafları temsil eden çok daha soluk olanlar diğerlerinin aralarına karışmışlardı. Arkasında kırmızı alevler içinde yanan bir ocağın bulunduğu bir nalbant vardı. Kalın gözlük parçalarının ardından Dorothy'ye bakan ciddi görünümlü bir adam vardı; Dorothy onun ne yaptığından emin olamadı. Çok soluk ve belli ki olması ihtimal dışı bir biçimde, Dorothy çok kısa bir süre için kalın kareli bir kıyafet giymiş olan bir adam gördü. Belirgin bir samimiyet ifadesi takınmıştı ve şunu yazan bir pankartın önünde duruyordu:

Dürüst Bob'un
Yaz Ortası Çılgınlığı
Daha ucuzu olamaz
Sattığımız her arabadan zarar
ediyoruz!

"Durun, durun" diye bağırdı Dorothy. "Bunlardan hiçbirini istemiyorum. Samrım biraz şeker almalıyım."

Bunu söyler söylemez seçenekler atlıkarıncası her çeşit lezzetli şekerlemenin sergilendiği tek bir tezgâhta kararlı hale geldi: Her çeşit lolipolar, karameler, çikolatalar, şekerli çubuklar. Bu tezgâha çok muzip ifadelili iri yarı yuvarlak bir adam bakıyordu. Adam Dorothy'ye pek ilginç gelmemişti ama sattığı malları oldukça ilginç buldu.

Sıranın önüne yakın bir yerdeki cam kavanozun içindekileri gösterip ücret için bir dolar uzatarak "Biraz şekerleme alabilir miyim?" diye sordu.

"Tabii ki camm. Ama korkarım hiç para üstü veremeyeceğim. Para kutumu yanlışlıkla başka bir esnaf ile aynı yere koymuştum ve maalesef zıt fazlara sahipmişler, bu yüzden yıkıcı girişim yaptılar ve para kutum yok oldu. Pazar dağılıp genlikler ayrılınca yeniden ortaya çıkacaktır ama şimdilik bozuk para veremem. Bu nane şekerli çubuklardan ister misin? Bunlardan bazıları Şamdancı mumlarıyla yapıcı girişim yaptılar, bu yüzden kocamanlar.

"Hayır, teşekkür ederim" diye kibar ama kararlı biçimde yanıtladı Dorothy. Çok kaba görünmeden yapabildiği kadar hızlı biçimde pazardan ayrılırken "Tatlarının nasıl olduğuyla ilgilenmiyorum. Düşündüm de şeker sevdiğimden de emin değilim. İyi günler dilerim" diye ekledi.

Hemen sonra, Yapı Taşı Yolu'nun meydanın bir tarafından devam ettiğini gördü ve yola çıktıklarında Korkuluk yamndakine eşlik etmekten dolayı çok mutluydu.

"Bu çok ilginçti," dedi Dorothy yürürlerken. "Eyaletlerin birbirleri üstüne bindiklerini duymuştum ama Kansas'taki Şehir Fuarına gittim ve oradaki tüm tezgâhlar tamamen ayrı duruyorlardı."

"Kansas'ta öyle olur," diye yanıt verdi Korkuluk. "Orada, tüm tezgâhlar ve esnaf muazzam sayıda atom içeren büyük, karmaşık nesnelerdir ve girişim etkileri o kadar ortalama düzeydedir ki onlardan hiçbir iz göremezsin. Kansas'ta elektron ve fotonların girişimlerini görebilirsin ama büyük nesnelerin, mesela devletlerin ya da tezgâh sahiplerinkinin girişimlerini göremezsin. Burası alegorik bir ortam olduğu için farklıdır. Burada, karşılaştığın herhangi bir şey ya da herhangi birisi bu durumu vurgulayacak bir kuantum davranışı içine girebilir."

Birlikte yolda yürürlerken, Dorothy yalnızca bir takım teorik noktaları göstermek amacıyla var olmanın nasıl bir şey olduğunu kafasında canlandırabilmek için boşuna çabalayıp duruyordu.

3. Bölüm



TENEKE KAFA

Dorothy ile Korkuluk'un yürüdükleri yol bir süre sonra bir ormana girdi. Dorothy seyrek ağaçların arasından biraz ileride güneşin parlak bir metalden yansıyan parıltısını görebiliyordu. Bu kadar doğal bir çevrede böyle bir şey olamayacağı için görüntü ilgisini çekti. Arkadaşım da yarana alarak oraya doğru yürümeye başladı.

Orada, devrilmiş bir ağaç gövdesi üzerinde hareketsizce duran tamamen parlak tenekeden yapılmış gibi görünen ilginç bir şey buldular. Buldukları cismin ince, parlak, boğumlu eklemleri ile konik tepeli yuvarlak silindirik bir kafası ve teneke kutu gibi bir gövdesi vardı. Yüzündeki, eğer hiçbir özelliği olamayan silindirin ön kısmı için yüz denebilirse, tek özellik, en azından o an için, boş ve anlamsız bakan iki kocaman lensti. Göğsünün ön tarafında daha çok bir televizyon ekranı gibi görünen bir ekran vardı. Dorothy üstünde anlaşılmaz bir şeyler yazdığını gördü:

> sistem diskini A sürücüsüne takın

"Bu da ne demek?" diye kendi kendine yüksek sesle sordu Dorothy. "Sistem diski nedir acaba?"

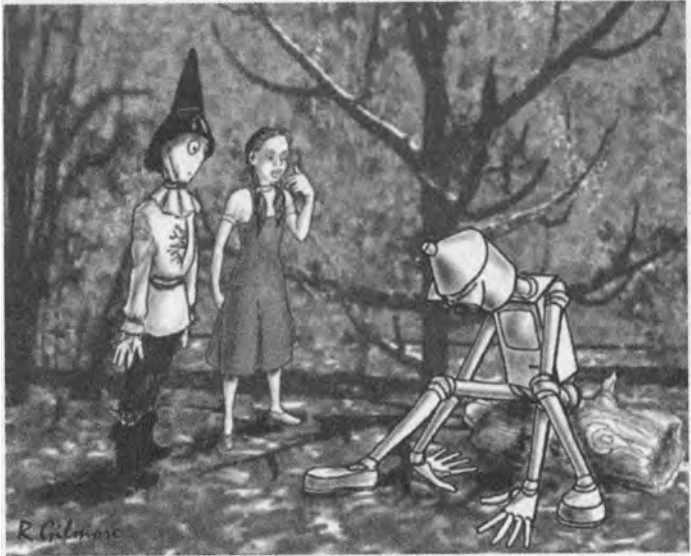
Her durumda cevap verebilecek yegâne kişi olan Korkuluk cevap verdi, "Büyük ihtimalle yaranda yerde duran şey." Gerçekten de, hareketsiz duran elinin yaranda yerde bir şey vardı.

13. BÖLÜM

Dorothy bunun bir disk gibi görünmediğini düşündü, çünkü bu bir kareydi, ama ellerindeki tek aday oydu. "Acaba bu nereye takılacak ki," dedi. Bu öylesine sorulmuş bir soruydu, ama her zaman dikkatli bir gözlemci olan Korkuluk cevap verdi. "Ekranın altında bir yuva var. Oraya uyup uymadığına bak." Dorothy onun söylediğini yaptı ve birkaç denemeden sonra diski yuvaya takmayı başardı. Yerine oturur oturmaz, bir vınlama sesi duyuldu ve ekranda bir takım anlaşılmaz mesajlar görüldü. Cismin gözlerinde donuk bir parıltı belirdi, kollarım hareket ettirmeye başladı ve ardından ayakları üstüne dengesizce dikildi.

"Teşekkür ederim! Teşekkür ederim!" dedi. Vurgusuz, kısa cümlelerle konuşuyordu. Sesi tekdüze ve mekanikti. "Sonsuza kadar burada oturabilirdim. Ama siz geldiniz ve sistemimi yeniden yüklediniz. Kesinlikle hayatımı kurtardınız. Ya da bana yeniden hayat verdiniz."

"Bir şey değil," dedi Dorothy, sesi biraz titriyordu ve ne diyeceğini ya da daha doğrusu ne yapacağını bilmiyordu. "Bu duruma nasıl geldin?"



"Bu oldukça üzücü bir hikâye. Ben bir bilgisayar sevdalıyım. Hala da öyleyim ama çok farklı bir biçimde. Bilgisayarım çalışmaktan başka bir şeyden zevk almazdım. Yeni bir donanım çıktığında, ilk deneyen ben olurum." Konuşurken gözleri heyecandan parlıyordu. Dorothy bu ifadenin kullanıldığını çok duymuştu ama asla bu kadar gerçekçi olarak değil. Lenslerin ardındaki sönük ışık parlaklaşmıştı ve şimdi gözleri parıltıyordu. "Zaman geçtikçe yepyeni şeyler çıkmaya devam etti. Gerçekten gerekli olup olmadıklarına bakmaksızın eski parçaları yenileriyle değiştirmek için daha da fazla zaman harcıyordum. Ne oldukları ya da ne işe yaradıklarıyla ilgilenmiyordum. Daha sonra, korkunç bir şey keşfettim. Ama artık çok geçti."

"Bu keşif neydi?" diye sordu Dorothy, meraklıdan ziyade ilgi görünmek istercesine.

"Bu tutkum yüzünden, kendimi bütünüyle değiştirmiştım. Şimdi bir bilgisayarım. Her ne kadar son teknoloji ürünü olsam da yine de bir bilgisayarım. Sağanak yağmur altında burada oturuyordum. Şimşek çaktığında ortaya çıkan bir akım dalgalanması tüm programlarımı sildi. Bu yüzden siz beni yeniden yükleyene kadar burada duruyordum, ya da burada değildim de diyebilirim. Tekrar teşekkür ederim." Düz, yankılı ses birden kesildi.

"Önemli değil," dedi Dorothy, "Eminim sen de benim için aynısını yapardın." Bunu söylemenin ne kadar aptalca olduğunu düşündü bir an. "Ne zamandır buradasın?" diye sordu kafasının karışıklığını gidermek için.

"Dâhili saatime göre üç ay, iki hafta, beş saat, altı dakika ve kırk yedi dakikadır, tabii burada olmadığım süre dışında. Çalışmayı kesmişim. Hafızam yok." Bir an yeniden düşünür gibi oldu. "Aslında bir hafızam var. Silinemeyen ve çok büyük hafızam. Sanırım artık güncel değildir." Sesinden anlaşılmasa da, Dorothy onun bir parça kederli olduğunu fark etti. "Kapandığımdan beri ne kadar geçtiğini biliyorum, ama bu süre içinde ne olduğunu bilmiyorum."

"Neden bizimle gelmiyorsun?" diye sordu iyi kalpli kız. "Biz Kuarkların Büyücüsü'ne gidiyoruz ve bize bilmemiz gereken

her şeyi anlatacağından eminim. Çok zeki ve bilgili biri olduğunu duydum."

Teneke Kafa heyecanla kabul etti (tabii yine bunu sesinden anlayamazdınız) ve hepsi birlikte Yapı Taşı Yolu'na koyuldular.

Zaten tamamen düz olmayan yol, şimdi hem sağa sola, hem de yukarı aşağı doğru kıvrılıyordu. Tepesinde keskin bir dönemeç olan gayet dik bir patikayı çıkarlarken, engebeli yolda birden nal ve tekerlek gürültüsü duyuldu. Gözü dönmüş biçimde gelen atlı bir araba vadinin tepesinden aşağıya atlayıp sarsılarak iniyordu. Sürücü yoldaki dönemeci görür görmez hemen arabayı döndürdü ama çok geç kalmıştı. Araba yoldan çıkıp ve büyük bir ağaca yandan çarptı. At kafasını sallamayı kesip acı bir şekilde kışnı ve dizginlerini kopartıp ormana doğru dörtnala koşmaya başladı, sürücüsü de çığınca onu takip ediyordu.

Dorothy ile yamndakiler atın ya da sürücünün başlarına bundan sonra gelenlere çok dikkat edemediler çünkü araba ağaca çarptığında yanmaya başlamıştı ve içindekiler de bulundukları yerden vadiye yuvarlanıyordu. Yuvarlanıp zıplayan kara cisimler geçerken korkuyla izliyorlardı. Dorothy umursamaz sürücünün çok sayıda kömürü olduğunu söyleyebilirdi. Yanından geçen şeylere bakıyordu ve gerçekten de çok büyük miktarda kömür olduğunu düşünüyordu çünkü hızlıca hareket eden bu parçaların boşalması çok uzun sürmüştü. Parçaların çoğu vadinin sonunda durmuştu ve ara sıra yeni gelen bir tanesi duranlardan biriyle çarpışıyordu. Dorothy bu çarpışmalardan sonra ne olduğunun kömür parçalarının büyüklükleri ile ilgili olduğunu fark etmişti.

Çarpışmalardan birinde büyük bir kömür parçası küçük bir tanesiyle çarpıştı ve ikisi de ilerledi, küçük olan büyüktten daha hızlı gidiyordu. Bazen de küçük bir kütle büyük bir tane ile çarpışıyordu. Büyük olan yavaşça ileri hareket ederken, yeni gelen küçük ise geriye sekiyordu. Nadiren de eşit kütleli iki tanesi çarpışıyordu ama bu durumda kütleler rollerini değiştiriyorlardı. Duran, ilk başta hareketli olanın hızıyla hareket etmeye başlıyor, diğeri ise tamamen duruyordu.

"Burada momentumun korunumunu görüyorsun" diye belirtti Teneke Kafa, çarpışmaları izleyen Dorothy'nin kulağına doğru eğilerek. "Hareketin gerçek ölçüsü nedir?" diye bir soru aklına geldi mi hiç?"

"Geldiğini söyleyemem ama cevabı açık değil mi?" diye yanıtladı Dorothy. "Hareketin kendisidir, yani herhangi bir şeyin hareket etme miktarı. Hız dediğiniz şey bu sanırım."

"Hayır, aslında değil. Momentum daha önemlidir. Momentum cismin hızı¹ ile kütesinin çarpımıdır. Dikkatli bakarsan görebilirsin. Bazen kömürlerden biri ağaca çarptıktan sonra geri seker. Bu durumda üzerine gelen bir şeyle kafa kafaya çarpışabilir. İkisi hareketlerini paylaşır. Nasıl paylaştıkları ise kütlelerine ve hızlarına bağlıdır."

Dorothy bu gözle yeniden baktı. Gerçekten de bir ağaca çarpıp seken ve başka bir tanesinin yoluna çıkanlar olduğunu gördü. Benzer boyutlardaki iki cisim karşılaşıyor ve ikisi de hızlı olanın yönünde gidiyorlardı. Başka bir sefer ise, ağır bir cisim yalnızca birazcık daha hızlı olan hafif bir tanesiyle çarpıştı, ikisi de büyük olanın yönünde ilerlediler, ama daha yavaş biçimde. Bir seferinde de, daha küçük ve hızlı olan daha büyük ve daha yavaş olan bir tanesiyle çarpıştı ve ikisi de tamamen durdular.

"Gördün mü, momentum korunuyor. Kütle ile hızın çarpımı çarpışmadan sonra aynı kalır."

"Aynı kaldığını nasıl söyleyebiliyorsun?" diye karşı çıktı Dorothy. "Şu son durumda, önce hareket vardı ama sonra hareket kalmadı. İkisi de durdu. Böyle bir durumda hareket ölçüsü nasıl aynı kalabilir ki?"

"Momentum vektörel bir büyüklüktür. Büyüklüğünün yanında yönü de vardır. Zıt yönlerdeki iki momentum çarpıştıkla- *

¹İngilizcedeki speed ve velocity kelimelerinin ikisi de Tırkçede hız kelimesi ile karşılanmakta olsa da aralarında fiziksel açıdan fark vardır. Speed sayısal bir değerken, velocity vektörel bir büyüklüğü belirtir. Burada kastedilen hız, vektörel büyüklük olan velocity kelimesidir. Ç.N.

13. BÖLÜM

rında, birbirlerini yok etmeye eğilimlidir. Eğer tam olarak eşit ve zıtlarsa, birbirlerini tamamen yok ederler. O zaman toplam momenttim sıfır olur. Bu durum, hareketli cisimler ne kadar hızlı olurlarsa olsun geçerlidir. Toplam momentum durgun hallerindeki momentumlarına eşittir.

"Ama," diye karşı çıktı Dorothy bir şeylerin yanlış olduğundan emindi. "Bir şeyler yanlış gibi geliyor. Çok hızlı hareket eden iki cismin durgun hallerindekiyle aym harekete sahip olduklarına inanamıyorum. Bana anlamlı gelmiyor. Bu doğru olmaz."

"Doğru değil zaten." Toplam momentum aynıdır. Ama momentum hareketin tek ölçüsü değildir. Toplam kinetik enerji değişecektir. Kinetik enerjinin yönü yoktur. Her zaman pozitifdir ve toplanır. İki cisim çarpışmadan önce kinetik enerjiye sahiptir. Çarpışmadan sonra ise hiç kinetik enerji kalmaz."

"Yani cisimler çarpıştıklarında enerji korunmaz, öyle mi?" Dorothy konuyu anlamaya çalışıyordu.

"Hayır, öyle değil. Hem de hiç. Enerji korunur. Ama kinetik enerji korunmaz. Enerji bir türden diğerine dönüşebilir. Kinetik enerji hareket eden cisimlerin sahip olduğu enerjidir. Başka enerji türleri de vardır."

O anda paramparça olan arabanın patlaması duyuldu. Bir şeyler, muhtemelen de tüm bu kömürü yakan şey, patlama için bu anı seçmişti. Islık gibi bir ses duyuldu ve büyük bir demir çaydanlık havadan süzülerek geldi. Büyük bir gürültüyle bulundukları yerin yakınında bir yere yola sertçe indi. Teneke Kafa ona doğru yürüdü ve metalik gücüne rağmen belirgin biçimde zorlanarak onu kaldırdı. Çarptığı yerde büyük bir çukur vardı.

"Çok yakındı," dedi. "Bu da enerji korunumunun bir başka haliydi. Patlama kömür parçalarındaki kimyasal enerjiyi açığa çıkarttı. Bu kinetik enerjiye dönüştü, hareket eden bir cismin sahip olduğu enerjiye. Enerji çaydanlığı havaya fırlattı. Çaydanlık yükselirken, yavaşladı. Kinetik enerji kütle çekimin potansiyel

enerjisine dönüştü. Düşerken de yeniden hızlandı. Potansiyel enerji yeniden kinetik enerjiye dönüştü. Çarpışma anında, enerjinin birazı ses dalgalarına dönüştü. Gerisi ise yolun biçiminin bozulmasına harlandı. Toplam enerji hep aynı kaldı."

"Ama çaydanlık yolu mahvetti," dedi Dorothy düşünceli düşünceli. "Çok yazık."

"Hayır, gayet normal. Pek çok yolda birkaç çukur vardır."

"Kesinlikle, bu çok normal," diye destekledi başından beri izleyen Korkuluk. "Her şey tamamen normaldi. Hem de çok normal. Yine 'Normallik Yanılsaması'na kapıldın ve bir defa daha hareketli cisimleri kendi büyük ölçekli dünyanda göreceğin gibi görüyorsun."

Dorothy bu tartışmayı öyle ilginç buldu ki ilk defa evden bahsedilince hüzünlenmedi. "Burada cisimler hareket ettiklerinde farklı olan nedir? Cisimlerin ölçekleri ne olursa olsun hareket harekettir."

"Dediğin gibi, muhtemelen hareket harekettir ama genliklerin ve kuantum etkilerinin belirgin olduğu ölçeklerde, her şey çok farklı *görünür*. Geçen cisimlere yeniden bak ve genliklerini gör."

Dorothy çarpışan kütlelere baktı (çok uzun süredir araba enkazından gelmeye devam ediyor gibi görünüyorlardı!). Bu sefer onları tek tek ve birbirlerinden ayrı olarak görmek yerine, her birini yolda uzanan bulanık bir görüntüye sahip olarak görüyordu. Her biri boylamasına farklı bir desendeydi. Dorothy bunların Girişim Dansında oraya buraya zıplayıp duran genliklerdeki faz değişimleri olduğunu fark etti. Her bir genlik üzerinde, boylamasına değişip duran faz çizgileri görüyordu. Bazılarının araları çok genişken, bazıları birbirlerine çok yakındılar.

"Her birinin farklı bir momentumu var. Yani farklı bir dalga boyu var. Dalga boyu tepeler arasındaki uzaklıktır. Tepeler fazın bir döngü boyunca en yüksek olduğu noktalarıdır. Bazılarının dalga boyu momentumlarındaki farklılıklar yüzünden diğerle-

rinden daha büyüktür. Hızlı olanların dalga boyları daha küçüktür. Yani fazdaki tepeler birbirlerine daha yakındır," diye açıkladı Dorothy'nin hemen yakında konuşan Teneke Kafa.

"Bu bana pek doğru gelmiyor," diye cevapladı konuyu kafasında canlandırmaya çalışan Dorothy. "Tabii ki hareket hızlandıkça, tepeler birbirlerinden *daha uzak* olmalılar. Daha hızlı hareket ederlerken, daha ayrı olmaları gerekmez mi?"

"Ayrılar zaten. Ayrılma miktarı parçacıkların hızı ile artar ve genlikleri daha büyür, ama baskın olan etki bu değildir. Parçacıklar hızlandıkça, enerjileri artar yani genliklerinin frekansı artar. Frekans saniyedeki faz döngüsü sayısıdır. Bu artış enerji ile orantılıdır ve kinetik enerji cismin hızından² daha hızlı artar. Kinetik enerji cismin hızının karesi ile artar, yani hız kendisiyle çarpılır. Eğer hız iki katma çıkarsa, kinetik enerji dört katma çıkar. Bu çok büyük bir değişimdir ve frekanstaki artış baskın çıkar. Gördün mü, faz daha hızlı değişir ve faz çizgileri eskisine göre daha yakm hale gelirler."

"Yani bahsettiğiniz faz sürekli bir değişim mi gösteriyor?" diye sordu Dorothy anlayıp anlamadığını kontrol etmek için.

"Doğru. Ve dalga boyu da momentum artıkça azalır. Dalga boyu faz içinde bir dalgadaki birbirini takip eden iki tepe arasındaki uzaklıktır. Aynı zamanda, dediğim gibi frekans da enerji ile artar. Faz bir saniye içinde pek çok defa yinelenir. Gördüğün gibi, genlikler hiç de durağan değildir."

DE BROGLIE VE EINSTEIN BAĞINTILARI

Bu bağıntılar kuantum fiziğinin çok önemli temel gerçekleridir. Nasıl olmaları gerektiğini kestirmenin hiçbir yolu olmasa da, bu bağıntıların doğru oldukları gözlemlenebilir.

² Buradaki hız da velocity kelimesinin karşılığı olarak kullanılmıştır Ç.N.

Bunlar, parçacık genliklerinin dalga boyu ve frekans gibi dalga özellikleri ile momentum ve enerji gibi kinematik adındaki özellikleri arasında ilişki kurarlar.

De Broglie' Bağıntısı: Dalga boyu, X , momentum, p , ile ters orantılıdır.

$$X = \frac{2\pi}{p}$$

Einstein Bağıntısı: Frekans, ν , kinetik enerji, E , ile doğru orantılıdır.

$$\nu = \frac{E}{h}$$

Peki, neden böyle? Kim bilir?

Dorothy Teneke Kafa'nın gösterdiği yere baktı. Kömür parçacıklarından birisi hareketsizce yolun kenarında duruyordu. Taşın tek parça ve kenarlarda puslu görüldüğünü görünce pek de şaşırmadı. Bunu bekliyordu. Beklemediği şey nesnenin değişen fazlar ile kaynıyor olmasıydı. Dorothy izledikçe, topak her geçen dakika gitgide büyüyüp genişliyor ve etrafa yayılıyordu.

"Ne oluyor?" diye sordu Dorothy. "Genliklerin her zaman puslu ve geniş olduğunu söylediğini biliyorum ama neden böyle değişiyor?"

"Çünkü belirli bir dalga boyunun tek bir dalgası değil de ondan. Bu bir dalga paketi, farklı momentumlara sahip bir dalga paketi. Hiçbir cisim tamamen hareketsiz olamaz. Paketteki dalgalardan bazılarının momentumu olmak zorundadır. Yani bu cisimler hareket ederler ve hepsi de farklı hareket ederler. Bundan dolayı, genlikler değişip dururlar."

3. BÖLÜM

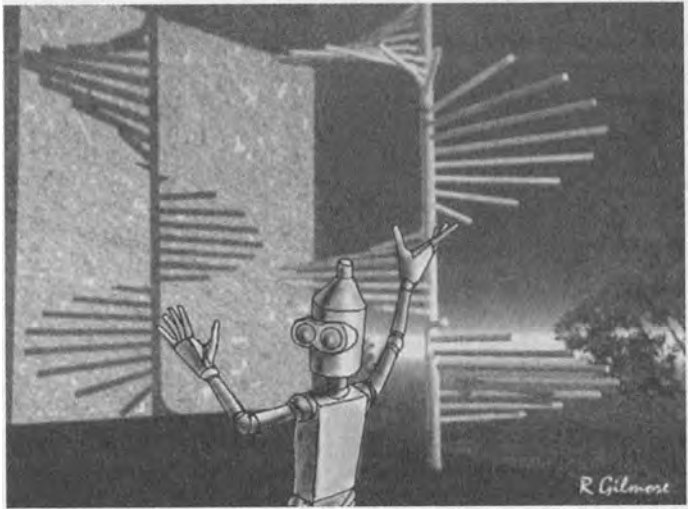
"Ama neden?" diye karşı çıktı Dorothy. Her sorunun tamamen anlaşılmasız yeni durumlar ortaya çıkardığını hissediyordu. "Neden bir genlik hareket halinde olmalı, neden tamamen hareketsiz olamıyor? Bu bana çok saçma geliyor."

Korkuluk araya girerek, "Olduğu gibi bırak" dedi, "sana söylenenlerden böyle olması gerektiği ortaya çıkıyor. Teneke Kafa'nın sana bunu açıklamaya can attığına eminim."

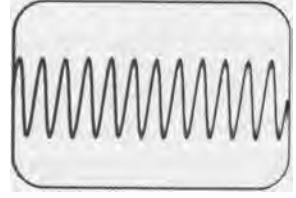
Dorothy'nin görebildiği kadarıyla, pek de can atıyor gibi görünmüyordu. Ama hemen ardından, özelliksiz bir yüze sahipseniz can atıyor görünmenin çok zor olması gerektiğini kendi kendine hatırlattı.

"Belirli bir momentumu olan bir parçacığın belirli bir dalga boyu vardır," diye söze başladı Teneke Kafa. Dorothy bunun konuyla ne ilgisi olduğunu anlamıyordu ama en azından daha önce duyduğu bir şeylerden bahsediyordu. Teneke öğretmenin başka neler söyleyeceğini duymak istiyordu.

"Bu parçacığın genliği tıpkı bunun gibi hiçbir özelliği olmayan bir dalgadır." Konuşurken göğsündeki ekran aydınlandı ve



ekranda dalgalı bir şekil belirdi. "Bu görüntü genlik boyunca fazın nasıl değiştiğini gösteriyor. Ama aslında çok iyi bir gösterim değil. Gerçekte faz, dairesel döngüler yapar, yukarı aşağı değil."



"Girişim Dansından önce genliğin sana ne söylediğini hatırlıyor musun?" diye fısıldadı Korkuluk. "Fazlar her zaman daire çizerler."

"Fazın değişimi şuradaki dönen faz ağacıyla daha iyi gösterilebilir," diye devam etti Teneke Kafa mekanik bir kararlılık ile. Yolun yukarısına tırmandı ve taş bir duvarın önünde duran ilginç bir şey gösterdi. Ağacın, eğer bu doğru bir kelimeyse, ortada dik bir gövdesi ve bundan dik olarak çıkan çıplak dalları vardı. İlginç olan bu dallardı. Hepsisi tamamen aynı boydaydı ve yükselen bir spiral şeklinde gövdeyi sarıyorlardı. En alttakiler sola doğru uzanıyordu; birazcık üsttekiler doğruca karşısında duranlara bakıyordu. Spiral yükseldikçe, dallar sağa doğru dönmeye başlıyor ve sonraki yarım turda yine sola dönüyorlardı. Dallarda oluşan bu spiral diğer ağaçların yaprakları yüzünden görünmez olana kadar yükseliyordu. Yatay gelen güneş ışığı faz ağacının gölgesini arkadaki kaya duvara düşürüyordu ve dallar bu gölgede kısalıp uzuyordu. Dalgaların gölgesi, tıpkı Teneke Kafa'nın göğsünde ekranda görünen gibi dalgalı bir şekil oluşturdu.

"Ekranım düz olduğu için doğru şekli göstermem mümkün değil. Benimki sadece bir izdüşüm, bir tür gölge ya da yandan görünüş." Teneke Kafa'nın heyecansız ses tonunda özür diler gibi bir hal yoktu. "Parçacığın herhangi bir yerde bulunma olasılığı fazına bağlı değildir. Bu konuda yalnızca genliğin büyüklüğü etkilidir. Bu dalga için, genliklerin hepsi aynı boydadır (tıpkı bir ağacın dalları gibi). Momentumu ve dalga boyu aym olan böyle bir dalga için olasılık her yerde eşittir. Parçacığın bu dalga üzerindeki herhangi bir yerde bulunma olasılığı aynıdır. Genliği her iki yönde de yayılıyor. Parçacık bu sonsuz uzunluk üzerinde her

3. BÖLÜM

yerde bulunabilir. 'Parçacığın burada bulunma olasılığı daha fazladır¹ diyebileceğimiz bir yer yoktur.'

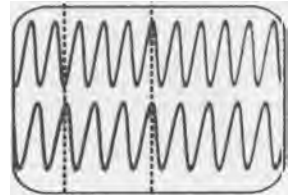
"Ama bir parçacık bir yerlerde olmak zorundadır!" diye itiraz etti Dorothy. "Dediğin gibi, büyük ihtimalle, konumu belirsizdir. Birazcık puslu görünebilir ama bir yerde bulunmak zorunda!"

Korkuluk tam bu noktada tartışmaya katıldı. "Ben gözlem konusunda uzmanım ve belirli bir momentumu olan bir parçacığın varsa, dalga boyunun sabit olduğunu ve genliğine bakarak parçacığın nerede olduğunu söylemenin hiçbir yolunun olmadığından eminim. Ve genlik bilebileceğin tek şey olduğu için, parçacık herhangi bir yerde olabilir."

"Bu çok saçma!" diye ısrar etti Dorothy. "Bir parçacığın konumu biraz puslu olabilir, ama yine de nerede olduğu konusunda fikrim olabilir. Öğle yemeğim bir kutunun içindeyse, atomların tam olarak nerelerde olduklarını söyleyemesem bile yemeğin tüm Kansas'ta değil de, kutunun içinde olduğunu söyleyebilirim."

"Ah, evet," diye aynı fikirde olduğunu belirtti Korkuluk. "Bu kesinlikle doğru. Ama bu dediğim şey tek ve belirli bir momentumu olan bir parçacık içindir, ama yemeğinin içindeki atomların - aslında genel olarak diğer parçacıkların - tek ve belirli bir momentumları yoktur. Onlar momentum karışımıdır, tıpkı izlediğin Girişim Dansındaki dansçılar gibi. Ve aynı biçimde, genlikleri girişim nedeniyle bulundukları yere göre değişim gösterir."

"İşte ben de bunu demek istemiştım," diye devam etti Teneke Kafa'nın heyecansız sesi. "Genlik tek bir momentum dalgası değildir. Konumunu ölçene kadar, yalnızca olasılıklardan bahsedebilirsin. Bir parçacığın buradaki olasılığı en yüksekse "şuradan çok burada" olduğunu söyleyebilirsin. Olasılık dağılımında bir tepe noktası olmak

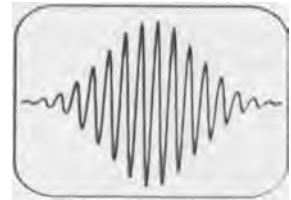


zorundadır. Parçacığın belirli bir yerde bulunması daha olası olmalıdır. Bahsettiğimiz bu momentum paketi her yerde aynıdır ve bir yerlerde yoğunlaşmış olmak zorundadır. Bir yerlerde daha yüksek, başka bir yerlerde daha az olmak durumundadır.



Bu durumun nedeni girişimdir. Birazcık farklı iki dalga boyuna sahip iki dalganın toplanmasının sonucuna bak."

Teneke Kafa konuşurken, göğsündeki ekranda bulunan birinci dalganın altında ikinci bir dalga belirdi. İlkine çok benzerdi, sadece yakından bakıldığında tepeleri biraz daha ayrı duruyordu. İkinci dalga ekranda yukarı hareket edip de ilk dalganın üzerinde oturduğunda bu daha da anlaşılır hale geldi ve hemen ardından birleşen iki dalganın toplamı görüldü. Artık aşağı yukarı salman kıpırdamaların büyüklükleri farklı yerlerde farklı miktarlardaydı. İki dalganın aynı fazda olduğu orta kısımda dalgalar toplanmış ve sonuçtaki dalga öncekinden çok daha büyük olmuştu. Merkezden uzaklaştıkça küçülüyorlar ve sonunda salman hiçbir şey kalmıyordu. Buralar iki dalganın tamamen zıt fazlarda olacak şekilde birbirlerini izledikleri ve birbirlerini yok ettikleri yerlerdi. Yanlara daha da gidildikçe, toplam dalga ortadaki kadar büyük hale gelmeye başlıyordu. Buralar ise birbirlerini iki dalganın tekrar tam bir döngü kadar izledikleri ve bu yüzden yine yapıcı girişim yaptıkları yerlerdi.



"Artık olasılık merkezde daha fazla. Ama ne yazık ki merkezin iki yanındaki bir dizi konumda olduğu kadar. Böyle bir genliği olan parçacık her yerde olamayabilir ama bir dizi farklı yerde olma ihtimali aynıdır. Sonsuz sayıda bir dizi yerde. İki dalgayı toplayarak elde ettiğin bu tepe dizileri 'atım' olarak adlandırılır. Özel bir konumda bulunacak bir parçacığın genliğinde yalnızca tek bir tepe olmak zorundadır. Diğer tepeler bir şekilde yok olmalıdır. Daha fazla dalga eklenirse bu olabilir."

Ekranda, daha fazla dalga belirdi ve ilk toplamla birleşmek üzere yukarı çıktılar. Her dalga ortada aym fazdaydı ve her yeni eklenen dalga ile bu tepe daha da büyüyordu. Yeni dalgaların hepsinin de farklı dalga boyları vardı, bu yüzden iki yanda hizaları bozuluyor ve diğer tepeleri küçültüyorlardı. Ekranda gitgide daha hızlı biçimde yeni dalgalar ekleniyordu, ta ki tek bir merkezi tepe kalana kadar. İki yandaki salınımlar artık boyut bakımından çok küçülmüşlerdi ve tepeden yeteri uzak konumlarda hemen hiçbir şey kalmıyordu.

"Bunun gibi bir genlik sana bir parçacığın nerede olduğunu söyler. Tepe bölgesinde bulunması en olası durumdur. Bunun tek nedeni oradaki olasılığın yüksek olmasıdır. Tepe daha dar olsaydı, parçacığın nerede olduğunu daha iyi bilebilirdin. Böyle bir tepayı ancak farklı momentumlardaki dalgalar birleştiğinde elde edebilirsin. Daha dar bir tepe elde etmek için çok daha geniş bir momentum aralığının olmak zorundadır. Böylece, hizaları daha hızlı bozulur.

HEISENBERG'İN BELİRSİZLİK İLKESİ³

Bu da kuantum fiziğinin bir başka önemli sonucudur.

Momentum ile dalga boyu arasındaki de Broglie bağıntısı deneysel olarak gözlemlenmiş bir gerçektir. Önceden böyle olması *gerektiğini* savunamazdınız ama açıkçası öyledir. Burada Teneke Kafa'nın anlattığı sonuca sahiptir, bir durum için momentum ve dalga boyu çiftinde bir belirsizlik mevcuttur. Bu durum yalnızca değerlerinin ne olduklarını bilmiyor *olmamız* anlamına gelme-

³ Kişisel fikrim bunun Belirsizlik Bağıntısı olarak adlandırılması gerektiği. Kendi başma ayn bir ilke değildir, çünkü tamamen kuantum genliklerinin dalga özelliklerinden türetilirler. Bununla birlikte, bu konuda iki farklı düşünce ekolü vardır: Ben bunun bir ilke olarak adlandırılabilirliğini düşünmüyorum ve başka herkes ise bunun aksini düşünüyor. Bu yüzden, metin de bir ilke olarak kabul ediyorum.

mektedir. Doğa da bilmemektedir; aslında bu değerlerin kendileri bulanık ve belirsizdir.

Heisenberg'in Belirsizlik İlkesi konumdaki belirsizlik, A_x , ile momentumdaki belirsizlik, A_p , arasında ilişki kurmaktadır.

$$A_x \times A_p \geq \frac{\hbar}{2}$$

(Bu denklem sıklıkla $A_x \times A_p > \frac{\hbar}{2}$ olarak yazılır. "Büyüktür" işareti bir şey hakkında her zaman teorik olarak mümkün olandan daha fazla belirsizlik olduğu anlamına gelmektedir.)

"Söylediklerinizi anlamıyorum ya da aslında bana bunları *ne-den* anlattığınızı bilmiyorum. Bunların parçacığın davranışını görme biçimim ile ne ilgisi var? Parçacık kesinlikle duruyor olmalıydı ama gördüğüm kadarıyla her yönde yayılıyor."

"Metalik arkadaşımızın sana söylemek istediği de işte bu," dedi Korkuluk. "Hiçbir parçacığın tek bir momentuma, dolayısıyla belirli bir hıza sahip olamayacağını söyledi. Bu durum, duran bir parçacık için de geçerlidir. Tamamen hareketsiz bir parçacık bulamazsın, en azından eğer yaklaşık olarak *nerede* olduğunu bilmiyorsan. Konumdaki her kısıtlama momentumda bir yayılmaya yol açar. Açıkçası, elinde bir momentum aralığı varsa, elindeki hiçbir momentum sıfır olamaz. Dediğin gibi, parçacık 'her yönde deli gibi' hareket edecektir. Parçacık *dağılacaktır*."



Korkuluk konuşmasını bitirdiğinde, hareket eden parçacıkların davranışları hakkında söylenecek pek bir şey kalmamıştı. Üç arkadaş yola koyulmuşlardı. Dorothy'nin duyduklarından ötürü başı dönüyordu. Her şey çok garip görünüyordu ve konum ile hareket arasındaki bağlantıyı gerçekten anlayıp anlamadığından emin değildi.

Yolculuk devam ederken, yolu ikiye bölen derin bir geçide geldiler. Görünüş bakımından hayli farklı olan iki ovayı birbirinden ayırıyordu. Çukurun bir tarafındaki zemin yumuşak ve düzdü. Üstünü kaplayan kareli kâğıtlardakine benzer ağ dışında bir özelliği yoktu. Diğer taraf ise çok hareketliydi. Otların üstünde güçlü bir rüzgâr esiyor gibi görünüyordu. Her yönde salanıp dönen çeşitli boylardaki otlar yüzeyi süpürüyordu. Görünüşe göre çok hareketliydiler.

Dorothy iki alan arasındaki farkı dile getirince her zaman yardımsever olan Korkuluk "Bunlar *konum* ve *hareket*, olma ve *olagelme* bölgeleridir. Her zaman birbirlerine yakın dururlar ve birbirlerinin zıttı olup birbirlerini tamamlarlar." diye cevap verdi.

Alanı ikiye bölen derin çukurun ortasında bir cambaz ipi gerilmişti ve Dorothy'nin baktığı yerden küçük bir şeklin iptе yürüdüğü görülüyordu. Yakma geldikçe, renkli dar bir tay ile üstünde her zaman karşısına çıkan *fı* sembolü ile süslü bir mayo giyen zayıf, kemikli birisi olduğunu gördü. Şeklin ortasından iki yanında farklı renklerin bulunduğu dik bir çizgi geçiyordu. Dar tayü ile mayosunun iki yanı farklı renklerdeydi, saçının bir tarafı koyu iken diğer tarafı açık renkteydi ve maskeye benzer yüzü de benzer şekilde ikiye bölünmüştü. Dikkatlice yürüyerek, denmesini korumak için bir o yana bir bu yana sallanarak Dorothy'ye doğru geldi. Yatay olarak tuttuğu uzun bir çubuk taşıyordu ve yanlara yattıkça *konum* ya da *hareket* tarafına dönüyor-

du. Çubuk düz olduğunda, her iki yanda da eşit miktarda uzanıyordu ama çubuk bir tarafa yatınca o da o tarafa yatıyor ve daha sınırlı ve daha tammlı hale geliyordu. Buna karşılık, böyle durumlarda diğer tarafı daha uzun ve puslu hale geliyordu.

Bu kişi ipin Yapı Taşı Yolu ile kesiştiği noktaya geldi ve Dorothy ile arkadaşlarının önüne atladı.

Vücudunu inanılmaz bir açıda bükerek "Günaydın, tünaydın ya da iyi akşamlar, hangisi ise" dedi. Sesi derinden gelen bir bas ve yüksekten gelen bir tenorun karışımıydı ve bu ikisinin ağırlıkları zaman zaman değişiyordu.

"Vaktin ne olduğunu bilmiyor musunuz?" diye sordu Dorothy şaşkınlıkla.

"Ah, biraz belirsiz olduğumu kabul etmeliyim. Birazcık belirsizlik buralarda genel bir kuraldır. Bir parçacığın konumu ile momentumunun, nasıl desem, her zaman biraz belirsizliği olacaktır. Bunu kabullenmek için düşüncelerinizi gözden geçirmelisiniz. İlk başta biraz garip gelebilir ama ben konumdaki tolerans ile momentumdaki toleransı ayarlamakta uzmanım. Ben Ayarlayıcı Akrobat'ım."

"Parçacıkların konumları ve momentumlarındaki yayılmayı biliyorum, ama bunun bana hala garip geldiğini itiraf etmek zorundayım," dedi Dorothy. "Bir parçacık mutlaka belirli bir konumda bulunmak zorundadır. Mantıklı olan budur."

"Böyle genç birisi için bunun çok eski moda bir görüş olduğunu söylememe izin ver," diye yanıtladı Akrobat. "Aslında son derece muhafazakâr. Herkesin ve her şeyin özel bir konumu olması gerektiği ve her zaman bu konumda bulunması gerektiği fikri artık demode oldu. Çok daha serbest ve rahat zamanlarda yaşıyoruz. Bir kişinin ya da bir parçacığın konumu onun ne olduğunu belirler."

"Bu aynı şey değil," dedi Dorothy. "Siz *sosyal konumdan* bahsediyorsunuz. Bizler Kansas'ta buna pek önem vermeyiz. Bir şeyin yerdeki konumu ise çok farklıdır. Bu konum yalnızca tek bir



Si

yer olmalıdır," Dorothy bu konuda ne kadar kesin konuştuğunu ve haklılığını vurgulamak için neredeyse tepinecekti.

"Böyle bir şeyi, Kansas'ta bile olsa, nasıl söyleyebildiğini anlamıyorum. Mesela, şu su birikintisine bak." Akrobat yolun kenarındaki sıradan bir su birikintisini işaret ediyordu. Gayet büyük bir birikintiydi ve Dorothy onu daha önce fark etmemişti. Tartışmaya katılmak için aniden belirdiğinden şüphelendi, ama ne yazık ki gayet sıradan görünüyordu.

"İşte. Normal bir su birikintisi. Bana su birikintisinin tam olarak nerede olduğunu gösterebilir misin? Birikintinin bulunduğu tek, belirli bir noktayı işaret edebilir misin?"

"Hayır, gösteremem," diye itiraf etti Dorothy. Su birikintileri böyle şeyler değildirler. Bir bölgeye yayılmış olarak dururlar. Ama parçacıklar için durum bu değil," diye hemen ekledi, çünkü karşısındakinin söylediklerini kanıtlayacak bir şeyler söyleyerek tuzağa düşeceğini zannediordu.

fi 'NİN BÜYÜKLÜĞÜ

Belirsizlik İlkesi'nin anlamsız olduğunu düşünebilirsiniz çünkü etrafınızdaki şeylerin böyle davranmadıklarını kendi gözleriniz ile görebilirsiniz. Küçük bir toz zerreciği, burada bahsedildiği gibi hiç yayılmadan bıraktığınız yerde sonsuza kadar *duracaktır*. Hepimizin karşısına çıkan zorluk 'nin gerçekte ne *kadar* küçük olduğunu anlamaktır.

Bir milimetrenin yüzde biri boyunda olan bir toz zerreciği düşünün ve konumundaki *belirsizliği*, A_x , de bu kadar kabul edin. A_p momentumuna karşılık gelen hızı⁴ Belirsizlik İlkesi ile hesapladığınızda

$$A_x A_p = \frac{t}{2}$$

toz zerreciğinin kendi çapı kadar küçük bir miktar (kesinlikle düşünebileceğiniz en küçük mesafe) hareket ettiğini gözlemlemek için, onu Dinozorlar Çağı'nın ortasından beri izlemeniz gerektiğini bulursunuz. Arada dikkatiniz dağıtmasa bile, kıtaların hareketleri gibi diğer büyük etkileri de hesaba katmanız gerekirdi.

Bu tür hızlar için genellikle endişelenmemize gerek yoktur, ama cisimler küçüldükçe etkiler de çok önemli hale gelirler. Atomlar *çok küçüktür*. Yalnızca atomun küçük boyutları içinde bulundukları dikkate alındığında, bir atomun içindeki elektronların ışık hızının yaklaşık yüzde birine karşılık gelen hızlara sahip olduğu görülür.

⁴ Velocity Ç.N.

"Bundan emin misin?" diye karşılık verdi Akrobat. "Su birikintilerini tanıyor olabilirsin ama peki, parçacıklar konusunda nasıl bu kadar emin olabiliyorsun? Günlük hayatındaki büyük ölçekte konumları çok kesin olabilir ama burada, yani ölçeğinde, öyle değildir. Tıpkı su birikintisi gibi onlar da yayılırlar. Belirsiz bir durumdadırlar. Pusludurlar. Dahası, momentumları da boyutlarıyla ters orantılı olacak şekilde puslu ve belirsizdir. İşte parçacıkların durumu budur. Burada işler böyle işler. Ya da buna benzer bir şekilde."

Bunun üzerine Akrobat gizli bir cepten yumuşak bir şey çıkarıp şişirmeye başladı. Büyük lastik bir balon gibi görünüyordu. Ellerin arasında sıkılaşmaya başladı. Küçük olana kadar o kadar sıkı ki elleri arasından sızmaya başladı. Bir tarafından sızıyor ama balon başka bir taraftan çıkıyordu.

"Gördün mü, balonu bir yönde küçültmeye çalışsam da, başka bir yönde büyüyor. Parçacıklarım momentumları ile konumları da böyledir. Dar bir konuma sıkıştırmaya çalışırsan, momentum aralıkları büyür. Belli momentumlara sahip olacak şekilde sıkıştırırsan, bu sefer de parçacığın konumu puslu ve belirsiz hale gelir. Konum ve momentum arasında her zaman karşılıklı bir uzlaşma vardır."

Akrobat birden hareketlendi. "Bu kadar yeter," diye bağırdı. "Bu konumda daha fazla kalamam. Beni çok fazla harekete zorluyor, gitmek zorundayım. Bunu derken, yolun diğer tarafındaki ipe sıçradı ve bir hareket tarafına, bir konum tarafına sallanarak sendeleye sendeleye hızla uzaklaştı. Dorothy ikiye bölünmüş dalgalanan şekli gözden kayboluncaya kadar seyretti ve sonra üç arkadaş yollarına devam etti.

4. Bölüm

EMİN ASLAN

Dorothy ve arkadaşları Yapı Taşı Yolu'nda bayağı yol almışlardı. Birbirlerini tamamlayan *konum* ve *hareket* ovaları arkalarında kalmış ve bir kez daha yolları bir ormana girmişti. Bu orman geçen seferkinden daha gürdü. Ağaçlar daha sıkıtlar ve aralarından giden yol karanlık ve biraz da korkutucuydu. Dorothy, sanki bu korkunç atmosfere karşılık vermek istermiş gibi konuşmak için karşı konulamaz bir his duydu. "Büyücü'ye vardığımızda kuarklar ve diğer şeyler hakkında ilginç şeyler duyacağımıza eminim. Onları hep merak ederdim." Aslında bu bir yalandı. Onlar hakkında daha önce hiçbir şey duymamıştı, ama korkutucu sessizliği bozmak için bir şeyler gerekliydi.

"Leptonlar hakkında daha çok şey öğrenmek isterdim doğrusu" dedi Teneke Kafa. "Ve bozonlar hakkında," diye sözünü kes-ti Korkuluk hala orada olduğunu göstermek için. Dorothy "Evet, kesinlikle," diye onayladı. "Bozonlar ve leptonlar ve kuarklar hakkında," diye tekrarladı. Nasıl olduysa kendilerini şarkı söy-ler halde buldular.

Bozonlar ve leptonlar ve kuarklar, canlarım benim!

Kol kola girmiş halde, birlikte şarkı söyleyerek yolda yürüyorlardı.

4. BÖLÜM

Bozonlar ve leptonlar ve kuarklar, canlarım benim!

Bozonlar ve leptonlar ve kuarklar, canlarım benim!



Şarkılarının sesi etraftaki kasvetli havayı dağıtırken daha da hızlanıyorlardı.

Birdenbire şarkı söylemeyi kestiler.

"Yaptığınız gruplamamn mantıklı olmadığını fark ettiğinizi sanmıyorum. Leptonlar ve kuarkların ikisi de fermiyon türleri midir?" diye yakınlarda bir ses gürledi. İrkilerek etrafa bakındılar ve ağaçların altındaki koyu gölgenin altında çok daha koyu bir gölge gördüler: Kocaman, karanlık, hayal gibi bir siluet. Karanlık parlayan dişlerinin büyüklüğü ile bölünüyordu. Şekil kendilerine doğru gelirken birbirlerine sımsıkı sarıldılar. Önlerinde kocaman bir aslan duruyordu. Birbirlerine daha da sokulurlarken, aslan sessizce yaklaştı



ve arka ayakları üstüne oturdu. Ön ayaklarını omuzlarından öne doğru uzattı ve cana yakın bir şekilde sırttı. Boynuzdan sapları olan gözlüğü parladı. Korkudan bunu daha önce fark etmemişlerdi. "Kendimi tanıtmama izin verin," dedi dostça. "Fark etmiş olabilirsiniz, ben bir aslanım. Isa C. Lion¹, Isa Confident*² Lion. Hizmetinizdeyim.

"Demek tam adınız Isa Confident Lion," dedi Korkuluk.

"Kesinlikle!" diye gürlledi aslan.

"Bozonlar ve fermiyonlar hakkında ne söylüyordunuz?" diye sordu Dorothy, heyecanını yenmeye çalışıyordu. "Daha önce onlar hakkında hiçbir şey duyduğumu sanmıyorum."

"Başka kimseden de duyamazdın zaten, hayatım," diye karşılık verdi Aslan. "Bozonlar ile fermiyonlar arasındaki ayrım, parçacıklar konusundaki en temel şeydir. Tabii ki bunları size kendim açıklayabilirim. Benim açıklayamayacağım çok az şey vardır." diye ekledi, sesinde alçak gönüllükten eser yoktu. "Ama şu an bunları için Falsbadour'dan duymanız daha iyi olacaktır. Her zamanki gösterisine başlamak üzeredir. Şu taraftan buyurun."

Bunu dedikten sonra, Isa C. Lion etrafını kolaçan ederek dört ayağı üzerine kalktı.

"Bu yolu yürüyebileceğimi sanmıyorum!" dedi Dorothy kendi kendine. İki arkadaşına baktı. Teneke Kafa bir makine gibi eğilip bükülüyordu

(ki zaten de bir makineydi) ve Korkuluk ise görünmez iplerle idare ediliyormuş gibi bir o yana bir bu yana sallanarak gidiyordu. Dorothy onlar gibi de yürüyemeyeceğine karar verdi ve elinden geleni yaparak peşlerine düştü.



Isa C. Lion İngilizceki okunuşu ile Isaac Newton'u andırmaktadır. Ç.N.

² 'C' İngilizcedeki 'Confident' kelimesi için kullanılmıştır ve Türkçede "kendinden emin" anlamını taşımaktadır. Ç.N.

FERMİYONLAR VE BOZONLAR

Parçacıklar arasındaki en temel ayırım fermiyonlar ile bozonlar arasındadır.

Fermiyonlar Pauli Dışlama İlkesi'ne uyarlar (bu bölümde anlatılacak), bozonlar ise uymazlar.

Bozonlar sıfır ya da Ti 'nin tam katları olan dönmelere sahiptirler, buna karşılık fermiyonlar ise genellikle $-h$ dönmeye sahiptirler.

Fermiyonlar *korunur*, bir fermiyon uygun bir antifermiyon olmadan yaratılamaz. Bozonlar ise korunmaz. Durgun kütle enerjisi sağlamak için yeteri kadar enerji varsa (6. Bölüm'e bakınız), bir bozon kendiliğinden yaratılabilir.

Kısa bir süre yürüdükten sonra, ormanın içinde bir meydana vardılar. Kenarlarda, hiç para ya da çaba harcamadan eğlenmeyi uman insanlarda görülen beklenti ifadeleriyle oturanlar vardı. Meydanın ortasında ise kabartılmış bir yelek ve rengârenk dar pantolonu ile parlak, Ortaçağ'a aitmiş gibi görünen bir kostüm giymiş uzun, ince bir şekil duruyordu. Elinde 'Lut'a³ benzeyen bir çalgı aleti tutuyordu. Çalmaya başlamak üzereymiş gibi görünüyordu.

"Falsbadour'u selamlayın," diye bağırdı Aslan.

"Pardon," dedi Dorothy, "ama Falsbadour nedir bilmiyorum?" diye itiraf etti.

³ Lut 15. Ve 16. Yüzyıl Avrupa'sında kullanılan uda benzeyen ama perdeleri olan bir çalgıdır. Çeşitli biçimlerde yapılmıştır. Ç.N.

"Peki, Troubadour'u hiç duydun mu? Yoksa duymadın mı?"

"Ah, evet, duydum," dedi tarihi romanlara bayılan Dorothy. "Önemli olaylar hakkında türküler söyleyen gezgin bir ozandır. Gazeteler henüz yokken haberler bu şekilde yayılıyordu."

"Gerçekten de öyle!" diye yamtladı Aslan. "Peki, öyleyse Troubadour'u biliyorsun, Falsbadour'un da ne olduğunu tahmin edebilirsin."

"Ah, yani onun şarkılarında söyledikleri doğru *olmayan* şeyler mi?" diye sordu Dorothy fısıltıyla, Falsbadour'un⁴ kalbini kırmak istemiyordu.

"Ah, aslında öyle değil. Söyledikleri aslında doğru ama onları hikâye olarak pek iyi anlatamıyor. Genellikle anlaşıl mazdır," diye fısıldadı Aslan da. Ne yazık ki fısıldayan birisinin de duyulabileceğini pek bilmiyordu ve sesi daha önceki gibi gürledi. "Dahası, şarkı da söyleyemiyor," diye ekledi. Falsbadour kırılmış görünüyordu, ama yine de kendisini toplardı ve "Bozon ile Fermiyon Türküsü"nü söyleyeceğini duyurdu. Yüksek ve çatlak bir sesle söylemeye başladı:

*Bir hikâye anlatacağım size, daha önce de söylenmiş,
ilginçliği bir yana beni hiç pişman etmemiş
Gelebilir belki size biraz saçma ama
bozonlar ve fermiyonlar için bekleyin burada.
Bulamazsın asla nasıl çalışır bu koca Evren
gece gündüz durmadan bir hafta düşünsen
Bu parçacıklar genellikle bir tür "saklambaç" oynarlar.
Aralan Montague ve Capuletler⁵ kadar açık
Bu küçük oyunlarıyla size bir boşluk sunarlar*

⁴ Troubadour'un True (doğru) kelimesi ile arasındaki ilişki, Falsbadour ile false (yanlış) kelimeleri arasında da vardır. Dorothy, Falsbadour'un yanlış şeyler söylediğini bu şekilde anlıyor. Ç.N.

⁵ Montague ve Capuletler, Shakespeare'in Romeo ile Juliet adlı trajedisindeki araları çocuklarının aşkı yüzünden daha da açılmış ailelerdir. Ç.N.

14. BÖLÜM

"Şarkıları hakkında ne demek istediğimi anladın mı?" diye fısıldadı Aslan.

Dorothy de "Evet sanırım ne demek istediğini anlıyorum" diye cevap verdi fısıldayarak. Falsbadour Aslan'a doğru ters ters baktı ama şarkısını söylemeye devam etti.

Parçacıklar, isimleri farklı, ama sonuçta hepsi de aynı (ve öyle kükremen benim dikkatimi dağıtıyor).

Bir tenceredeki iki bezelye kadar benzerler, sayılarına bakarsak çok daha fazla ederler.

Biri diğeriyle yer değiştirirse, diyemeyiz onlara "Hadi ayrılın, geçin yerinize."

Yok bilmenin bir yolu, gizemli davranışlarını, genlikleri bütüne eklerler

Herhangi bir parçacık ya da kardeşi bir diğeriyle yer değiştirir, buna her durumda yetkilidir

Değiş tokuş dâhildir buna, şunu kastediyorum; genlik durmaksızın büyüyecektir.

"Korkarım hiçbir şey anlamadım," diye fısıldadı Dorothy Aslan.

"Hiç şaşırmadım," diye kükredi Aslan. Muhtemelen fısıldadığını *düşünüyordu* ama yine de Falsbadour'ın zayıf sesini tamamen bastırdı. Falsbadour birden durdu ve yine Aslan'a baktı. Şarkıcıyı dinlemeye gelen herkes sallanıyordu ama neşelerini bozmadan Aslan'ı dinlemeye hazırlandılar. "Belki biliyorsunuz," diye devam etti "belirli bir türdeki parçacıkların hepsi özdeştir. Sadece aynı olduklarını ya da ayırt edilemeyecek kadar benzer olduklarını kast etmiyorum. Tamamen aynılar. Elektron, tipik bir Fermiyon örneğidir ve bir elektron bir diğerrinin *tıpatıp* aynıdır. Tüm elektronlar aynıdır derken genellikle elektron kavra-

mından bahsediyoruzdur, çünkü bir tanesinin tanımı hepsini kapsar, çok fazla sayıda elektron olsa bile."

"Elektronlar birbirlerinin tamamen aynıysa, aynı şekilde hareket ediyor olmaları gerekmez mi?" Yani tamamen aynı şekilde davranmak zorunda değiller mi?" diye sordu Dorothy. Tamamen aynı olan şeylerin nasıl farklı biçimlerde davrandığını merak ediyordu.

"Ah, hayır, değiller! Her elektron kendi içlerinde aynıdır. Tamamen özdeşirler ve birbirlerinden ayırt etmenin hiçbir yolu yoktur, ama bu durum aynı biçimde davranmaları gerektiği anlamına gelmez. Bu biraz ikiz kardeşlerin durumuna benziyor. İkizlerden biri sınıfta uslu uslu otururken, diğeri okuldan kaçıp futbol oynuyor olabilir. Hangi ikizin ne yapıyor olduğunu söyleyemesen de farklı şekilde davranıyorlardı^ Elektronlar ikizlerden de benzerdirler. Tamamen özdeşirler ve onlara ayrılmalarynı söyleyemezsiniz. Ayırsan bile, tamamen aynı şeyleri yapmazlar. Elektronlar topluluğunu çok-elektronlu dalga fonksiyonu ya da genlik ile bir bütün olarak tanımlanman gerekir. 'Hiçbir elektron yalnız değildir,¹ diyebilirsin. Yakında duyacağınız gibi, elektronların kimliklerinin genlikleri için önemli sonuçları vardır."

Emin Aslan düşüncelerini toplamak için durdu ve ardından devam etti. "Elektronlar fermiyondur, bozonlar da öyle. Tipik bir bozon fotondur, yani ışık parçacığıdır ve bir foton, enerjisi dışında diğer fotonlarla tamamen aynıdır.

"O zaman ışığında mı parçacıkları var?" diye sordu Dorothy şaşkınlık içinde.

"Ah, evet, kesinlikle var. Dediğim gibi foton ışık parçacığıdır. Aslında elektromanyetik radyasyon parçacığı olduğunu söylemeliyim. Bu radyasyon düşük enerjili radyo dalgalarından yüksek enerjili X ışınlarına ve bunların ötesindeki gama ışınlarına kadar hepsini kapsayan çok geniş bir enerji aralığı halindedir. Gözlerin yalnızca küçük bir enerji aralığındaki fotonları görebilir ve bir ışık ışım işte bu tür bir foton akışıdır. Foton, kütlesi ol-

maması dışında diğer parçacıklar kadar iyidir. Çok hafif olduklarım⁶ söyleyebilirsin," Bunu derken, Aslan kahkaha ile kükredi. Dorothy daha önce kahkaha ile gürleyen insanlar duymuştu ama böylesini daha önce hiç görmemişti. Ses durana kadar kulaklarını korumak için onları eliyle kapattı.

"Dediğim gibi," diye devam etti Aslan içini çektikten sonra, "iki elektronu ayırmamın bir yolu, hem de hiçbir yolu yok. Bir elektron için en uygun yer diğer pek çok elektron arasında saklanmaktır. Hangisinin orijinal elektron olduğunu söyleyemezsin. Aslında, orijinal elektron fikri pek de anlamlı değildir, çünkü iki elektron yer değiştirirse bunu asla bilemezsin. İki elektronun yer değiştirmesi her zaman gayet mümkündür ve eğer bu mümkünse bir zorunluluktur. Artık bildiğin gibi, toplam genlik tüm olasılıkları içermek zorundadır ve bu yüzden bu seçeneklerin ikisini de içermelidir. Bir miktar elektronun genliği her elektron çiftinin birbiriyle yer değiştirme olasılığı içermek zorundadır, çünkü bu değişimlerin hepsi mümkündür."

Dorothy korkuyla "Burada bir sürü şart var gibi duruyor!" dedi.

"Ah, öyle, öyle! Çok sayıda elektronun varsa ki genelde öyledir, olası çiftlerin sayısı gerçekten inanılmazdır, ama yine de her çift hesaba katılmak zorundadır. Toplam genlik, her *olası* elektronu içeren şartların toplamı olmalıdır. Doğa bu şekilde çalışır."

Aslan büyük bir memnuniyet ifadesi ile bir süre durdu. Devam etmeyi çok istiyordu, ama Falsbadour şarkısına yeniden başlayarak bu şansım elinden aldı.

*Parçalar yeniden düzenlendiğinde, görüntü pek de değişmez,
olasılıklar sanıldığı gibi çok da fazla etkilenmez.*

*Burada bir soru sorabilirsin, ne oldu faza diye,
Bulacağın cevap şaşırtacaktır seni yine*

⁶ Yazar, hafif olduklarını belirtmek için kullandığı "light" kelimesi ile aynı zamanda fotonların ışık olduklarını da belirtmek istiyor. Ç.N.

*Parçacıklar yer değiştirdiğinde faz da değişecektir,
ne kadar yer değişimi o kadar faz değişimi demektir.*

*Fakat iki kere değişim, değiştirmez hiçbir şeyi;
başlangıç durumuna döner geri.*

*Bundan fazla yardım edemem sana,
faz değişimi seçimi hiçbir şeydir ona*

*Fakat eğer değişirse, oran ikiye katlanır,
bütün bir döngü böylece tamamlanmalıdır.*

*Bozonlar değişirken düzenlenirler,
genlikleri ise pek öyle değişmezler*

*Fermiyonlar farklılık gösterebilir de
pek bir şey değişmez genelde*

*Fazlan değişir fakat oldukça limitli,
genlikleri de değişir bunun göstergesi*

*Yarım bir tur ile alt üst olur
döner artıdan eksiye, olay budur.*

*Sorabilirsin bana "Bu gerçekten önemli midir?"
Alacağın cevap "Evet öyledir."*

*Tüm yaşamımız bağlıdır buna
Gerçekte bütün varlıkların da*

*Atomlar bile bağlıdır bu kurala
Ya da düşer her şey kaos ve karmaşaya*

*Engellemek için işte bu kaderi
Pauli keşfetti Dışlama İlkesini.*

Dorothy elinden geldiği kadar dikkatle dinlemeye çalıştı. Önemli bir şeyler söylediğini hissediyordu ama çabalasa da bunun ne olduğuna karar veremiyordu. Bunu, Falsbadour'a acıyarak bakan ve koca kafasını sallayan Aslan'a da söyledi.

"Tam da tahmin ettiğim gibi. Son derece açık olan bir ifadeyi nasıl bu derece çarpıtabiliyor anlamıyorum. Ona bu konu hakkındaki kitabımı ödünç vermeyi teklif etmek zorundayım." Aslan gür yelesinin içinden küçük bir kitap çıkardı ve göstermek için ona doğru salladı. Dorothy kitabın üzerinde Fermiyonlar ve Bozonlar - Büyük Ayrım, Yazan Isa. C. Lion yazdığını görebiliyordu.

Falsbadour bir defa daha Aslan'ın gürleyen sesiyle duyulmaz oldu ve üzgün bir biçimde yere oturup Aslan'a ters ters bakarak lutunun tellerine vurmaya başladı. Eski dinleyicileri zayıf dikkatlerini bir kez daha bu Emin Aslan'a çevirmişlerdi.



"Gerçekten çok basit," diye devam etti Aslan, Falsbadour'un karanlık bakışlarını unutmuş görünüyordu. "Dediğim gibi, bir gruptaki iki elektronun yerlerini değiştirdiğinde, herhangi bir şekilde tespit edebileceğin bir fark oluşmaz. Yani tüm *olasılık dağılımları* değişmeden kalır, çünkü onlar ne gözlemleyebileceğini ya da ölçebileceğini belirlerler. Değişebilecek tek şey toplam fazdır, çünkü toplam faz olasılıkları etkilemez. Fazlar hakkından her şeyi şuradaki küçük kitabımda bulabilirsin."

Aslan rastgele biçimde bitki örtüsüne doğru uzandı ve buradan çıkardığı kitabı Dorothy'ye gösterdi. "*Genliklerin Hiç Fazları Olur mu?* , Yazan Isa. C. Lion."

"Belki buna göz atmak bakmak istersin. Hayır mı? Peki, belki daha sonra. İstedğin zaman doğru sayfaları bulmak biraz zor olabilir."

Aslan'ın şevki Dorothy'nin bu kitabı okumak için gösterdiği gönülsüzlükle hiç de azalmamıştı. "Her neyse, mevcut durumda iki elektron yer değiştirdiğinde fazın değişme biçimlerinin sayısı çok sınırlıdır. İki elektronun yerlerini değiştirmek söz konusu olduğunda, yerlerini *iki defa* değiştirirsen, başladığın yere döndüğünü bilirsin. Bu durumda, *hiçbir değişiklik olmamış* gibidir ve her şey, hatta faz bile, ilk baştaki gibi olmak zorundadır. Bu durum iki seçenek ortaya koyar. Birinde, elektronlar yer değiştirdiklerinde faz hiç değişmez. Açıkça, bu seçenekte *her şey* elektronların yer değiştirmelerinden önceki gibi olacaktır ve her şey iki yer değiştirmeden sonra hiç değişmemiş durumdadır. Diğer olasılık ise, peşi sıra olan iki yer değiştirmeden sonra fazın tam bir daire kadar dönmüş olmasıdır. Faz daha önceki ile aynı yönü gösteriyor olacak ve hiçbir şey değişmemiş olarak kalacaktır. Genlik ilk durumdaki ile aynı olur, ama şu anda bir parçacık iki defa yer değiştirdiğinde ne olacağı hakkında konuştuğumu unutma. *Bir* yer değiştirmeden sonra, faz yalnızca yarım tur döner ve ilk durumun tam tersi durumda olur. Bu durumda genlikler de ters döner ve etkisi eksi ile çarpılır."

"Gördün mü?" diye devam etti Aslan, rahatça oturuyor ve Falsbadour'un dinleyicilerine sırtıyordu. "İki seçeneğiniz var ve bu seçenekler iki parçacık sınıfına karşılık geliyorlar: Bozonlar ve fermiyonlar. Yer değiştirdiklerinde bozonların genlikleri değişmez, buna karşın fermiyonlar *her zaman* işaret değiştirirler."

"Bunların hepsinin çok ilginç olduğuna eminim," dedi Dorothy, pek de ikna olmamış bir sesle. "Ama bu genliklerin işaret değiştirmeleri gerçekten bu kadar önemli mi?"

"ÖNEMLİ Mİ!" diye kükredi Aslan ve dinleyicileri bir kez da-

ha dikkat kesilmişlerdi. "Önemli mi?" diye tekrarladı daha yumuşak bir tonda. "Tabii ki önemli! Falsbadour bu konuda çok haklıydı. Birazdan göreceğin gibi, özellikle fermiyonlar için önemli. Bir fermiyon çifti başka bir çift ile yer değiştirdiğinde her zaman işaret değiştirirler, ama bu iki çift aynı durumda iseler bu yer değiştirme hiçbir fark yaratmaz, bu yüzden genlikler değişmeden kalırlar. Bir genlik yalnızca sıfır ise işaret değiştirdikten sonra değişmeden kalır. Başka bir deyişle, böyle bir genlik yoktur. İki fermiyonun aynı durumda bulunduğu genlikler olamaz. Bu Pauli Dışlama İlkesi'dir ve bunun ne kadar önemli olduğunu anlayabilirsin!" Aslan durdu ve bir şeyler söylemesini bekler gözlerle Dorothy'ye baktı.

DURUMLAR VE PAULİ İLKESİ

Durumlar ile genlikler arasındaki ayrım çok kolay yapılamaz. Bir *durum* aslında parçacıkların "ne yapabileceği" anlamına gelmektedir. Bir *genlik ise* durumun en mümkün tanımını verir.

Pauli İlkesi de iki özdeş fermiyonun, mesela iki elektronun, "tamamen aynı şeyi yapıyor" olamayacaklarını söylemektedir.



"Peki, kabul ediyorum" dedi Dorothy. "Fakat yine de bir şey var." "Bu ne demek?"

"Bir durum nedir öyleyse?"

"Ah. Hmm, evet," diye yamtladı Aslan, çok şaşırmıştı ve bu defa kararsız görünüyordu. Flemen küçük bir kitap çıkardı. Dorothy çabucak bir göz attıktan sonra başlığın *Doğru Durumda* gibi bir şeyler olabileceğini düşündü, ama görünüşe göre bunun için uygun bir zaman değildi. Kız, Aslan'ın "Zaten asla doğru

sayfayı bulamazsın" diye bir şeyler mırıldandığını duyuyordu, ama bir Aslan için mırıldanmak bir gök gürlemesi gibiydi. Kitabı bir anda tekrar kaldırdı.

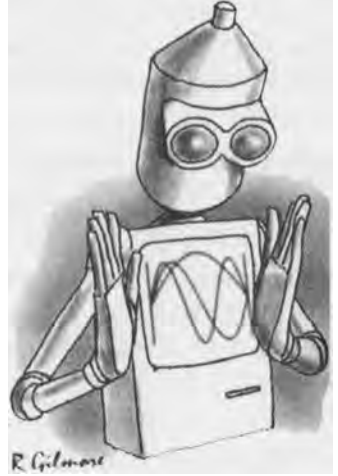
"Tamam," dedi doğal güveni bir defa daha kendini gösteriyordu. "Pekâlâ, bir durum gerçekte olduğunu söylediği şeydir. Bir parçacığın bulunduğu yer bu durum ya da koşuldur. Özellikle, elektron gibi bir parçacık bir atomun içine düştüğü zaman, farklı enerji seviyelerine sahip olur." Dorothy bir soru soramadan "Bunu daha iyi açıklayabilirim," diye ekledi aceleyle.

Hala oturmakta ve Lut'unu tıngırdatmakta olan Falsbadour'a doğru yaklaştı ve özür dilediğini belirten üstünkörü bir iki kelimeden sonra telli çalgıyı ümitsiz ozamn elinden aldı. Büyük, kara pençesindeki bir tırnağını tele vurarak düşük sesli bir nota çıkardı. "Bu tel, telin uzunluğuna bağlı olarak değişen bir ses verir. Aynı tel yalnızca belirli bir kümeden bile olsa farklı sesler verebilir."

Başka bir tırnak ile telin ortasından tutup bıraktı. Bu sefer nota çok daha yüksek çıkmıştı ama ilki ile uyumluydu. "Orada mısın?" diye sordu yersiz bir şekilde. Dorothy orada *olduğundan* ya da aslında *herhangi bir yerde* olduğundan bile emin değildi.

"Galiba ben yardımcı olabilirim," dedi Teneke Kafa, öne doğru yalpalayarak geldi ve göğsündeki ekram açtı. Her biri bir yanda olan bir çift dikey çizgi görünürdü ve ekran boyunca uzanan dalgalı bir çizgi bu iki çizgiyi birbirine bağlıyordu. Bu çizgi Kafa'nın daha önce gösterdiği dalgalara benziyordu.

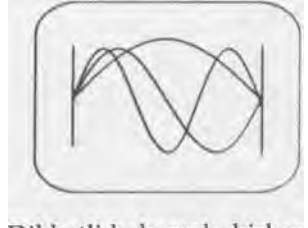
"İki yana da bağlı olan bir dalga görüyorsun. Bu, bir elektronun ya da parçacığın genliğinin büyük ihtimalle bir tür duvar



yüzünden ötesine geçemeyecekleri iki nokta arasında nasıl değiştiğini gösteriyor. Daha ilerisine geçemeyeceği için uç noktalarda genlik yoktur. En basit durumda, genlik diğer uçtaki sabit noktaya doğru inmeden önce titreşimin en yüksek olduğu bir nokta vardır - genlikteki bir tepe noktası. Bu durum olası en düşük frekansa sahiptir. Bir sonrakinde, uçlar arasında iki tepe vardır ve bu sana dalga boyu bir öncekinin yarısı, frekansı ise iki katı olan bir dalga verir. Bir sonraki olasılık üç tepelidir. Ve bu böyle sürüp gider. Her biri daha yüksek frekanslara sahip olan bir dizi olasılığa sahipsindir."

"Doğru," diyerek araya girdi Aslan. "Frekansın enerji ile orantılı olduğunu hatırlarsan, parçacıkların küçük bir alanda kapalı kaldıklarında, enerjilerini belirli değerlere sahip olan bir kümeden seçmek zorunda olduklarını görebilirsin. İstediklere yere gitmekte tamamen serbest olan parçacıklar istedikleri enerjilere sahip olmakta da özgürdürler. Bununla beraber, onları küçük bir alana tutsak edersen, yalnızca bu bölge için geçerli olan enerjilerden birine sahip olabileceklerdir."

"Tuzaklar derken," dedi Korkuluk, "burası bana kaçak avlanan kişilerin bulunduğu bir ülke gibi geliyor tuzak bulabiliriz."



Dikkatli bakarsak, birkaç

Kendine özgü sallanan yürüyüşüyle yola koyuldu ve Dorothy ile arkadaşları onu takip ettiler. Henüz çok gitmemişlerdi ki Korkuluk aniden yolun dışına çıkıverdi. "İşte," dedi, yere gömülü olan bir tür silindirik bir kabı gösteriyordu. "İşte aradığımız şey."

"Bu da nedir?" diye sordu Dorothy.

"Bir fermiyon tuzağı." Konuşması biter bitmez, kendilerini ormandan gelip gömülü olan tuzaktan geçen puslu, çizgili şeritler arasında buldular. "Ve işte bir fermiyon sürüsü geçiyor. Serbest parçacıklar ilerledikçe fazlarının nasıl değiştiklerini görebilirsiniz."

Parçacıklardan pek çoğu tuzağın yanından geçiyordu. Bir kaç da üstünden geçiyordu ama bunların çoğu da yanlara saparak yollarına devam ediyorlardı. Ara sıra ise bir parçacığın yolu bir tuzakta son buluyor ve uzaklarda gibi bir şey patlamış gibi kısa bir parlama oluyordu.

"Fermiyonların çoğu tamamen kaçıyor ya da elastik olarak saçılıyor" dedi Korkuluk. "Ara sıra ise bir tanesi tuzağa yakalanıyor ve tuzak içindeki daha düşük bir enerji seviyesine düşüyor ve bundan sonra da orada kalıyor. Bu süreçte enerji kaybediyor. Aslında, bağlanmasının nedeni kaçacak ve serbest olarak hareket edecek kadar enerjisinin olmamasıdır. Bildiğin gibi enerji korunmak zorundadır, bu yüzden fermiyonun kaybettiği enerji bir 'ışık parçacığı'¹ olan fotona geçer. Bu tuzak, tipik bir dik kenarlı 'kare kuyu' tasarımıdır" diye devam etti Korkuluk. Kuyuları mümkün olduğu kadar derin yaparlar, bu yüzden bu tuzaklar mümkün olduğu kadar çok fermiyon seviyesi tutabilirler. Tek bir seviye daha önce duyduğun Pauli İlkesi dolayısıyla çok fazla fermiyon tutamaz." Dorothy, Falsbadour ve Aslan'ın Pauli İlkesi hakkında ona ne anlattıklarını hatırladı: Bir durumda yalnızca bir fermiyon bulunabilir. "Ayrıca tuzağı yükselttiklerinde tünelleme nedeniyle oluşabilecek kayıpları azaltmak için tuzaklar mümkün olduğu kadar derin yapılır."

Tünelleme Dorothy'nin daha önce duymadığı bir başka kelimeydi, ama bunu sormadan önce, sinsi ayak sesleri duydular. Korkuluk, üstü başı darmadağın, alakasız bir insanlar grubu yolda görünmeden hemen önce yol arkadaşlarını alelacele çalışmaların arkasına sakladı. Bunlar, Dorothy'nin Korkuluk'un dediklerine dayanarak düşündüğü gibi avcı olsalardı, gizlice davranıyor olurlardı. Gerçekten de, abartılı bir sessizlik halinde yerde sürünüyorlardı ve her birkaç hareketten sonra içlerinden biri parmağıyla sus işareti yapıyordu. Ne yazık ki, biri ne zaman bunu yapsa, diğerleri hep ona çarpıyor ve hepsi de çırpınışlar içinde ve dalları kırarak çalılara düşüyorlardı.

Bu gürültülü sessizlik ilerleyişlerini yavaşlatıyordu ama yağ-

maçı grubu bu şekilde bile sonunda çukura ulaştı ve etrafına toplandı. Yaklaşmaları omuzlarında taşıdıkları bel ve kürekler yüzünden daha da zorlaşıyordu. Dorothy, tüm grup kuyunun etrafını kazmaya başladığında amaçlarını anlamıştı. Küreklerin her saplanışında ilginç bir yırtılma sesi geliyordu. Dorothy bu konuda yorum yaptı. "Kazdıkları bu şey de ne? diye fısıldadı.

"Tuzak uzay-zaman kumaşına gömülü. Bu çok yapışkan bir malzemedir."

Haydutlar grubu bu durumun hiç de farkında değilmiş gibi görünüyordu. Gövdenin etrafında toplandılar ve onu çevreleyen seviyenin üstüne çıkması için daha yüksek bir enerji seviyesine kaldırdılar. Tuzak derin bir silindir gibiydi ve çete onu taşımaya hazırlanıyor gibi havada tutuyordu. Cismin etrafını sardıkları için, bazılarının arkaya diğerlerinin de yanlara geçmesi gerekti. İlk başta bu konuda anlaşılamadılar ve bir o yana bir bu yana yürüyüp durdular, ara sıra tam bir çember oluşturmayı başarıyorlardı. Sonunda anlaştılar ve silindir şeklinde kuyuyu taşıyarak yola koyuldular. Ara sıra yan duvardan bir fermiyon fırlıyor ve eskisi gibi özgür bir halde ormana doğru kaçıyor.

Aslan "İşte tünelleme budur," dedi Dorothy'nin sormak üzere olduğu soruya yanıtlayarak. "Kuyunun içindeki seviyelerden birinde bulunan bir fermiyonun enerjisi duvarların yüksekliğinden küçük olduğu için, duvarın içindeki bir fermiyon negatif kinetik enerjiye sahiptir. *Normalde*, bu durum mümkün değildir. Bir kuantum durumunda ise, genliği hızla azalsa da bir parçacık negatif kinetik enerjiye sahip olabilir. Duvar yükseldikçe, içindeki parçacık daha yüksek negatif kinetik enerjiye sahip olur ve duvarın içindeki genliği daha hızlı düşer. Duvar ince olsa bile, diğer tarafında hala önemli bir miktarda genlik olabilir ve bu durumda, tuzağa hapsolmuş bir parçacığın aslında dışarıdan gözükeceği söylenebilir, yani duvardan tünelleme yapacağı. Bir potansiyel kuyusunda fermiyonlar varken, düşük seviyeler daha kısa sürede dolar ve daha sonra eklenen fermiyonlar tepeye yakın olan daha yüksek seviyelere gitmeye zorlanır. Orada de-

rinlikleri o kadar fazla olmaz ve duvarlardan kolaylıkla geçebilirler, böylelikle hızlıca tünelleme yaparlar. Bununla ilgili her şeyi kitabımda okuyabilirsin." Aslan yere uzandı ve *Tünel Görüşü*, Yazan Isa C. Lion, başlıklı parlak kaplı bir kitap çıkardı.

TÜNELLEME

Bu tamamıyla bir kuantum sürecidir. Klasik fizikte, parçacıklar negatif kinetik enerjiye sahip olacakları yerlere gidemezler. Kuantum fiziğinde ise, böyle bir durumda bile bir genlikleri olabilir. Bu genlik uzaklıkla hızla düşer ama yine de parçacığın ince bir potansiyel bariyerin arkasında görünmesi için küçük fakat ölçülebilir bir olasılık verirler.

Tünelleme, örneğin, Uranyum çekirdeğinin radyoaktif a bozunmasında meydana gelir.

"Her istediğinde kitaplarının bir kopyasını nasıl bulabiliyorsun?" diye sordu Dorothy.

"Ah, buralarda onlardan çok var. Çok geniş bir alana dağılmışlardır. Her zaman istediğim sayfa olmasa bile, genellikle bir kitabı bulabilirim" diye kaçamak bir cevap verdi Aslan.

Onlar konuşurlarken, avcı çetesi gözden kaybolmuştu ve hatta "İtmeyi kesin" ve "Sola, sola. Sola git dedim. Ah, pardon sağ demek istemiştin" diye fısıltılı bağırışları duyulmaz olmuştu. Burada başka bir şey olacakmış gibi görünmüyordu, bu yüzden yol arkadaşları ormana doğru yollarına devam ettiler. Ara sıra başka deliklerin yanından geçiyorlardı. Bazıları fermiyon tuzakları gibi derindi, bazıları ise daha geniş ve sığdılar.

"Muhtemelen bunlar bozon tuzakları" diye gösterdi Korkuluk. "Çok derin olmadan çok sayıda parçacık tutabilirler, çünkü tüm bozonlar aym seviyede bulunurlar."

"Neden?" dedi Dorothy.

"Bu durum bozonlar için Dışlama İlkesini'nin olmamasından kaynaklanmaktadır" diye yanıtladı Aslan, kendinden emin bir biçimde. "İki bozonun aynı durumda bulunmaması için hiçbir neden yoktur, bu yüzden onlar da doğal olarak bunu tercih ederler."

"Neden böyle olması gerektiğini anlamıyorum," diye cevap verdi Dorothy. "Aynı duruma gidebilseler bile, gitmeleri için bir neden var mı?"

"Aslında, evet var. Bir parçacığa ait genliğin o parçacığı tanımlanabildiği kadar tanımladığını ve herhangi bir durum ya da koşuldaki varlığının göreceli miktarını verdiğini hatırlıyorsundur. Bir genlik mevcut olan tüm parçacıkları tanımlayabilir. İki parçacık aym durumda ise, bu durumun genliği tek parçacıklı durumda olanın iki katma çıkar. Bildiğin gibi, parçacıkların belirli bir durumda bulunma olasılıkları genliklerinin karesi ile belirtilir, yani kendisiyle çarpımıyla. Benzer biçimde, genliğin iki katı yalnızca *iki* parçacığın aynı durumda bulunma olasılıklarını *dört* katma çıkartır. On parçacık için, yüz kat büyük olasılığın olur - bu parçacıkların hepsinin kendi farklı genlikleriyle bir durumda bulunma olasılığından on kat fazla. Daha çok sayıdaki parçacık için, durum çok daha olası hale gelir. Aslında, o anda ne kadar çok parçacık varsa, durum, parçacıkları kendisine o kadar etkili biçimde çeker. Bu 'Bose Yoğunlaşması'¹ olarak bilinir.

Şimdi yine Yapı Taşı Yolu'ndaydılar. Yolda gezinirlerken, Dorothy yeni arkadaşlarına son zamanlarda yaşadıklarını anlatıyordu, Kansas'tan gelişi ve Kütle Cadısı ile karşılaşmasını. "Bana EM adında başka bir cadı olduğunu söylemişti. Ben Em teyzem ile yaşıyorum. Acaba bu cadı ona benzer bir şey mi diye düşünüyorum." Dorothy Em teyzesini özlemeye başlamıştı ve sevgiyle onun bitkin yüzünü ve şehir ziyaretinden sonra kalıcı bir permaya dönüşebilecek gri saçlarını düşündü.

Rüyası bir yıldırımın gürlemesi ve tam da yolu vurmuş gibi görünün bir şimşek çakması ile aniden kesildi. Sesten sersemlemişti ve parlak ışıktan dolayı gözleri bir şey seçemez olmuştu. Dorothy bunu gidermek için kafasını salladı. Görüşü normale dönerken, bir an önce yakınlarında hiçbir şey yokken, şimdi bir şekil durduğunu fark etti. Artık önlerinde siyah bir cüppe giymiş zarif bir kadın yükseliyordu. Yakından bakıldığında, belirgin biçimde uzun değildi ama yine de yükseliyordu. Hem atom ölçeğinde çalışabilen hem de tüm galaksiye erişebilir biri olarak büyüklüğü daha çok sosyal uygunluk konusuydu. İstedığı kadar yükselebilirdi.

Dorothy onun çıkık elmacı kemikli ve yıldırım gibi kaşlarının altında kukuleta ile gizlenmiş gözlü solgun yüzünü daha önce görmüştü. Bu cadı, ne cadısı ise, elinde uğuldayıp çatırdayan tutsak edilmiş yıldırımdan yapılma bir asa taşıyordu. Asanın üstünde mavi bir ışıkla parlayan ve küçük, dolgun kıvılcımlar saçan büyük, yuvarlak bir top vardı. Tüm şeklin ana hatları da benzer bir mavi taş ile kaplıydı. Kocaman, hareketli ağzı Dorothy'ye hitap ederken alaycı bir biçimde seğiriyordu.

"Çocuğum, ben EM!"



5. Bölüm

ATOMİK BAHÇE

Dorothy ve arkadaşları Elektrik Yüğü Cadısı'nın ani ve beklenmedik biçimde ortaya çıkışı karşısında şaşkınlıkla bakakalmalardı. Doğruyu söylemek gerekirse, yalnızca üçü bakıyordu. Teneke Kafa hiçbir yere bakmıyordu, çünkü yakınında olan elektrik boşalması yüzünden sistemi yine çökmüştü. Korkuluk bunu fark etmiş ve hemen sistem diskim ekran mesajında belirtildiği gibi "A sürücüsüne" taktı. Teneke Kafa kafası karışmış bir halde yeniden çalıştı ve ardından bir kaşı yukarıda bilmiş bilmiş ona bakan EM'e baktı.

Dorothy biraz korkuyordu ama daha da önemlisi kızgındı.

"Kendinden utanmalısın," dedi "Teneke Kafa'yı etkilediğin için, içimizde elektrikten tek etkilenen o."

"Tamamen yanıyorsun," dedi EM, "her biriniz elektrikten kesinlikle etkilenirsiniz hem de çok ciddi biçimde. Etrafındaki her şey esasında elektrikseldir. Elektriksel güçler yok olsaydı, bunun etkileri kötü olurdu... Bak şimdi."

Yolun kenarındaki bir çakıl taşım gösterdi. Taş, bir el bombası gibi büyük bir gürültüyle patladı. "İşte," dedi "elektriksel etkiler yok olduğunda, senin dünyanda olacak olan da budur. Elektronlar bir atomun küçük alanma sıkıştıklarında, büyük bir momentumu sahip olurlar çünkü konumları sınırlanmıştır. Onları

bir arada tutan elektriksel çekim birden ortadan kalksaydı, büyük bir hızda birbirlerinden ayrılırlardı. Tıpkı sıradan bir patlamada olduğu gibi.¹

"Benim etki alamm tüm dünyayı ve içindeki her şeyi kapsar," diye devam etti Cadı. Vücudunun içinden bir yerlerden puslu bir top aldı ve kaldırıp onlara doğru attı. Top yaklaşırken, büzülüp büyüdü, büzülüp büyüdü, çok sayıda minik nesneye dönüştü ve sonra da ayırt edilemeyecek kadar küçük parçacıklardan oluşmuş bir sis haline geldi. Bu sis onlara ulaştığında, Dorothy'nin vücuduna yapışıp kaynaştı ve sonunda vücudunu oluşturan atomlara dönüştü.

"Vücudundaki her atom benimdir. Sen de benimsin çünkü atomlardan oluşuyorsun ve bu atomlar her şeyden çok elektromanyetik etkileşime bağlılar. Etrafında gördüğün her şey ona bağlıdır. Aslında, görme yeteneğin bile bana bağlıdır. Foton, yani ışığın kendisi, elektromanyetik etkileşimin temelidir."

"Ben ışığım!" diye bağırды sevinçle.

Aniden etraflarında bir ışık parlaması oldu. Daha önce olduğu gibi, yoğun ışıktan dolayı gözleri kamaşınca, bir süre sonra hiçbir şey göremez oldular. Tekrar görebildiklerinde, ziyaretçilerinden eser yoktu. Cadı ortadan yok olmuştu.

Yürümeye devam ettiler ama EM ile karşılaştıkları yerden çok uzaklaşmadan, yol kenarında bir ilan gördüler.

Atomik Bahçe'de
Bahçe Ürünleri Sergisi
**** AÇILDI ****
Dünyadaki her şey
burada bulunur

¹ Tabii ki elektriksel etkileşimin bu şekilde ortadan kalkması mümkün değildir. Mümkün olsaydı, çok tehlikeli olurdu. BUNU EVDE DENEMEYİN.

İlan ilgilerini çekti ve yana saparak bahçeye girdiler. Zengin bir manzara karşıladı onları. Tıka basa dolu tarhlar ve etraflarını çevreleyen her türden atomlar vardı. Bir tarhta basit Hidrojen vardı, bir diğesinde 'Nadir Elementlerin her türü buluyordu. Oksijen ferah bir hava veriyordu ve yanındaki Karbon ise inanılmaz karmaşıklıkta şeyler saklıyordu. Onun arkasındaki, Uranyum'dan ise tehlikeli bir koku geliyordu.

Biraz ileride eğilmiş biri vardı, görünüşe göre orta yaşlardaydı ve tarhların arasındaki yolda çömlek yapıyordu. Geldiklerini görünce birden onlara doğru döndü ve doğruldu.



"Bahçe ürünleri için mi geldiniz?" diye sordu.

Dorothy de "Ne tür ürünleriniz var?" diye sordu.

"Ne istersen. İstedğin kadar, her tür atom yetiştiriyoruz ve hangilerini seviyorsan onlardan alabilirsin."

"Öyleyse, bana atomlardan bahsedilir misiniz?" diye sordu Dorothy, neler döndüğünü tam olarak anlamak için.

"Evet, tabii ki! Haydi, benimle gelin. Yeni bir Nitrojen/Azot demetine başlamak üzereyim."

Sendeleyerek yürürken, Dorothy ve arkadaşları onu takip ettiler. Boş bir alanda durdular ve adam taşıdığı çantadan bir şey çıkartıp alanın ortasına koydu. Dorothy, buranın sadece boş bir toprak parçası olmadığını fark etti; *tamamen* boş bir alandı burası. Her ne koyduysa, belli ki boş uzay alanı tarafından yalıtılmıştı. Bu hareketi birkaç defa tekrarladı. Dorothy aslında hiçbir şey göremiyordu ama oraya bir şeyler koyduğundan emindi. Adama bunu sordu.

"Atom çekirdekleri. Bir atom istiyorsan işe bir çekirdek ile başlaman gerekir. Tıpkı yaşlı büyükannemin dediği gibi,

*Ne zaman bir çekirdek ekersin,
İstediğin atomu elde edersin.*

"Şimdi tüm yapmam gereken, bunları biraz elektron ile beslemek."

Yamndaki yoldan teneke bir kutu aldı ve çekirdekleri ektiği bölgenin üzerinde doğru eğdi. Kutudan belirsiz bir şeyler boşaldı ve oraya koyduğu her çekirdeğin etrafında puslu bir top oluştu. İlk başta tamamen küresel iken, büyüdükçe onu çevreleyen baloncuklarla daha karmaşık hale geldiler. Yine de, gayet puslu ve özelliiksizdiler.

"İşte. Nadir görülen bir karmaşık yapı mucizesi. Sizler de benimle aym fikirde olmalısınız."

Aslında Dorothy değildi. Atomlar ona hala çok puslu görünüyordular ve bunu dile getirdi. Bahçıvan bir an şaşkınlıkla baktı ve ardından kırıışmış yüz hatları ortaya çıktı.

"Ah! Bahse girerim sen onlara *uzayda* bakıyordun. Tabii ki *uzayda* sana puslu görüneceklerdir. Onlara enerjide bakmalısın, kızım. Orada sana çok kesin hatlı görünürler."

"Bunu nasıl yapabilirim?" diye sordu Dorothy. "Ben her zaman cisimlerin konumlarına bakarım. Benim gözlerim yalnızca bu şekilde *görebilir*. Enerjiyi nasıl görebilirim?"

Ne kadar zayıf gözler? Genç de olsun galiba bir gözlüğe ihtiyacın var. İşte, benimkini ödünç alabilirsin."

Dorothy bahçıvanın verdiği gözlüğü alıp taktı. Bu küçük bir okuma gözlüğüydü ve görüşünün hiç değişmeyeceğinden emin gibiydi. Buna karşın, cisimleri görme biçimini değiştirmişti. Bahçıvan'ın çekirdek ektiği yerde, derin bir bacaya benzer bir şey gördü. Bir noktaya kadar inceliyor ve bir trompet gibi yükseldikçe genişliyordu. Uzaklarda başka trompet şekilleri görüyordu ve onlarda da elektron olabilecek belirsiz şekilleri seçebiliyordu. Bunu diğerlerine söyledi. Çok uzun zamandır sessiz duran Aslan ise onu aydınlatmak için sabırsızlanıyordu. Her zamanki gibi, sesi kendinden emin bir biçimde gürledi.

"Bu çekirdekteki pozitif elektrik yükü tarafından oluşturulan bir potansiyel kuyusudur. Negatif yükü elektronlar çekirdeğe çekilir ve potansiyel enerjileri çekirdek yüküne yaklaştıkça azalır. Kütle çekimin, yerden yüksekteki cisimlere bir *potansiyel enerji* verdiğini görmüştün. Bu potansiyel enerji cisimler yere düşerlerken kinetik enerjiye dönüşebilir ve böylelikle daha da hızlanabilirler. Çekirdeğin elektrik yükü elektronları çekecektir, tıpkı yanlışıyla bir kuyuya düşecek olsan Dünya'nın kütlesinin seni çekecek olması gibi. Bundan dolayı dipteki suya çarpma kadar hız ve kinetik enerji kazanırsın. Aslında, elektronların çekirdeğe yaklaştıkça bir kuyuya düşüyor olmaları da bunun gibidir ve bu kuyuya *potansiyel* kuyusu denir. Gördüğün gibi, bu kuyu elektronları yakalar ve onları çekirdek etrafında tutar.

"Neden doğruca bu kuyunun dibine düşmüyorlar?" diye sordu Dorothy mantıklı biçimde.

"Daha fazla düşmek için çok *hafifler*. Elektronlar düşerken, çekirdeğe yaklaşırlar ve eğer çekirdeğe maksimum derecede yakınlarsa, *konumlan* daha iyi tanımlı hale gelir. Heisenberg bağınıtıyla dolayısıyla, bu sefer de elektron *momentumunun* dağılımı da-

ha büyük hale gelecektir. Momentuma sahip olmadan bir momenttim *dağılımın* olamaz, bu yüzden elektronlar daha fazla momentum kazanmak zorundadırlar. Elde ettikleri momentum kuyuda düşerken kazandıkları kinetik enerjiden gelir, ama daha fazla sıkışmalarını sağlamaya yetecek kadar enerji yoktur ve sonunda gördüğün elektron bulutuna tıkılıp kalırlar. Daha fazla küçülmek için yeterli enerjileri yoktur buna karşın da elektrik alan daha fazla yayılmalarını durdurur. Atomların bu büyüklükte olmalarının nedeni, çekirdek tarafından sağlanan elektriksel çekimin elektron bulutunu ancak bu kadar sıkıştırabilmesidir.

Aslan konuşurken, Bahçıvan elektronları yeni çekirdekler üstüne dökmeye başlamıştı. Bir tanesi Dorothy'nin izlediği potansiyel çukuruna girdi ve en düşük enerji seviyesindeki yerini aldı. ikinci bir elektron onu takip etti ve aynı seviyede durdu.

"Bu garip," dedi Dorothy. "Aslında buradaki her şey garip, ama bana özellikle bir duruma yalnızca bir elektronun uyabileceği söylenmişti. Ama şu anda aynı seviyede iki elektronun bulunduğunu görüyorum. Bu nasıl oluyor?"

"Ah, bu dönmelerinden olayı, canım" Elektronlar iki farklı yönde dönüşe sahip olabilirler, böylelikle iki tanesi bir seviyeye yerleşebilir. Yaşlı büyükannemin dediği gibi,

iki elektron birbirine uyar

Çünkü dönüyorlar.

Ve kesinlikle 'bu her zaman böyledir.'

Dorothy onu kurtarması için can atan Aslan'a yalvarır gibi baktı.

"Elektron dönüşü hakkmda birkaç şey söylememe izin ver. Daha fazlasını da söyleyebilirim, tabii ki..." diye ekleyip bahçe tarhlarımn birinin altına gizlenmiş olan bir kitap çıkardı. "*Elektronlar Dönüyor Olabilir mi?*" başlığını taşıyordu. "Ama sanırım,

şu anda tüm gerekli olan sadece birkaç cümle." Üzülerek kitabı kaldırdı. "Elektronların ve tüm fermiyonların dönüşleri vardır; sürekli dönen küçük topaclar gibi davranırlar. Bu dönmeyi durduramazlar ve tüm elektronlar aym dönüşe sahiptir - yani aym *açısai momentumu*. Açısai momentum daha önce karşılaştığınız momentumu benzer, tek bir farkla; daha önceki momentum bir çizgi üzerindeki hareketle ilgiliyken, açısai momentum dönme ile ilgilidir. Bir kuantum durumunda, açısai momentum yalnızca h değerine eşit miktarlarda değişebilir.

Bu da bir *birim açısai momentum* olarak adlandırılır. Elektron yalnızca $+\frac{1}{2}\hbar$ ve $-\frac{1}{2}\hbar$ ve değerlerinden birini alabilir ve bunlara genellikle "yukarı dönme" ve "aşağı dönme" denir. Bu iki dönme değeri kesinlikle farklı kuantum durumlarına karşılık gelir, böylelikle Pauli İlkesi'nin aksini önerdiği biçimde iki kat fazla elektrona sahip olabilirsiniz" diye hiç de inandırıcı olmayan bir biçimde ekledi.

Dorothy baktı atoma düşen başka bir elektron daha gördü. Bu atom da diğerlerinin peşinden kuyuya düştü, ama çok daha yüksek bir yerde durdu.

"Daha üst bir seviyeye gitmek zorunda. Bir alttakinde daha fazla yer yok. Yaşlı büyük annemin dediği gibi,

*Bir seviye tam mı dolu,
Gideceksin daha yukarılara, budur yolu.*

Yukarılarda gidebilecekleri pek çok seviye var."

Bir başka elektron daha düştü ve aynı seviyeye yerleşti. Dorothy bunun biraz önce duyduğu dönme durumları nedeniyle olduğunu düşündü, çünkü her bir seviyeye iki elektronun uya-caklarını duymuştu. Başka bir elektron içeri düştü ve şu ana kadar gördüklerine dayanarak umduğu gibi belirgin biçimde daha yüksek bir seviyeye gitmesini bekledi. Ama ilk ikisiyle aynı enerji seviyesinde gibi görünen bir seviyeye düştü.

"Bu da ne?" diye haykırdı. "Önce, yalnızca bir elektronun bir duruma gidebileceğini söyledin. Sonra farklı dönüşleri nedeniyle iki tanesinin de gidebileceğini söyledin."

"Bu çok doğru," diye, araya girdi Aslan hızla. "Elektronun iki farklı dönme durumu vardır. Bunların ikisi de çekirdeğin elektrik alanı içine aym enerjiye sahiptir, böylece aym enerji seviyesinde iki elektronun olabilir. Kesinlikle hiçbir yanlış yok." Kendinden emin biçimde konuşmasını sonlandırdı.

"Muhtemelen yoktur," diye itiraf etti Dorothy, "ama *şimdi* aynı seviyede üçüncü bir elektron var. Bunun için ne diyeceksin?"

Hiç de şaşılmadık biçimde Aslan'ın söyleyecek bir şeyleri *vardı*. "Bu farklı bir durum. Aslında, bir bakıma çok benzer ama yine de farklı. Küçük topaçların gibi kendi etraflarında dönmeleri gibi, elektronlar da gezegenlerin güneş etrafında dolanmalarına benzer biçimde çekirdek etrafında dönebilirler."

"Gezegenlerin Güneş'e çekilmeleri gibi elektronlar da çekirdeğe çekiliyorlarsa, hepsinin çekirdek etrafındaki yörüngelerde dönmeleri gerekmez mi?" diye araya girdi Dorothy.

"Hayır, aslında öyle değil. Gezegenler, dönme hareketlerinden doğan merkezci kuvvet nedeniyle Güneş'e düşmezler. Aslan kısa bir süre durdu. Güneş sisteminin mekaniğinin hakkında yazdığı bir kitabı çıkarmayı düşündüğü anlaşılıyordu, ama fikrini değiştirip devam etti. "Elektronlar çekirdeğe düşmezler, çünkü gördüğün gibi onları çekirdek etrafına yerleştirmek, düşerken kazanabileceklerinden daha fazla elektriksel potansiyel gerektirirdi. Bazı elektronlar çekirdek etrafında dönerler, ama en düşük enerji durumuna sahip olanları da dâhil olmak üzere bazıları dönmezler."

Dönerler için, dönme hareketi açısal momentum oluşturmaktır ve bu da daha fazla durum meydana getirecektir. Aslında, en düşük açısal momentum için üç durum vardır. 'Yörünge açısal momentumu durumları'ndan her biri iki elektron dönme durumuna sahip olabilir, yani toplamda altı duruma. Hepsi de ay-

m enerjiye sahiptir, böylece yörünge hareketine sahip *olmayan* elektronlar için bulunan iki durumu da eklediğinde toplam sekiz eder. Biraz karmaşık hale gelmeye başladı," diye itiraf etti. "Sanırım, her biri yalnızca belirli sayıda elektron tutabilen bazı olası enerji seviyeleri olduğunu kabul edersen her şey daha basit hale gelecek."

"Her elektron atoma eklendiğinde, çekirdeğin pozitif yükünün bir birimini götürür ya da *gizler* ve gelen diğer elektronlar daha az toplam çekim yükü hissederler. Atomun içindeki elektronların sayısı çekirdekteki yüke eşit olduğunda, artık kolaylıkla başka elektron almayan *nötr* bir atomun olur.

Dorothy izlerken, atom Bahçıvan'm spreyinden gelen başka elektronlar yakalıyordu, ta ki bir üst seviyede beş tane elektron olana kadar. Sonunda yakalanan elektronlardan çok küçük bir iz kalana kadar, yakalanan her elektron ile potansiyel çukuru batmaya devam etti. Artık diğer elektronlar durmadan yollarına devam ediyorlardı.

İzlediği atomda artık başka bir şey olmayacak gibi göründüğünden, Dorothy "enerji gözlüklerinin" tepesinden baktı ve bahçeye bir göz gezdirdi. Çevrede hızlıca yamp sönen ve atomdan atoma fırlayan cisimler fark etti, tıpkı hiperaktif arılar gibi diye düşündü. Genellikle atomları sıyrıp yollarına devam ediyorlar ama ara sıra bunlardan bazıları bir atomla çarpışıyor ve yok oluyordu. Önünde parlak bir şekil parladı ve bir süredir incelemekte olduğu atomla çarpıştı. Hemen gözlük camlarının arkasından baktı ve bir kez daha enerji seviyelerini gördü. Artık en düşük seviyede yalnızca bir elektron görüyordu, daha önce olduğu gibi iki tane değil. Bunu dengelemek istermiş gibi, daha önce hiçbir şey olmayan bir üst seviyede de artık bir elektron vardı.

"Gördün mü, bir foton enerjisini bir elektrona verdi ve onu daha yüksek bir seviyeye yükseltti. Tarlamdayken bunun olduğunu hep görürdüm," diye konuştu Korkuluk hemen arkasından. "Daha önce bahsettiğim gibi, foton bir bozondur ve bozonların *korunumu* gerekmez. Bir fermiyonun aksine, bir bozon



varlığına son verebilir ve tüm enerjisini bir elektrona verebilir. Bu durum burada gördüğün gibi elektronu ilk baştaki enerji seviyesinden daha yüksek bir seviyeye yükseltir. Sonuçta arkasında bir delik bırakır, daha düşük seviyede ise o seviyenin tutabileceğinden bir elektron daha az kalır."

Aslan konuşurken, Dorothy üst seviyedeki elektronun gözden kaybolduğunu gördü ve boş olan dış seviyede başka bir elektronun ortaya çıktığını fark etti. İki olayın aynı anda meydana geldiğini söyleyebilirdi ve yine aynı esnada, bir foton hızlanarak uzaklaşırken kısa bir parlama gördü. Bundan kısa bir süre sonra benzer olayların tekrarlandığını gördü, ama bu sefer en düşük seviye tamamen doldu, dış seviyede ise yalnızca beş elektron kaldı. Böylece atom ilk fotonun etkisinden önceki haline döndü.

"Elektron en düşük seviyedeki deliğe geri düştü ve kaybettiği enerji fotonlar tarafından uzaklara taşındı. Fotonlar enerji taşıma konusunda çok iyidirler çünkü bir elektrik alanı oldukça kolaylıkla yaratabilirler ve elektronlar da elektrik yükü bakımından iyi donanımlıdır. Elektronlar - ve diğer her şey de - eğer onları durduracak bir şey yoksa her zaman daha düşük enerji se-

viyelerine düşme eğilimindedirler. Sen de eğer *altında* bir delik olsaydı daha düşük enerji seviyesine düşerdin. Genellikle dış seviyelerdeki elektronlar düşemezler, çünkü alt seviyeyi dolduran elektronlar önlerine çıkıp onları engellerler. Normalde sen de düşmezsin çünkü ayaklarının altındaki zemin seni engeller. Aslında, ayaklarındaki elektronları engelleyenler zemindeki elektronlardır. Uyarılmış bir atomdaki elektronlar çeşitli seviyelere düşebilirler, ama atom sonunda taban durumu olarak bilinen en düşük seviyesine döner. Yere bakarak o kadar çok vakit geçirdim ki taban durumları konusunda bir otoriteyim" diye ekledi Korkuluk.

Otorite kelimesinin kendisinden başka biri için kullanılması Aslan'a çok ağır gelmişti ve hemen konuşmaya katılma ihtiyacı hissetti. "Yayımlanan fotonlar bu atom türü tarafından yayımlanan ışığın atomik spektrumunu verirler. Bu spektrum, atomun çeşitli seviyeleri arasında zıplayıp duran elektronlar tarafından fotonlara verilen enerjilere karşılık gelen belli frekans kümeleridir. Bu frekans kümeleri, eğer ışık bir spektrometreden geçirilirse, bir dizi renkli çizgi olarak görünür ve bu çizgi kümeleri, tıpkı parmak izinin seni tanımlaması gibi, atomları tanımlar. Burada her şeyi açıkladım. Daha sonra ilgili bölüme bakabiliriz," diye ekledi ve bir taş kaldırıp altından *Işık-İzli Atomlar*, Yazan İsa C. Lion adında bir kitap çıkardı.

ATOMİK SPEKTRUM

Bir atomun içindeki elektronlar bu atoma özgü belirli enerjilere sahip olan çeşitli seviyelerde bulunurlar. Bir elektron yüksek bir seviyeden düşük bir seviyeye geçerse, fazla enerjisini alıp götüren bir foton yayımlar. Fotonun enerjisi elektronun ilk ve son durumdaki enerjilerinin farkına eşittir ve bu enerji özel ve ayırt edici bir frekans verir. Herhangi bir tür atomdan yayımlanan ışık bu tür fotonlardan meydana gelir ve atomu kesin bir biçimde tanımlar.



"Spektrum bir atom hakkında pek çok şey söylese de, atomlar hakkındaki en ilginç şey tabii ki senin dünyanın da onlardan yapılmış olmasıdır. Bir atomun dış ya da *valans* seviyesindeki elektronlarının sayısı onun kimyasal özelliklerini belirler," diye kükredi Aslan ve yeni bir konuya geçme fırsatını yakalamamanın heyecanıyla elindeki kitabı kaldırdı.

"Yaşlı büyükanneemin dediği gibi" diye kesti Bahçıvan,

Bir atom tutunca tutabildiğini,

Bu belirler onun Mendeleev'in Periyodik Tablosu'ndaki yerini.

Dorothy ile arkadaşları ona bakıyordu.

"Pekâlâ, bunu çok sık söylemezdi," diye itiraf etti bahçıvan.

"Ama yine de çok doğru," dedi Aslan, bu cümleyi bilgisini daha da fazla göstermek için bir fırsat olarak kabul ederek. "Atomlar *kimyasal elementlerin* bölünebileceği en küçük parçalar-
dır ve dünyadaki her şey *moleküller* halinde birleşmiş olan atom-
lardan meydana gelmiştir.

Moleküller, sen de dâhil, senin dünyadaki her şeyi meydana getiren farklı *kimyasal bileşiklerin* en küçük parçalarıdır."

"Tabii ki sizin de, değil mi?" diye sordu Dorothy. Kimyasal bileşik örneği içeren tek kişi olması için hiçbir neden göremiyordu.

"Hayır, aslında değilim. Gördüğün gibi, ben alegorik bir yapıyım ve bu nedenle de tamamen kurgusalım. Burada olduğunda sen de öylesin. Buradaki atomlarla karşılaştırıldığında şu anda çok küçüksün, ama evindeyken vücudun inanılmaz çok sayıda atomdan meydana gelir.

En sevdiği şey olan bir şeyleri açıklama işine geri dönerek, "Her neyse," diye devam etti Aslan, "herhangi bir atomun diğerleriyle birleşme biçimi dış kabuğundaki elektron sayısına bağlıdır. Kimyagerler bu dış kabuğa 'elektron içeren en yüksek ener-

ji seviyesi¹ derler. Bir maddenin kimyasal etkinliği bu dış kabuğun tam doluluğa ne kadar yakın olduğuna bağlıdır, yani tutabildiği kadar çok elektron tutabilmesine."

"Fark edeceksin ki", diye devam etti Aslan, "farklı seviyelerin enerjileri arasında çok büyük bir fark vardır. Son elektron yeni bir seviyeye eklenmek zorunda kaldığında, onun enerjisi, daha düşük seviyelerdeki elektronlara göre biraz daha fazla olacaktır. Yakınlarda başka bir atom varsa ve bu atomun *dış seviyesinde* tek bir boşluk varsa, eğer yalnız olan elektron ikinci atomla yer değiştirirse toplam enerji azalabilir. Şimdi ne diyeceğinizi biliyorum." Aslan kimsenin yapmaya niyeti olmadığı protestoyu indirmek için kocaman pençesini kaldırdı.

"Diğer atomun halihazırda elektronlarının tamamını doldurduğunu söyleyeceksiniz, yani sonunda elektriksel olarak nötr olacak ve böylece artık başka elektron çekemeyecek." Dorothy, Aslan dışında kimsenin bir şey söylediğini duymuyordu, ama Aslan da bir tartışmanın her iki tarafını mükemmel biçimde sunuyor gibi görünüyordu. "Bu durum aslında çok uzaktaki elektronlar için geçerlidir, ama yakınlarda bulunan bir elektron - dolu olan dış seviyede bulunan - çekirdek yükünden gizlenemeyecektir. Bu dış seviyedeki diğer elektronlar ile aynı durumda olacaktır. Böyle bir durumda, atom, çekirdeğindeki elektrik yükünü dengelemek için gerekli olandan daha fazla elektrona sahiptir ve bu atom bir iyon olarak adlandırılır. Fazla olan elektron çok sıkı bağlı değildir ama orada bulunduğu sürece iyon net olarak negatif elektrik yüküne sahiptir, çünkü çekirdekteki pozitif elektrik yükünü dengelemek için gerekli olandan bir fazla elektrona sahiptir. Bu bir negatif iyondur. Dış seviyesini boşaltmak üzere elektron veren atom ise pozitif yüklüdür. Bir pozitif iyondur.

Belirli bir türdeki iyonlar aynı toplam elektrik yüküne sahip oldukları için, birbirlerini iterler ve ayrılmaya çalışırlar. Bunlara *korkak iyonlar* diyebilirsin. Aslan kadirşinas bir şekilde sessizce güldü. Fakat başka kimse gülmedi, bu yüzden devam etti. "Bir

pozitif ve negatif iyon zıt elektrik yüklerine sahiptir ve bu yüzden birbirlerini çekerler. Bu çekim bir *iyonik* bağ oluşturur ve iki atomun bir molekül meydana getirmek için birleşmesine neden olur. Bu tür moleküller çok basitlerdir. Bir tuz molekülü yalnızca bir negatif klor iyonuna bağlı bir pozitif sodyum iyonudur. Yalnızca iki atom içerir, hepsi bu.

"Daha karmaşık moleküller, elektronların atomlar arasında ortaklaşa kullanıldığı *kovalent bağlardan* meydana gelebilir. Bu duruma en çarpıcı örnek karbondur.

\

KİMYA VE PERİYODİK TABLO

En dış enerji seviyesindeki valans elektronlarının sayısı bir atomun kimyasal davranışını belirler. Bir atomun dolu olan bir seviyesinde bir elektron eksik olsun ve diğer bir atomda da daha yüksek bir seviyede tek başına bir elektron olsun. Eğer yalnız elektron diğer atomda kalan boşluğu doldurmak için oraya geçerse enerji açığa çıkar ve sonuçtaki elektriksel kuvvet iki atomu, kimyasal bir bileşiğin en küçük parçası olan bir molekül meydana getirecek şekilde bağlar.

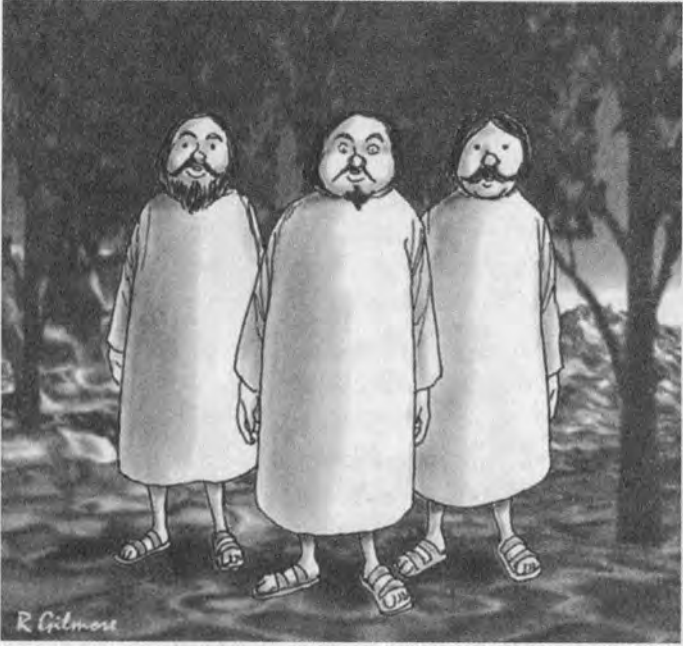
Aslan'ın yumuşak ve hipnotize edici konuşması bu anda vezinli bir şarkı tarafından aniden kesildi.

Selam sana büyük Karbon, çok yaşa bağlarınla.

Üç, dört valanslılara selam olsun, yaşamın kurucularına.

Dört arkadaş Aslan konuşurken kendilerine yaklaşan bir

grup insana bakmak için aniden döndüler. Giydikleri basit, üniformaya benzeyen kıyafetlerine tamamen saf görünmek için takındıkları ciddi bir samimiyet ifadelerine eşlik ediyordu ve tuhaf sakalları vardı. Gruptakilerden biri, liderleri ya da en azın-



dan sözcüleri gibi görünen, Dorothy ve arkadaşlarına hitap etti.

"Bizler Karbon Topluluğu'nun üyeleriyiz. Kendimizi muhteşem karbon atom temelli çeşit çeşit moleküller yapmaya adadık. Tabii ki, tüm işimiz organik.² Karbon muhteşem dengeye sahip olan bir atomdur. En yüksek enerji seviyesinde, ya da bizim dediğimiz şekliyle dış kabuğunda, dört valans elektronu vardır. Tamamlanmak için sekiz taneye ihtiyaç duyar. Bu yüzden aynı zamanda dört elektronu *eksiktir* ve dört elektronu *fazladır*. Diğer

² Karbon içeren kimyasal elementler organik bileşenler olarak bilinir. İçermeyenlere ise inorganik denir. Bu isimlendirme Dünya'daki yaşamın karbondan yapılabilen muhteşem çeşitlilikteki bileşiklere dayanmasından kaynaklanmaktadır.

atomlardan dört elektron mu almalıdır yoksa sahip olduğu dört elektronu mu vermelidir? Her iki yöntem tam dolu bir seviye oluşturma amacına gayet güzel hizmet eder ve ikisi de mümkündür. Her iki yöntem de mümkün olduğu için, zorunludur ve karbon *ikisini de* yapar. Karbon dört elektronunu diğer atomlardaki dört elektronla nazikçe *paylaşır*. Bu şekilde dış kabuğunda sekiz elektronu olan bir genlik ile hiçbir şeyi olmayan bir genliği birleştirir. Her iki seçenek de karbona tam dolu bir dış kabuk verir, çünkü eski dış kabukta elektron olmaması demek bir alttaki kabuğun artık tam dolu 'dış kabuk' olduğu anlamına gelir. Her iki şekilde de, bu durum atomların birbirine doğru çekilmesi anlamına gelir³ ve böylelikle bu 'değişim etkileşiminin' ya da 'kovalent bağın' toplam etkisi çekim yönünde olacaktır. Bizimle gelin ve yaptığımız molekülleri görün."

Topluluk üyeleri grubu sandaletli ayaklarından çıkan patırtılar arasında yürümeye başladılar ve bahçeden tekrar Yapı Taşı Yolu'na çıktılar. Artık, yoldaki taşların çoğu C ve H sembolleriydi, ara sıra da O ya da N görünüyordu. Yolda kısa bir süre gittikten sonra ahıra benzeyen bir binaya rastladılar. Benzer biçimde üniforma giymiş olan topluluğun daha pek çok üyesinin karmaşık yapılar yapmak için aralıksız çalıştıkları muazzam bir salona girdiler. İlk bakışta, bunlar kısa çubuklarla bağlı olan küçük toplar gibi görünüyordular ama daha yakından, toplar Dorothy'nin daha önce gördüğü puslu atomlara benziyorlardı ve onları birbirlerine yapıştıran belirsiz bir puslu bir şey ile bağlanmışlardı. Karşılaştıkları ilk kişi sakalı ya da bıyığı olmayan genç bir yeniyetmeydi. Tek bir karbon ile onun etrafındaki dört hidrojen atomundan başka bir şeyi olmayan ve önemli görünen bir yapıyı bir arada tutuyordu.

"Bu Billy. Topluluğa yeni katıldı ve bu yüzden onu en basit organik bileşik olan metan ile başlatıyoruz. Bu molekül karbonun, her biri onu saran dört hidrojen atomuna giden dört bağa

³ Bunun böyle olduğu asla açık değildir, ama işler böyle ilerlemektedir.

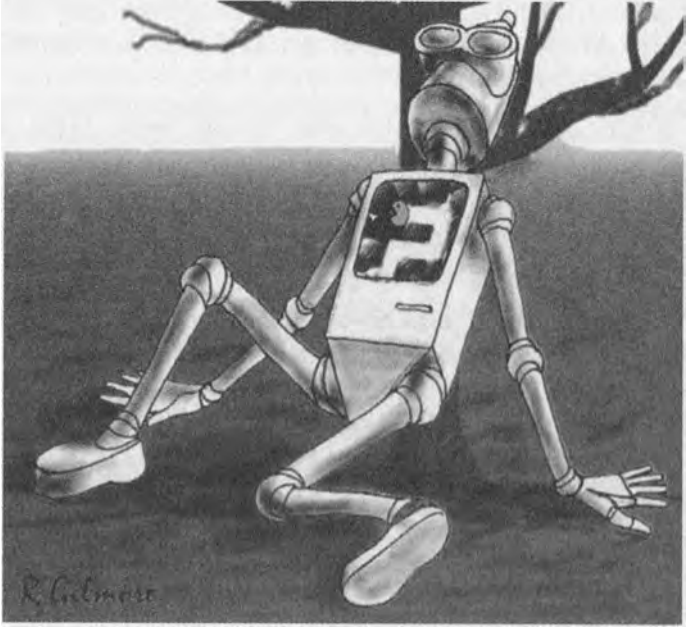
sahip olabileceğini açıkça gösteriyor. Gördüğünüz gibi, dış kabuktaki dört elektron dört hidrojen atomunun her biriyle bir elektron paylaşıyor."

Devam ettiler. Yapılmakta olan sıradaki nesne biraz daha karmaşıktı. Birbirine bağlı iki karbon atomu çifti ve bu çifti çevreleyen altı hidrojen atomu vardı. Beş tanesi doğrudan karbon atomuna bağlıyken, bir tanesi ile aralarında yeni bir tür atom vardı.

"Bu fazla olan atom oksijen atomudur. Organik moleküller genellikle karbon ve hidrojen yanında oksijen de içerirler. Daha büyük moleküller ise her türden atomu içerebilirler. Atomların nasıl düzenlendiğini gösteren bir şekle bakarsan bir organik molekülün yapısını anlamak çok kolaydır." Teneke Kafa'nın göğsündeki ekran aydınlandı ve Dorothy'nin biraz önce gördüğü molekülün atom türlerinin farklı renklerde gösterildiği küçük bir resim görüntülendi.

Dorothy rehberi topluluğun atölyesi boyunca izlerken, elektronik arkadaşı da gittikçe artan karmaşıklıkta bir moleküller dizisi gösteriyordu. Ya da belki Dorothy moleküllerin gittikçe artan karmaşıklıkta olduğunu düşünüyordu ve Kafa her birinin şeklini gösteriyordu ama aralarda onun ilk başladığı molekülü gösterdiğini fark etmişti. Çeşitli topluluk üyelerinin hep birlikte büyük bir molekül üzerinde çalıştıkları bir kısma geldiler. Bina'nın diğer ucuna kadar uzanıp karanlıkta kaybolan kocaman çift sarmallı bir spirale benziyordu. Tam o anda Teneke Kafa'nın eklemli dizleri aniden çözülürdü ve büyük bir gürültüyle yere düştü.

"Meraak ethme," dedi "sadoece bir titreşim", hepsi bu. Birkaç dakika gevşeme moduna geçeceğim sonrasında her şey normale dönecek. Gösterdiği son molekülü meydana getiren atomlarla tıka basa dolan ekranında kocaman ve açmış gibi duran ağız olan küçük yuvarlak şekil belirdi. Bu şekil bu resimde rastgele hareket edip görüntüyü yiyor ve arkasında boş bir iz bırakıyordu.



"Ona ne oldu?" diye sordu Dorothy biraz korkuyla. "Bu ona hiç benzemiyor!"

"Korkarım arkadaşımız küçük, sessiz bir bara gitti" diye yanıtladı Korkuluk. Ekranında görünen molekülleri fark edip etmediğini bilmiyorum. Bunlar etil alkol. Maalesef sibernetik arkadaşımız artık siber sarhoş.

"Bu nasıl olabilir?" diye sordu kız. "Tüm yaptığı molekül şekillerini göstermek. *Bu* birini pek sarhoş etmez."

"Bir insanı etmez," diye mırıldandı Korkuluk, "ama onun sıradan bir insan olmadığını kabul etmelisin. O daha çok bir bilgisayar ve yemek yerine programlarla besleniyor. Gördün mü, alkolün *formülü* onu sarhoş etmeye yetti. Onu buradan götürsek iyi olur."

Dorothy ve Korkuluk arkadaşlarını birlikte Aslan'ın sırtına yüklediler ve Yapı Taşı Yolu'ndan bahçeye doğru ilerlemeye

başladılar. Kontrolsüz metal kolları rastgele hareket eden Teneke Kafa'yı Aslan'ın sırtından düşürmemek için gösterdikleri çabaya karşın, Dorothy farklı sembollü taşların çoğunun büyük, karmaşık biçimlerde bir araya geldiği fark edecek vakti olmuştu. Yolculukları boyunca, Teneke Kafa heyecanlı elektronik bir ses çıkartıp ve kollarını sallayıp duruyordu. Karbon bileşiklerin etkisinden uzaklaşıp da bahçeye girdiklerinde ise sessizleşti ve kısa bir süre sonra hafif bir sersemlikle birlikte ayakta durabilecek hale geldi.



"Ne çok madde var ve hepsi de belirli bir tür atomun var olmasına bağlı. Bu olağanüstü," dedi dostunun davranışı konusunda yorum yapmanın doğru olmadığını hisseden Dorothy. "Atomlar bu kadar farklıysa, bu farka ne karar veriyor?"

"Neden bazı atomlar diğerlerinde daha fazla elektrona sahip?"

"Bu durum çekirdeklerindeki elektrik yükünden kaynaklanır." Bahçeye bir defa daha yeniden girdiklerinde onlara katılan Bahçıvan o ana kadar sessizdi. "Bir atom yalnızca çekirdeğindeki elektrik yüküne denk gelecek kadar elektrona sahiptir. Tıpkı yaşlı büyükannemin dediği gibi,

*Bütün elektronların ihtiyacı var bir atoma,
Sayısı denk gelmeli çekirdek tohumuna.*

Sorunun cevabı sevgili kızım, çekirdekte yatıyor."

6. Bölüm

DÜNYANIN MERKEZİNDEKİ TOHUM

"Bu çekirdek nedir ve nerede bulunur öyleyse? diye sordu Dorothy.

"Nerede olacak, atomun kalbinde," diye yanıtladı karbon haline gelmiş bir atomu koparan Bahçıvan. Dorothy'nin incelemesi için onu tutuyordu. Dorothy dağılmış cisme yakından baktı ama ortasında hiçbir şey göremedi.

"Göremiyorum," dedi.

"Tabii ki, çok küçüktür de ondan" diye cevap verdi Bahçıvan. "İşte, onu biraz büyütüyüm senin için." Atomun puslu şekli büyümeye başladı. Büyüdü, büyüdü; ta ki her iki yandan da bir futbol stadyumunun büyüklüğüne ulaşana kadar.

"Bunu nasıl yaptın?" diye sordu Dorothy, yutkunarak. Bahçıvan güldü.

"Bir şeyleri büyütüyorsa, bana nasıl Bahçıvan denir ki! Şimdi ortada duran çekirdeği görebilirsin."

Dorothy baktı. Her iki yönde de yayılan elektron olasılık dağılımının dumanlı bulutunu gördü. Önündeki sisli bölgeyi boş boş bakan gözlerle inceledi, ama hala her tarafa yayılmış olan elektron genlikleri boşluğundan başka bir şey göremiyordu. Bunu Bahçıvan'a söyledi.

"Göremedin mi, olabilir. Onu göremesen de o tam orada duruyor. Bu çekirdek çok küçük ve bu yüzden nerede bulunduğunu söylemek zor.

Çekirdek tüm bu elektron bulutu içinde hep kaybolur. Tıpkı yaşlı büyükannemin dediği gibi,

*Umarsın bulmayı, istediğini,
Ama göremezsın elektronlar yüzünden çekirdeği.*

Onu bulacaksak, biraz yardıma ihtiyacımız var. Şanslıyız ki, bu hafta bir yerel alfa izci grubunun "MeV¹ haftası" ve yeni katılan ufaklıklar için bir eğlence düzenlenecek.

Dorothy Bahçıvan'ın arkasına baktı ve küçük şekillerden oluşan bir kalabalık gördü ya da en azından farkına vardı. Her yönde hızlıca hareket ediyorlar ve tiz heyecanlı sesler çıkartıyorlardı. Kızın hayranlık dolu bakışları altında, Bahçıvan bu enerjik hizmetçi grubuna dikkatlice çobanlık ediyor ve onları atomun büyük boşluğundaki yollarına yönlendiriyordu. Alfalar bu bölgede rastgele yollar izleyerek keyifle koşturuyorlardı. Pek çoğu belirgin bir sapma göstermeden yollarına devam ediyorlar, bazıları ise ilerlerken yollarından sapıyor ve biraz daha farklı bir yöne gidiyorlardı. Bunları çoğu çok az sapma gösteriyorlardı ve Dorothy ilk bakışta bu sapmayı fark etmemişti ama bir tanesi öyle bir büyük bir açıyla sapma gösterdi ki dikkatinden kaçmadı.

"Neden bazıları yollarından sapıyorlar" diye ortaya bir soru attı Dorothy. Aslan'ın cevap vermek için atılmasına ise hiç şaşırmadı.

"Elektrik yükleri yüzünden, elektrik yükleri! Alfa parçacık- *

Bir MeV (Mega Volt diye okunur) bir parçacığın enerji ölçüsüdür. Ernest Rutherford çekirdeğin varlığını ortaya koyan deneyini yaptığında, bir kaç MeV'lik enerjiye sahip alfa parçacıkları kullanmıştı.

ları tıpkı çekirdek gibi pozitif elektrik yüküne sahiptirler. Birbirlerini itmelerinin bir sonucu olarak, alfalar çekirdekten uzağa itilirler ve yollarından saparlar. Çekirdekteki elektrik yüküne ne kadar yaklaşırlarsa, bu itme o kadar şiddetli, sapma da o kadar büyük olur. Bunlardan bazıları gerçekten çok yakına geliyorlar. Şuna bak."

Dorothy yollarından çok az sapan hızla hareket eden pek çok alfa arasında aniden durup geri tepen bir tane gördü.

"Bu alfaların ne kadar çok enerjileri olduğunu bilsen, onları tıpkı bunun gibi geri döndürmek için ne kadar büyük bir kuvvetin gerektiğini anlarsm. Elektrik kuvvetleri, yükler birbirlerine ne kadar çok yaklaşırlarsa o kadar kuvvetli olur. Yeteri kadar büyük bir kuvvet elde etmek için, alfalar çekirdek elektrik yükünün çok yakınından geçmek *zorundadırlar*. Bu da çekirdeğin aslında ne kadar küçük olmak zorunda olduğunu gösterir.

"Pardon," dedi Dorothy, "bunu nasıl gösterdiğini hiç anlamadım."

"Ah, tabii ki gösterir," diye araya girdi Korkuluk. "Örneğin, bütün Dünya'ya sadece birkaç santimetre kalacak kadar yaklaşmanın ne kadar zor olduğunu düşün."

"Bu hiç de zor değil ki," diye cevap verdi. Yersiz özür dilemelerden yorgun düşmüştü. "Ben zaten çoğunlukla dünyaya birkaç adım uzaklıktayım."

"Hayır, hayır" diye karşı çıktı Korkuluk. Ayaklarının altındaki toprağı kastetmiyorum. Gezegenimiz olan Dünya'yı kastediyorum," diye ekledi; "Ben yıllardır ona bakıyorum. Dünya'nın *yüzeyine* çok yaklaşabilirsin ama *tamamına* yaklaşamazsın. Kansas'a çok yaklaşabilirsin ama Avustralya'dan uzaktasındır. Dünya'nın kendisi o kadar büyük ve o kadar yayılmış durumdadır ki Dünya'nın büyük kısmına çok yaklaşmazsm. Yalnızca çok küçük ve her bir parçası hareketsiz ise ona yaklaşabilirsin. Bu alfalar etrafta dolanmaları için gerekli olan kuvveti elde etmek için, tüm çekirdek yüküne çok yakın olmak *zorundadırlar* ve bu da

yalnızca çekirdek çok küçük ise mümkün olur. Alfaların uzaklaştığı bu noktayı bulmaya çalışıyorsak, çekirdeği bulmak zorundayız. Neler yapabiliriz bir bakalım."

Anlayabildikleri kadarıyla tüm yüklü parçacıkların uzaklaştığı yer olan noktaya doğru yürüdüler. Sabırla etrafa bakındılar ve Doroty birden onu gördü. Elektron genliği sisi içinde yüzen küçük, yoğun, bir pirinç tanesi büyüklüğünde bir cisim görüyordu.

"Bu o mu?" diye sordu Dorothy inanmaz bakışlar içinde. Ona uzanıp almayı ve daha yakından incelemeyi denedi. Şaşırtıcı bir biçimde onu yerinden kıpırdatamadı. Ne kadar küçük ve önemsiz görünse de, granite saplanmış bir çivi gibiydi ve Dorothy onu hiç kıpırdatamıyordu. "Neden kıpırdamıyor?" diye sordu sinirle. Bu, üzerinde düşünülmüş bir sorudan çok istemsizce yapılmış bir uyarı gibiydi, ama Aslan'ın cevap vermesi için bu kadarı yeterliydi.

"Kıpırdamıyor çünkü çok ağır. Çekirdek ne kadar küçük olsa da, bir atomun kütlesinin %99,9'unu barındırır. Bir tuğlaya sığmış büyük bir binanın kütlesi gibidir. Bu tuğlayı yerinden oynatması hiç de kolay değildir."

"Bu kadar küçük olan bir şeyin bu kadar ağır olabileceğine hala inanamıyorum. Deneyimlerime göre, bu kadar ağır bir şey gayet büyük olmalıdır. Sağduyu bunu gerektirir."

"İşte, sorun da bu ya," diye cevap verdi Aslan içini çekerek. "Senin deneyimlerin bu ölçeği kapsamıyor. Sağduyun, daha önce yaşamış olduğun alışlagelmiş durumlar için uygundur, tanıdık olmayan şeyler konusunda işe yaramaz. *Burada*, ağır cisimler küçüktürler, çünkü yalnızca ağır cisimler küçük olabilir. Bir şey büyük bir kütleye sahipse, çok fazla hareket etmeden büyük bir momentuma sahip olacak ve böylelikle de küçük ve konumu iyice belli olacaktır. Hafif cisimlerin büyük olmaktan başka seçenekleri yoktur, çünkü çok yayılmış durumdadırlar. Büyük cisimleri ağır olarak bilirsin çünkü günlük hayattımda karşılaştığım tüm cisimler çok sayıdaki *küçük* cismin bir araya gelmelerinden

oluşmaktadırlar, bu küçük cisimler atomlardır. Doğal olarak, daha fazla cisme sahip olduğunda, daha ağır olursun, ama tek tek parçacık seviyesinde büyük ve küçük şeylerin göreceli ağırlıklarını hissetmezsin."

"Belki de bu yüzden," dedi gönülsüzce. Mevcut algılarını terk etmek istemiyordu. Kızgınlıkla çekirdeğin küçük şekline baktı. "Bak!" diye bağırdı, "Biraz hareket etmeye başladığım sanıyorum."

Dorothy'nin tam arkasından "Pardon, bayan" dedi bir ses. Etrafına bakındı ve muntazam giyimli iri bir adam gördü. İfadesiz yüzü, kısa saçları ve göğüs cebinde bir dizi kalemin bulunduğu uzun beyaz uzun önlüğüyle sıradan biri gibi duruyordu. Yanından uzanıp beceriklilikle çekirdeği aldı.

"Bunu nasıl yaptınız?" diye sordu Dorothy şaşkınlıkla titreyen bir sesle. Kendisinin yapamadığı bir şeyi hiçbir çaba harcamadan yapabildiği için öfkelenmişti.



"Ben bunun eğitimini aldım, Bayan. Ben Çekirdek Ağırlıkları ve Ölçümleri Müfettişiyim ve işim çekirdek parametrelerini - boyutları, kütleleri ve diğer benzer özelliklerini - kontrol etmektir." Bunu, görünmez bir kılavuzu okuyor gibi duygusuzca söyledi. Daha sonra, cebinden içinde bazı tornavidaların bulunduğu plastik bir kap çıkardı. Açtığı zaman Dorothy en büyük şeyin ince metal bir cetvel olduğunu fark edebilmişti. Kabin içindekiler büyüklükleri azalan bir sırada dizilmişlerdi. İçlerindeki en küçük cisimlerden birini aldı. Daha sonra bir gözüne kuyumcu gözlüğü takıp, diğer gözünü de kapatarak çekirdeğin boyutunu ölçtü.

"Hmm, beş fermi'nin² biraz altında. Tamam, eğer bu düşündüğüm atom ise, bu çekirdek için uygun bir değer. Bundan emin olsam iyi olur," taşıdığı bez çantayı açıp üzerinde küçük pencereler bulunan metal kare bir kutu çıkardı. Bu kutunun yanında bulunan bir düğmeye dokundu. Altı küme halinde olan elektron genlikleri bulutunun tamamı rastgele biçimde atomun kapladığını alana yayıldı. Bu hızlı yayılma hiçbir özelliği olmayan, stadyum büyüklüğündeki bulut etraflarını kaplayana kadar devam etti. Aniden bir kez daha altı ayrı bölgeye ayrıldılar. Konumları önceki altı kümeye benzemiyordu. Tıpkı daha önce olduğu gibi, bu altısı düzgün bir dağılım halinde karıştılar ve sonra altı ayrı paket olarak katılaştılar. Tüm bu süreç, müfettiş anahtara bir defa daha dokunana kadar devam edip durdu.

"Ne oluyor?" diye sordu kız merakla.

"Bu bir *stroboskop*," diye yanıtladı Müfettiş sakın ve bilgilendirici bir havada. "Bunlardan birini daha önce görmemişsiniz.³ Ama bir stroboskop⁴ görmüş olabilirsiniz. Bu cihaz peşpe-

² Bir fermi çekirdeğin boyutlarını belirtmek için kullanılan bir uzunluk ölçüsüdür. 10-15 metreye eşittir. Bu, bir milimetrenin milyon kere milyonda biri demektir. Çekirdek gerçekten küçüktür.

³ Çünkü böyle bir şey yoktur. Peşpeşe gözlemler yapmak istiyorsanız, bunları kendiniz yapmak zorundasınız.

⁴ Stroboskop: Düzenli aralıklarla kısa süreli ışık parlamaları sağlayan bir aygıt. Ç.N.

şe parlamalar üretir, böylece cisimleri peşi sıra çakan ışıklar içinde görebilirsin. Bu cihaz da atomun içindeki elektronların konumlarının bir dizi gözlemini yapmak bakımından benzer bir işleve sahiptir. Her gözlem, genlikleri kısa sürede yayılsa bile elektronları gözlemlenen konumlarıyla sınırlandırır."

Manzara eğlenceliydi, ama Dorothy bu cihazın neyi kanıtladığını anlamamıştı. Peşi sıra yapılan gözlemler elektronların tamamen farklı konumlarda olduğunu göstermişti ve hiçbir belirgin desen olmadığını düşünüyordu. "Farklı gözlemlerin hiçbir ortak yanı yok," dedi.

"Ah işte burada yanılıyorsunuz, Bayan. Gözlemlerin ortak bir yanı var. Hepsi de her seferinde farklı konumlarda bile olsalar altı elektron gösterdi. Atomda altı negatif elektrik yükü varsa, bu, atomun tamamen yüksüz hale getirmek için çekirdekte altı pozitif yükü olması gerektiği anlamına gelir. Yani çekirdekte altı proton vardır. Her proton bir pozitif elektrik yüke sahiptir, bu yüzden bu çekirdek içinde sıkışmış durumda bulunan altı proton vardır.

"Hepsi pozitif ve birbirlerine çok yakınlarsa, nasıl bir arada duruyorlar? Kesinlikle ayrılmaları gerekir," dedi kız. Kafası biraz karışmıştı. "Pozitif yüklerin birbirlerini iteceğini biliyorum. Aynı biçimde negatif yüklerin de," diye aklına gelenleri ekledi.

Arkadaşlarının dışında yeni bir ses "Aslında iterler," diye bağırdı. Dorothy döndü ve elektron genliği içindeki yükselen uzun boylu EM'nin görüntüsünü gördü. "Protonlar birbirlerine o kadar yakındırlar ki, atomların şuuruları ötesinde işleyen kuvvetlerden milyonlarca kez daha büyük bir kuvvetle itilirler. Kendin bak. "Tıpkı grubun onu yolun kenarında etkileyici sonuçlar ile gördükleri zamanki gibi bir parmağını çekirdeğe doğru uzattı. Aniden hareket etmeyi kesti ve EM'nin renkli bantlarla sımsıkı bağlandığını gördüler. Hiçbir şey yapamıyordu.

"Bunu düşünme bile, Kardeşim!" dedi daha önce duymadıkları başka bir ses. "Parçacıklar renk kuvvetlerini hissederken, elektriğinin etkisiz hale geldiğini biliyorsun. Renkler geldi mi, elektrik yükleri ayrılamazlar.

Kendisini sarmalayan bantların içinde hala çabalayan (vakur bir şekilde) EM'nin görüntüsü solmuştu.

"Protonlar çekirdeğe güçlü çekirdek kuvvetleri ile bağlanmışlardır. Bu kuvvetler elektrikten çok farklıdır ve varlıkları dayanıklı ve usta elinde çıkmış ürünler meydana getirir," diye devam etti. Müfettiş sakın bir biçimde Dorothy'nin ilk değindiği konuyu yanıtlıyordu. Bakışını bir kez daha çekirdeğe çevirdi. "Orada daha başka ne olduğunu kontrol etmek zorundayım."

Çekirdeği avucuna aldı ve onu tartar gibi aşağı yukarı hareket ettirdi.

"Bu yaklaşık on iki amu gibi geliyor. Bu Atomik Kütle birimi'dir (Atomic Mass Unit), Bayan. On iki aşağı yukarı doğrudur. Bu durum çekirdekte altı proton yanında altı nötron olduğu anlamına geliyor. Nötronlar protonlar ile aynı ağırlığa sahip olmakla birlikte, hiç elektrik yükleri yoktur. Elektriksel olarak yüksüz oldukları için, çekirdeğin tutabileceği elektron sayısını etkilemezler. Aldığım eğitim sayesinde, çekirdeğin ağırlığı hakkında iyi tahminler yapabilirim, ama onu daha kesin şekilde ölçmem gerekiyor."

Bez çantasını bir kez daha açtı ve başka parlak bir kutu aldı. Bunun tepesinde küçük bir platform vardı. Çekirdeği bunun üzerine koyup anahtara dokundu ve yan tarafındaki dijital ekrandan ağırlığını okudu.⁵

"Bu da ne!" dedi birden. Sakin ve rahat ifadesi aniden kaybolmuştu. "Bu ağırlık, onu meydana getiren proton ve nötronların toplamından daha az. Eksik ağırlık ölçüyoruz. Bu asla olmaz!"

⁵ Çekirdek boyutlarının ve kütlelerinin ölçümleri gerçekte bundan biraz daha dolaylıdır. Boyut çoğunlukla saçılma deneylerinden (metinde geçen alfa saçılması gibi) elde edilir. Kütle ise çok sayıda atomu tartıp (yani, bildiğimiz maddeleri) elektronların çok küçük kütlelerini hesaba katarak ya da kütle spektrometresi adındaki bir cihaz kullanılarak belirlenir. Bunun nasıl yapıldığını merak ediyorsanız, üniversite fizik kitaplarındaki çekirdek fiziği bölümlerine bakmanızı öneririm.

"Araya girmeme izin verirsiniz," diye böldü Aslan. "Bu *her zaman* böyle olur. Bir çekirdeğin kütlesi her zaman onu meydana getiren proton ve nötronların kütleleri toplamından daha az olacaktır. Toplamın daha az - daha fazla değil - olmasının nedeni çekirdeği bir arada tutan bağlanma enerjisidir. Bir çekirdek gibi bağlı bir sistem negatif bir bağlanma enerjisine sahip olacaktır. Bu durum bileşenler ayrılmadan önce enerji *verilmesinin* zorunlu olduğu anlamına gelir ve bu enerji olmadan tutsak halde-dirler. Yani *Bağlı* durumdadırlar. Bunların hepsi ayrıntılı bir şekilde kitabımda anlatılıyor." Aslan etraflarını saran sisin bir yerinden *Parçacıklar Bağlanır*, Yazan Isa C. Lion başlıklı bir kitap çıkardı. Kitabı açmak için durdu. "Ama mutlaka bu konuda bir şeyler biliyor olmalısınız," dedi. Ve "Kütle ve enerjiyi daha sonra açıklayacağız," diye ekledi.

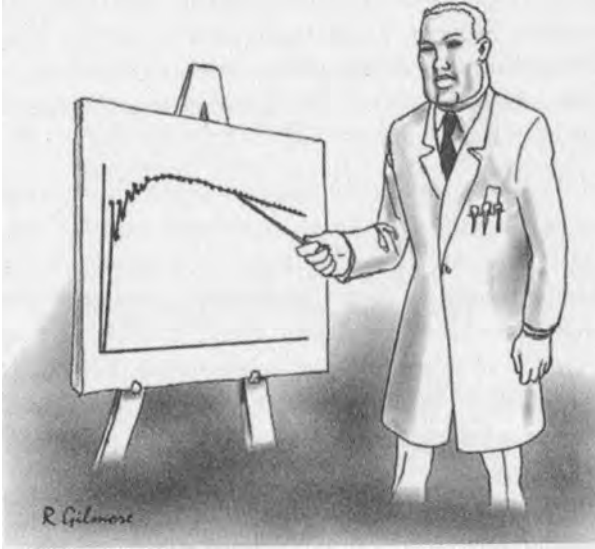
"Ah, Tabii ki biliyorum," diye yanıtladı sakin tavrını yeniden kazanmış olan Müfettiş. "Bunların hepsi ürün tablolarında ayrıntılı olarak bulunuyor." Paha biçilmez bez çantasından uzun, yuvarlanmış bir grafik ile bunu göstermek için taşınabilir bir sehpa çıkardı. Bunu kurdu ve açılmış grafiği üzerine yerleştirdi. Grafik sol tarafta sıfırdan başlayıp ortada geniş, hafif bir tepe noktasına tırmanan ve sol tarafa doğru yavaş yavaş düşüşe geçen uzun bir eğri gösteriyordu. Eğri boyunca çeşitli türlerde küçük çekirdek çizimleri vardı. En azından Dorothy bunların çizim olduğunu düşünüyordu.

"Bu grafik çeşitli çekirdekler için çekirdek başına düşen bağlanma enerjisini gösteriyor," dedi, bu her şeyi açıklıyor gibiydi.

"Pardon," diye araya girdi kız, bunun her şeyi açıklamadığını düşünüyordu. "Bunu biraz daha açıklayabilir misiniz?"

"Tabii ki, bayan. Bunların ticaret yapmayan insanlara pek açık gelmediğini biliyorum. Buradaki bu küçük grafik farklı boyutlardaki çekirdekler için bağlanma enerjilerini gösteriyor. Çekirdekler soldan sağa doğru elektrik yüklerine göre sıralanmışlardır, yani bir atomdaki her bir çekirdeğin tutabileceği elektron sayısına göre. En hafif çekirdek olan Hidrojen solda ve en ağır

çekirdek olan Uranyum sağ tarafta yer alıyor. Bu grafik her nükleon için bağlanma enerjilerini gösteriyor. Nükleon proton ve nötronlar için kullanılan ortak bir terimdir," diye ekledi. "Dediğim gibi, belirli bir çekirdekten sökmek için bir nükleona ne kadar enerji vermeniz gerektiğini gösteriyor. Bu, nükleonun çekirdeğe *bağlandığı* enerjidir. Hidrojen için nükleer bağlanma enerjisi olmadığım görüyorsunuz. Hidrojen yalnızca bir protondan ibaret olduğu için, bağlanacağı bir şey yoktur."



"Diğer uçta ise," diye devam etti Müfettiş, "tıpkı orta büyüklükteki çekirdeklerde olduğu gibi, ağır çekirdeklerdeki nötronlar ve protonlar da o kadar sıkı bağlı değildirler. Bunun başlıca nedeni daha önce bahsettiğiniz elektriksel kuvvetlerdir. Bir çekirdek çok sayıda proton içeriyor ve hepsi *birbirlerini* itiyorlarsa, bağlanma enerjisi düşer. Aslında, en ağırlardan bazıları düşündüğümüz kadar katı ve iyi yapılı değildirler. Birazcık *kararsızdır*lar.

ÇEKİRDEK KARARLILIĞI

Atomik çekirdekler temel olarak hep birlikte *nükleonlar* olarak adlandırılan proton ve nötronlardan meydana gelirler. Kısa menzilli bir "güçlü çekirdek kuvveti" tarafından bir arada tutulurlar. Bu da nükleonları "birbirlerine değdikleri yere" sabitleyen bir yapıştırıcı görevi görür. Protonlar ayrıca elektrik yüküne de sahiptirler ve hepsi aynı tür yüke sahip oldukları için birbirlerini iterler. Bu durum çekirdeği patlamaya iter ve gerçekten de yalnızca proton içeren kararlı bir çekirdek yoktur (yalnızca bir protondan meydana gelen hidrojen dışında).

Nötronların eklenmesi protonların birbirlerinden ayrılmasını önler ve nötronlar protonlarla tamamen aynı olmadıkları için, Pauli Dışlama İlkesi, nötron ve protonların birbirlerinden bağımsız olarak mümkün olan en düşük enerji seviyelerinde bulunmalarına engel olmaz. Sonuçta en kararlı çekirdek yaklaşık olarak aynı sayıda proton ve nötrona sahip olacaktır. Bu oran biraz farklılık gösterebilir ve aynı kimyasal element için birden fazla çeşit çekirdek olabilir. Fakat bunların hepsi aynı sayıda proton içerirler ve aynı miktarda elektrik yüküne sahip olup aynı sayıda elektron tutarlar. Yalnızca nötron sayıları bakımından farklılık gösterirler. Bu tür çekirdekler birbirlerinin *izotopları* olarak adlandırılır.

Gerçekten büyük çekirdeklerde, protonlardan çok daha fazla sayıda nötron vardır. Protonlar arasındaki elektriksel itme uzun menzillidir, bu yüzden bir çekirdekteki *tüm* protonlar birbirlerini iterler. Çekirdek etkileşimi yalnızca yakınlardaki çekirdekleri etkiler, bu nedenle çekirdek ne kadar büyük olursa, proton itişinin etkisi de o kadar büyük olur ve onları ayırmak için daha çok nötron gerekir. Mesela, Uranyum-235, 92 proton ve 143 nötrona sahiptir ve bu şekilde bile çekirdek parçaları kendiliklerinden dağılmaya eğilimlidirler (a bozunması denilen bir süreç). Uranyum çok yavaş bozunur, bu yüzden doğada hala biraz bulunur. Daha kararsız olan çekirdekler ise uzun zaman önce tamamen bozumuşlardır.

Müfettiş konuşurken, Dorothy grafiğin sağ tarafındaki çekirdeklerden birinin birdenbire sol taraftaki birkaç yere doğru hareket ettiğini ve grafikteki eğriyi biraz yükselttiğini gördü. Bir grafiğin böyle davranmasını garip bularak bu konuda bir şey söyledi.

"Ah, tabii ki," ekonomik nedenlerden ötürü çizimler değil de gerçek çekirdekler kullanıyoruz. Bu da kararsız türlerin ara sıra bozunması anlamına geliyor. Bir tanesini tam olurken yakaladın. Bir alfa parçacığı yayımladı. Bu küçük bir paket olarak bir araya gelmiş olan bir çift proton ile bir çift nötron," diye ekledi.

"Bir çekirdeğin içinde proton ve nötronlar varsa, Neden proton ve nötronları birer birer yayımlamıyor? Neden onları küçük paketler haline getirmekle uğraşıyor?" diye sordu Dorothy, bu kendisine çok daha mantıklı geliyordu.

"Bu da enerji yüzünden," diye yanıtladı Müfettiş, "Bir şeyin fiziksel dünyada meydana gelip gelemeyeceği büyük ölçüde doğanın enerjiyi kinetik enerji olarak salma girişimi tarafından belirlenir, böylelikle olaylar çok daha sık meydana gelebilirler.⁶ Alfa parçacıklarındaki proton ve nötronlar hafif bir çekirdek için göreceli olarak fazla bir bağlanma enerjisi bağlıdırlar. Bağlı oldukları için, serbest ve kendi başlarına oldukları zamankinden daha az enerjiye sahiptirler, bu yüzden bu durum hareketleri için daha fazla enerji yayımlar. Özellikle, tek bir nükleon yayımlamak için yeterli enerji bulunmuyorsa, bu durum parçacıkları enerji borcu olan bir grup halinde yayımlamanın mümkün olacağı anlamına gelir. Bu durumda, tüm enerji borçlarını tamamen kapatmak amacıyla her bir parçacığı çekirdeğe geri döndürmek için gerekenden daha az enerji kullanılır. Evinizin tüm ipotegini ödeyemeyip de bir kısmını karşılamak için daha küçük bir borçlanmaya gitmek gibidir.

"Sanırım anladım," dedi Dorothy. İpotek hakkında düşünmek için fazla genç olmakla birlikte, gerçekten anladığını hisse-

⁶ Doğa'nın etkinliğe düşkünlüğü ve enerjinin diğer türlerini kinetik enerjiye çevirme eğilimi, termodinamik alamın konusudur. Scrooge's Cryptic Carol adlı kitabımın ilk kısmında ayrıntılı bir biçimde tartışılmaktadır.

diyordu. "Bu yüzden çekirdek proton ya da nötronları teker teker fırlatmıyor. Onları yalnızca alfa parçacık grupları olarak yayımlıyor."

"Çeşitli bakımlardan, bu tam olarak doğru değil," diye yanıtladı Müfettiş ukala bir tavırla. Bir standartlar müdürü olarak görevi onu daha kesin konuşmaya itiyordu. "*Çok fazla* artık enerjisi olan çekirdekler proton ve nötronlar yayımlayacaklardır, ama harcayacak çok enerjisi olmayan çekirdekler ise kolaylıkla ve hızlıca bozunacaklardır. Uzun süredir var olan bir çekirdek, yani etrafınıza görebileceğiniz çekirdekler, yalnızca yavaşça ve zorlukla bozunur. Böyle bir çekirdeğin çok az artık enerjisi vardır ve yalnızca hala enerjilerinin bir kısmı ipotekli olan a parçacıkları yayımlayabilir."

"Ayrıca," diye devam etti Müfettiş sakince, "Yalnızca a parçacıkları çıkabileceğini söylerken de yanıyorsunuz. Kararsız radyoaktif maddeler a dışında P ve y radyasyonları da yayımlayabilirler.⁷ İkincisi hiç de ilginç değildir çünkü y gayet yüksek enerjili bir fotondur. Bu parçacık bir çekirdeğin uyarılmış durumları bozunduğunda yayımlanır, tıpkı bir atomdaki elektronlar bir durumdan diğerine geçtiklerinde düşük enerjili bir foton yayımlanması gibi. Daha önceden meydana gelen bir bozunma süreci, örneğin bir a parçacığı yayımlanması, çekirdeği dengelessiz bir durumda bırakabilir. Bu çekirdek fotonlar yayımlayarak, tıpkı uyarılmış bir atomun yapacağı gibi enerjisini azaltabilir. Çekirdeğin çok daha küçük boyutları nedeniyle, buradaki enerjiler bir atomun elektron durumlarından çok daha büyüktürler. Fakat ben çekirdeğin çok daha küçük olduğunu söylemeyi tercih ediyorum çünkü buradaki enerjiler daha büyüktürler."

"P parçacıkları bildiğimiz elektronlardır," diye ekledi.

⁷ Çekirdek fiziğinin öncüleri radyoaktif malzemelerin üç farklı türdeki "ışın" yaydıklarını keşfetmişler ve bunları gayet mantıklı biçimde a, P ve y olarak adlandırmışlardır (alfa, beta ve gama). Aslında bunlar şaşırtıcı biçimde farklıdır ve üç farklı etkileşim tarafından ortaya çıkartılmaktadırlar: Sırasıyla güçlü, zayıf ve elektromanyetik etkiler.

"Çekirdeği çevreleyen bulutun etrafında olmasının yanında, çekirdeğin içinde de mi elektronlar var?" diye sordu Dorothy.

"Hayır, tabii ki yok. Elektronlar bu kadar küçük bir ölçeğe sıkıştırılamayacak kadar hafiftirler. Bahsettiğimiz elektronlar bu ilişkide *leptonlar* olarak adlandırılırlar. Bu da, başka şeylerin yanında, proton ve nötronları küçük bir hacme sıkıştıran güçlü kuvvetlerden etkilenmedikleri anlamına geliyor. Hissettikleri en güçlü kuvvet elektro-manyetizmdir ve elektriksel kuvvetler kadar küçük atom boyutunun elektronları sıkıştırabileceğini biliyorsun. Atomların bu boyutta olmalarının nedeni işte budur. Bir çekirdek *çok çok* küçüktür." Konuyu toparlamış bir havada konuşmasını sonlandırdı.

"Pekâlâ, çekirdeğin içinde elektron yoksa bu (3 şeyleri nasıl çıkarıyorlar?" Yerinde bir soru sordum diye düşündü Dorothy.

"Bekle ve gör," verilebilecek yegâne cevaptı. "Kuarkların Büyücüsü'nü ve Zayıf Cadı'yı görene kadar bekle. O zaman her şey, ya da en azından bazı şeyler, açıklığa kavuşacak." Sonra da ağzını sıkıca kapadı ve bu konu hakkında daha fazla bir şey söylemedi, bu yüzden Dorothy konuyu değiştirmek zorunda hissetti.

"Peki, o halde," dedi, "çekirdek bozunduğunda böyle bir parçacık ortaya çıktıysa, ben neden görmedim?"

"Çünkü çok küçükler ve inanılmaz derecede hızlıdır. Her tarafında geziniyor olabilirler ve nerede olduklarını bilemezsin. Ne zaman yakınlarda olduklarını bilmek istiyorsan, Dedektör'ün yardımına başvurmalısın."

"Dedektör de kim? diye sordu Dorothy, son zamanlarda sıkça olduğu gibi kendisine onun kim olduğunu bilip bilmediğinin sorulmak üzere olduğu hissine kapıldı.

Çantasından küçük, siyah bir alet alıp üzerindeki birkaç düğmeye basan Müfettiş, "Bu soruyu yanıtlamanın en iyi yolu seni onunla tanıştırmak," diye cevap verdi. Epey uzun bir sessizlik oldu. Daha sonra, kendilerini çevreleyen büyümüş atomun sı-

rnrları dışında, bahçenin patikalarının birinden gelen bir şekil gördüler. Onlara doğru yürüyordu ve karşılarında durduğu zaman büyük atom boşluğunun biraz dışında kalıyordu. Kaim bıyığı ve neredeyse gür kaşlarına kadar inen kirli kumaş şapkası ile pasaklı bir görüntüsü vardı. Tamamen yabancı görünen bir yığın malzemeye dolu küçük bir el arabası sürüyordu. Dorothy hiçbir şey göremediğinden adamın amacının ne olduğunu tahmin edemedi.

Müfettiş "Günaydın," diyerek onu selamladı. "Size Dorothy ile arkadaşlarını tanıştırabilir miyim? Yüksek enerjili parçacıkların nasıl tespit edildiğini merak ediyorlar." Arkasından "Bu Detektör," diye ekledi gruptakilere dönerek, ama buna hiç gerek yoktu. "Mesleği, küçük parçacıkların nerede olduğunu ya da daha çok, daha önce neredeydiler, bunu tespit etmektir. Bu parçacıklar o kadar hızlı hareket ederler ki görebileceğin tek şey aralarında bıraktıkları izlerdir. Bir avcı gibi, Detektör de göründükleri anda onları yakalamak için yollarına tuzaklar kurar. Üzerinden geçtiklerinde, uzun menzilli elektrik etkileşimleri detektörlerde artık bozulmalar bırakır ve Detektör de daha sonra bunları bulabilir. Bu süre sizin standartlarınıza göre uzun sayılmaz, ama parçacıkların zaman ölçeğinde, parçacıklar gideli çok olmuştur."

Detektör Dorothy'ye saygılarını sunmak için gönülsüzlükle şapkasına doğru bir hareket yaptı ve onları "İyi günler," diyerek selamladı. "Demek parçacıkların nasıl tespit edildiklerini merak ediyorsunuz. Bu ustalık gerektiren bir şeydir, gerçekten. Bunlar kaygan, sinsî, küçük haşerelerdir. O kadar küçük ve hızlıdır ki, elektrik yüklü olanlar hariç, onları bir an bile göremezsiniz. Hareket ederlerken, onları açığa vuran yükleridir. Ken-



di elektrik alanları vardır, anlıyor musun? Bu alan her tarafa uzanır, fakat usulca geçip gitmeye çalışırlar. Elektriğin kocaman kolları benim gibiler tarafından fark edilebilecek kadar yayılır. Parçacıklar geçtikleri yol üzerinde bulunan atomların içindeki elektronları rahatsız ederler. Geçip gittiklerinde arkalarında, atomların içindeki uyarılmış elektronlar tarafından yayımlayan çok fazla ışık ile pek çok elektrik yükü bırakırlar. Bu yükler pozitif iyonlar ve atomlardan tamamen ayrılmış olan uyarılmış elektronlardır. Etrafta pek çok döküntü vardır ve ben bunları aletlerim ile toplarım. Aslında," diye itiraf etti, "çok fazla ışık ve elektrik yükü¹ biraz abartılı bir ifade oldu, ama yine de küçük mahlûkların buradan geçtiklerini fark etmeme yetecek kadar çok diyebiliriz."

"Elektrik yükleri yoksa parçacıklar gelip geçerler ve bunu asla bilemezsin. Bir parçacığı açığa vuran her zaman elektrik alanıdır," diye ekledi, bir memnuniyet ifadesiyle. "Usta bir Detektör olarak, bu küçük parçacıklar ile aygıtlarım arasında elektromanyetik etkileşim sayesinde işimi yaparım. EM ve ben bundan hoşlanıyoruz," diye ekledi, eliyle imkânsız gibi görünen bir hareket yaparak. Dorothy bunun yakın bir iş ilişkisini göstermek için olduğunu düşündü.

Dönüp küçük el arabasını didik didik ederken, "İşte! Şuna bir bakın," diyerek devam etti. Bir süre sonra, puslu bir cam levha gibi görünen bir şeyi açıp gösterdi. "İşte bir sintilatör. Parçacıklar yanınızda geçip gitmeye çalışırken onları görmek için kullanabilirsiniz." Bahçe patikasından yürüyerek bir uranyum tarchına gitti ve bir eliyle üzerine örtetek sintilatör⁸ levhasını üzerine doğru tuttu. Bu levhanın derinliklerinde, zaman zaman uranyum çekirdeğinden bozunan alfa parçacıkları cihazın içinden geçtikçe meydana gelen ışık parlamalarını görebiliyorlardı.

"İşte, gördünüz mü? Küçük mahlûkları yakalıyor. Bu alfaları geçerlerken tespit ettik, bu yüzden orada olduklarını biliyoruz. Uygun bir durumda, yalnızca parçacıkların nerede bulundukları-

⁸ Sintilatör: Yüksek enerjili parçacıkları tespit etmek için kullanılan bir tür sayaç. Parçacıklar bu sayaçta bir ışık parlaması meydana getirirler. Ç.N.

m göstermekten daha fazlasını yapabilirsiniz, hem de çok daha fazlasını. Cern Krallığı'nda yaptığım çalışmayı görmelisiniz."

"Cem Krallığı da ne ve nerede?" diye sordu Dorothy.

"Anlayabileceğiniz gibi, bir tür krallık. Buradan pek uzak değil," diye yanıtladı Detektör, belli ki orayı iyi biliyordu. "Çok küçüktür ve büyük kısmı yeraltındadır ama her ülkeden pek çok insan orayı ziyaret eder. Parçacıklar üzerinde çalışmak için gelirler. Tüm insanlığın büyük bir ortak çabasıdır. Oraya gitmenizi öneririm. Şu tarafta," diye bitirdi sözlerini. "Yapı Taşı Yolu'ndan biraz ilerlerseniz görürsünüz. Yol doğruca oraya gidiyor, bu yüzden kaçırmamza imkân yok," diye ekledi. Gereksiz bir telaş halinde onları oraya göndermeye çalışıyordu. Mesajı almışlardı ve Müfettiş ile Bahçıvanı da onunla bırakıp tekrar yola koyuldu-
lar.

Yolda hiçbir şey olmadan kısa bir süre gittiler ve ilerlerken etraftaki manzara yavaş yavaş taşlı ve sonra da sarp ve engebeli hale geldi. Yol, bir kaya etrafından dolanıyor ve gözden kayboluyordu. Küçük bir tepenin yamacına yaklaşırlarken, yollarının hemen yakınından geçen düz bir otoyol gördüler. Bu yeni yoldan bir arabanın geldiğini görebiliyorlardı. Alçak ve yumuşak hatları ve krom kaplı egzoz boruları olan spor bir arabaydı. Her ne kadar şu anda çok yavaş seyrediyor olsa bile, hız için yapılmış olduğu belli gibiydi.

"Neden bu arabayı durdurup bizi alıp alamayacağımı sormuyoruz?" diye sordu yukarı tırmanmaktan yorgun düşmeye başlayan Dorothy. Sorusunu bitirir bitirmez, Aslan yolun ortasına atladı ve seyreden arabanın yolu üzerinde şaha kalktı. Araba yavaşlayıp yana saptı ve Aslan'ın yanından geçerek yoluna devam etmek üzereymiş gibi göründü, ama tam o sırada Teneke Kafa arabanın arkasını yakaladı ve havaya kaldırdı. Sürücü ayağını gaz pedalında tutarken motor çalışmaya devam ediyordu, ama hiçbir faydası yoktu. Teneke Kafa'nın çubuk gibi görünen kolları çok zayıf olsa da, metalik kuvveti bu ağırlığı zorlanmadan kaldırabiliyordu.

Dorothy, sürücüyü "Ah, Özür dilerim," dedi hemen. "Ben yal-

nızca durmanız için kolumu kaldırmayı planlamıştım." Sürücü homurdandı ve cevap vermedi. Dorothy daha yakından bakınca, bunun hiç de şaşırtıcı olmadığını fark etti. Sürücünün pes-pembe yumuşak, üçgen kulakları, küçük bir burnu ve tüyleri vardı.

"Ondan durmasım *istemenin* bir faydası olmazdı. Bu bir yol domuzu ve bu yüzden yolu kullanan başkalarıyla pek ilgilenmez," dedi Korkuluk arabaya yaklaşırken.

"Pekâlâ, madem durdunuz, bizi de götürme nezaketini gösterir misiniz? Bacaklarım çok yoruldu." Domuz bir kez daha homurdandı. Dorothy bunu evet olarak kabul etti ve arabaya binmeye başladılar. Korkuluk ve Teneke Kafa arabaya tırmandılar. Samanla dolu olan Korkuluk arkadaki minik koltuklardan birine oturmakta güçlük çekmedi. Teneke Kafa ise bu kadar esnek değildi ve cılız metal bacakları dizleri omuzlarına gelecek kadar katlandı. Parlak metal bir örümcek gibi çömeliyordu. Dorothy sürücünün yanındaki ön koltuğa oturdu. Ama Aslan'a baktıklarında, sığamayacak kadar büyük olduğu gördüler.

Bunu fark ettiğinde "Ah, Tanrım," dedi Dorothy. "Nereye gidiyoruz böyle? Sizi bırakamayız"

"Endişelenme," diye kükredi Aslan. Hiç endişeli görünmüyordu. "Bensiz devam edin. Sizinle kısa bir süre sonra, Cem Krallığı'nda buluşacağım." Kahramanca arkasını döner dönmez Yol Domuzu gaza yüklendi ve araba ileri atıldı. Dorothy, gözden uzaklaştıkça çok üzgün ve küçük görünen Aslan'ın devasa cüssesine bakıyordu.



Sürücüleri ayağını, ya da toynağını, pedala sıkıca basmaya devam ediyordu ve araba ilk başta birden ileri atılmıştı. Ama yine de, beklendiği kadar hızlanmıyordu. Dahası, Dorothy etraf-

tâki manzaranın ilginç bir biçimde bozulduğunu fark etmişti.⁹ Dorothy bunu her zaman her şeyi gözlemleyen Korkuluğa söylediğinde, geçmekte oldukları bir yol işaretini gösterdi, $c = 40$ yazıyordu. "Bu da ne demek?" diye sordu kahramanımız.

"Yollardaki aşırı hızı engellemek için yerel yöneticiler tarafından geliştirilen bir plandan bahsediyor. Işığın hızım yerel olarak saatte 40 mil olacak şekilde sabitlemişler, bu yüzden arabalar bundan hızlı gidemezler."

"Yerel yöneticiler böyle bir şey yapabilir mi?"

"Normalde hayır, yapamazlar. Burada özel güçleri olan bir yasama prosedürleri var, ama böyle olsa bile, istedikleri etkiyi yapmadı."

Konuşurlarken bir yaya geçidine yaklaşıyorlardı ve bir yaya da tam karşıdan karşıya geçmek üzereydi. Açıkçası camna kast etmek istemiş gibi bir uyuşuklukla, karşıya geçmeye başladı. Yol Domuzu tüm gücüyle frene bastı, ama bunun arabamn hızı üzerinde bir etkisi olmadı. Hala saatte 40 milin altında bir hızla seyrediyorlardı ve fren hızlarını pek etkilemiş gibi görünmüyordu. Karşıdan karşıya geçmeye çalışan anaç bir bayamn ürkek bakışları altında yaya geçidini geçtiler.

"Ne oldu? Fren çalışmıyor mu?"

"Hayır, öyle değil," diye cevap verdi Teneke Kafa. "Sadece ışık hızına yakın bir hızda seyretmenin bir sonucu. İnsanların ışık *hızından* bahsettiğini fark etmişsindir. Işığın hızı ona doğru gitsen de ondan uzaklaşan da aynıdır. Bu garip gelebilir. Aslında, gariptir de. Bunun meydana gelmesi için zaman ve uzayın özel bir biçimde birbirine geçmesi gerekir. Böyle bir hızda geçip giden bir şey yavaş hareket ediyormuş gibi görünür. Bunu karşıdan karşıya geçen kadında gördünüz."

⁹ Manzaranın nasıl değiştiğini söylemedim. Ara sıra meydana gelenler kadar basit bir durum değil. Bu kitaptakine benzer bir tarzda daha ayrıntılı bir anlam yine Copemicus'tan çıkmış olan Scroopge's Cryptic Carol adlı kitabımın ikinci bölümünde yer almaktadır.

"Bu hızlarda bakıldığında, zaman ve mekân yamulmuş görünür. Hareket, uzay ve zamanla ilgilidir, bu yüzden tüm hareket kanunları beklediğinden farklı biçimde meydana gelirler. Enerji ve momentum da farklı bir biçimdedir. Arabamn hızı ışık hızını aşamaz. Aslında, bu hızı ulaşmak bile çok büyük zorluklarla olur. Bununla birlikte, momentum sınırsızca artabilir. Fren kuvvetinin uygulanması beklediği gibi momentumu azaltabilir, ama ne yazık ki, bu hızda çok az bir değişim meydana getirir. Sonuç olarak, yerel yöneticiler bu fikrin bir hata olduğunu kabul etmek zorunda kaldılar. Şimdi bir yaya alt geçidi inşa etmeyi düşünüyorlar."

Teneke Kafa konuşmasını bitirdiğine dair hiçbir işaret göstermedi. "İstersen momentumu hala kütle ile hızın çarpımı olarak tanımlayabilirsin. Hiçbir cisim ışık hızından yüksek bir hızla sahip olamaz.^{10 11} Ama ışık hızına yaklaştıkça kütlesi sınırsızca artar gibi görünür. Benzer bir davranışı enerji de görebilirsin. O da sınırsızca artar. Momentum hem hız, hem de daha büyük etkin kütle nedeniyle artar. Enerji için ise, artış tamamen kütledeki büyümenin bir sonucudur.

"Enerji, kütle ile ışık hızının karesinin çarpımına eşittir.¹¹ Enerji ve kütle aslında aynı şeydir. Kinetik enerjinin eski biçiminin, yalnızca düşük hızlarda bile olabilen küçük kütle artışları nedeniyle olduğu bulundu. Bir cisim hareket etmiyor olsa bile, muazzam bir enerjiye sahiptir. Bu durgun kütle enerjisi olarak adlandırılır. Sen yalnızca enerjideki değişimi görürsün."

¹⁰ Burada olası bir karışıklık vardır, c hızı aslında "sınır hız" ya da en azından "ışığın bir vakum içindeki hızı" olarak adlandırılır. Hızın ışıkla hiçbir ilgisi yoktur ve bu yüzden ışık bazı durumlarda daha düşük hızlarda gidebilir. Işık pencerenizden c hızından yaklaşık %40 oranında daha yavaş geçer.

¹¹ Enerji, halk efsanelerine girmiş olan yegâne fizik denklemi $E=mc^2$ şeklindeki ile gösterilir. Işık hızı, c, bir sabittir, bu yüzden enerji ve kütle aslında farklı birimlerle ifade edilse de aynı şeydir. Bir uzaklığı mil ya da kilometre cinsinden verebilir ve bir ölçümü doğru dönüşüm çarpanı ile çarparak başka birine çevirebilirsiniz. c^2 şeklindeki sabit çarpan işte tam da böyle bir dönüşüm çarpanıdır.

ENERJİ VE KÜTLE

Özel Görecelik Kuramı uzay ve zaman hakkında pek çok ilginç ifade içerir. Ayrıca hız, momentum ve enerji arasında yeni ilişkiler tanımlar. Bizim amaçlarımız için önemli olan sonuç, kütle ile enerjinin aslında aynı şey olduğudur. Yüksek enerjili parçacıklar çarpıştıklarında, bu enerjinin bir kısmı yeni parçacıkların kütlesi için kullanılabilir.

Teneke Kafa böylesine uzun bir ifadeden sonra durdu. Derin bir nefes aldı, tabii ki bu aslında nefes bir nefes alma değildi.

"Daha hızlı gittikçe kütlelerimizin aslında arttığını mı söylemeye çalışıyorsun," diye sordu Dorothy hayretle.

"Evet, öyle de diyebilirsin. Momentumun kütle çarpı hız olduğunu söylersen bu kesinlikle doğrudur. Durgun halde ölçülen kütleyle durgun kütle denir. Hız ışık hızına yaklaştıkça, momentumdaki artış çoğunlukla kütledeki artıştan kaynaklanır. Enerjideki artış işte kütledeki bu artıştır. Aslında, kütleçekim enerjisi etkiler, bu yüzden en basit ifade kütleçekim tarafından etkilenen kütlenin değiştiğini söylemek olacaktır. Kütle ve enerji aynı şeydir."

"Hayret!" dedi Dorothy. "Kütle ve enerji bu kadar çok değişebiliyorlarsa, ışık hızına yakın hızlara ulaşmak için çok fazla benzin gerekmez mi?"

"Kesinlikle," diye cevap verdi Teneke Kafa. "Aslında, ..." O anda motorun gürültüsü birden kesildi. Hepsi birden benzin göstergesine baktılar ve kesinlikle "boş"u gösteriyordu. Domuz toynağıyla fren pedalına bası, ama daha önceki gibi, fark edilebilir hiçbir değişiklik olmadı.

Ara vermeden yola devam ettiler. Yanan bir lastiğin kokusu belli belirsiz duyuluyordu. Sonunda hızları belirgin biçimde düştü ve kısa süre sonra da yolun kenarında durdular. Burada az çok tanıdık gelen bir şekil vardı ve bu his Emin Aslan'ın hemen fark edilen cüssesinin dağın yüksek bir tepesinde görünmesiyle iyice belirginleşti.

"Buraya nasıl geldiniz?" diye sordu Dorothy şaşkınlıkla.

"Ben hep buradaydım. Burası beni bıraktığınız yer," diye yanıtladı Aslan içtenlikle. "Başladığınız yere döndünüz."

Dorothy "Ah, hayır!" diye haykırdı. "Zamanımızı boşa harcadık. Neyse ki o kadar sürmedi. Buradan yalnızca birkaç dakika için ayrıldık."

"Aslında," diye düzeltti Aslan. "Bir saattir burada değilsiniz. Bu bir zaman genişlemesi etkisi.¹² Ama endişelenmeyin, zaman boşa geçmedi. Yeni kitabımın ilk üç bölümü üzerinde çalıştım.

"Burada olmadığımız esnada daireler çizdiğimiz mi söylüyorsunuz?"

"Evet. Daire şeklinde bir yoldaydınız. Bir daire içinde çemberler çizmek bu civarda çok sık olan bir şeydir."

"Neden? Ne civarından kastediyorsunuz. Neredeyiz biz?"

"Ah, bilmiyor musunuz?" diye sordu Aslan masumca. "Öyleyse beni takip edin."

¹² Yaya geçidindeki yayanın çok yavaş hareket ettiğini gördükleri için, grup yeniden bir araya geldiğinde hareketsiz duran Aslan açısından neden çok daha fazla zamanın geçmiş olduğunu merak ediyor olabilirsiniz. Özel görecelik sabit hızlı düzgün hareketle ilgilenir ve bu tür hareketin tamamen göreceli olduğunu söyler. Hem yaya hem de arabadakiler zamanın karşısındakiler için yavaş geçtiğini görürler. Öyleyse bu fark neden ortaya çıkıyor? Bu "İkizler Paradoksu" Scrooge's Cryptic Carol adlı kitabımda daha kapsamlı olarak ele alınmıştır. Buradaki önemli nokta başladığınız yere dönüyorsanız, Özel Göreceliğin klasik ifadesinin açıkça söylediği gibi, düz bir doğru boyunca sabit hızla hareket etmiş olmayacağınızdır. Harekette simetri yoktur.

Boş benzin deposu yüzünden düşünceli görünen Yol Domuzu'na çeşitli teşekkür ifadeleri sunarak arasında arabadan indiler. Domuz ise cevap olarak sadece homurdanmıştı. Hep birlikte, karanlık kayaların arasında Aslan'ı takip ettiler ve Yapı Taşı Yolu'nun dosdoğru dağın yamacında bulunan bir kapıya doğru devam ettiğini gördüler. En tepede, çok net okunan harflerle oyulmuş CERN KRALLIĞI yazıyordu.

7. Bölüm

CERN



Yol arkadaşları, Cern Krallığı'nın içine doğru devam eden yolda önlerine çıkan devasa kapının önünde durmuş, şaşkınlıkla bakıyorlardı.

"Girişe bu kadar yakın olduğumuzu biliyor muydunuz?" diye sordu Dorothy.

"Ah, tabii ki," diye yanıtladı Aslan, sinir bozucu bir kayıtsızlıkla.

"Ve siz biz burada kalabileceksen arabaya binip bir daire yolda çemberler çizmemize izin verdiniz," diye devam etti kız artan bir üzüntüyle.

"Evet, izin verdim. Ama biliyor musun bu *gerekliydi*." Kendisine bir karşı çıkış hisseden Aslan açıklamaya can atıyordu. "Cern tünellerinde görececeklerini anlamak istiyorsan, kütle ile enerjinin aynı şey olduğunu bilmelisin. Ayrıca," diye ekledi, "bir halka içindeki çemberler çizerek seyahat etmek Cem'de çok modadır. Buna alışsan iyi olur. Haydi, benimle gel, atışmayalım." Aslan gururla yükselen kuyruğu ile sessizce ilerliyordu. Diğerleri ise kapıya kadar Aslan'ı takip ettiler. Aslan yam başmda bulunan kayanın yumuşak bir yerine emreder gibi vuruyordu. Taş yüzey yana kaydı ve bir açıklık ortaya çıktı. Bu açıklığın arkasında düzgünce ütülenmiş üniforması içinde bir gardiyan duruyordu.

Sert bir tonda "Bizi içeri al," diye emretti Aslan.

"Bunu yapmadan önce, her biriniz bir soruya doğru yanıt vermek zorundasınız. Beni suçlamaym. Herkes beni suçluyor ama kurallar böyle. Ben sadece bana söyleneni yapıyorum."

Aslan tartışmaya başlayacak gibi görünüyordu, bu yüzden Korkuluk onu kibarca yana itti ve gardiyana döndü. "Tabii ki ne gerekliyse yaparız," dedi diplomatik bir havada. "Siz sorularınızı sorun."

"Tamam!" dedi kapıcı, önündeki yazılı listeye bakıyordu. "Pekâlâ, işte başlıyoruz" diye devam etti, keskin bakışlarla Korkuluğa bakıyordu. "Söyleyin, Cern'in temel amacı nedir?" Korkuluk bir süre düşündü ve sonra, dikkatinden bir şey kaçmadığı için, isim tabelasının yanında girişe takılı bir levha gördü.

"Misyonumuz: Maddenin temel özelliklerini araştırmaktır." Bunu uygun şekilde tekrarladı. "Doğru" diye mırıldandı gardiyan, kâğıdına işaret koyarak. "Peki, efendim," dedi Teneke Kafa'ya dönerek. Hepsi de açıklığın önünde duruyorlardı. "18769'un karekökünü söyler misiniz lütfen?"

Teneke Kafa hemen "137" diye yanıtladı ve gardiyan listesini işaretledi. Sonra Aslan'a döndü. "Şimdi siz, Efendim, Fermiyonlar bozonlardan ayıran temel özelliği söyleme lütfunda bulunabilir misiniz?" Aslan derin bir nefes aldı ve kalçaları üzerine oturdu. "Sekiz kelimeden fazla olmasın," diye ekledi kapıcı aceleyle.

"Fermiyonlar Pauli Dışlama İlkesi'ne uyarlar" diye heyecanla cevapladı Aslan, soruyu sorana ters ters bakıyordu. "Bozonlar ise uymazlar," diye ekledi, istenen sayıda kelime kullanmış olmak için.

Dorothy'ye dönerken, "Ve, şimdi sen canım" dedi kapıcı babacan bir tavırla. "Sen de Cern'e girmek istiyor musun?"

"Evet, lütfen," diye yanıtladı kız. Buraya kadar gelmişken başka bir cevabı olamazdı. "Benim sorumu da sorar mısınız lütfen."

"Senin sorun buydu," dedi resmi havasına geri dönen görevli, "ve anladığım kadarıyla doğru cevapladın."

"Bu bir soru değildi ki!" dedi kız, çok heyecanlıydı. Dorothy her nedense kandırıldığını düşünüyordu.

"Soruların zor olduğunu kimse söylemedi. Bu, ziyaretçileri teşvik etmek için Cem yöneticilerinin politikasıdır. Bu yüzden insanların cevaplayabilecekleri sorular seçmem gerekiyor." Önündeki panelde bulunan düğmeye basarken sözlerini bitirdi. "Artık hepiniz girebilirsiniz." Zayıf bir sürtünme sesi ile devasa kapı açıldı ve yeraltının derinliklerine doğru giden uzun bir tünel ortaya çıktı.

Birazcık korkarak, dört arkadaş karanlığa doğru yürüdüler. Fakat arkalarındaki gün ışığı solarken, tünelin aslında o kadar da karanlık olmadığını fark ettiler. Duvarlar boyunca aralıklarla yer alan ışıklar ve tepede ise güçlü bir ışık vardı. Bu ışık giriş tünelinin sonuna gelip her tarafta bulunan birçok tünelden insanların gelip geçtiği ve girip çıktığı büyük, çok aydınlık bir mağaraya doğru yürüdüklerinde daha arttı.

"Ne kadar karışık bir yer ve ne kadar çok insan var!" diye haykırdı Dorothy.

"Evet, burası popüler bir yerdir. Buranın pek fazla sakini yoktur, ama buraya çalışmaya gelen çok sayıda ziyaretçi vardır. Biliyor musunuz, burası her ülkeden ve ırktan gelen insanların ortak bir çalışmasıdır. Hatta buna kimi yarı masalsı yaratıkları da ekleyebilirsiniz" diye ekledi Aslan akıma sonradan gelenleri.

"Çok bilinçli çalışıyorlar gibi. Nereye gitmemiz gerektiğini merak ediyorum."

"Büyük ihtimalle, şuradaki küçük gişeye sormalıyız," diye yanıtladı Korkuluk. Üzerinde ZİYARETÇİ DANIŞMA yazan bir etiket bulunan küçük bir standı bakıyordu. En iyi fikrin bu olduğuna karar verdiler ve oraya doğru gittiler.

Gişenin önünde ana kapıdakine benzer bir açıklık vardı ve

açıklığın arkasında diğer resepsiyon memuru gibi düzgünce giyinmiş olan bir şekil duruyordu. Siyah bir takım elbise ile ciddi bir kravat takıyordu. Düzgün biçimde ayrılmış düz saçları ve küçük ama zarif bakımlı bir bıyığı vardı. Dikkatle onlara bakıyordu.

"Pardon," diye hitap etti Dorothy. "Parçacıklar ve daha fazlası hakkında bir şeyler bulmak için nereye gitmeniz gerektiğini söyleyebilir misiniz? Gelmeniz gereken yerin burası olduğunu duyduk."

"Kesinlikle burası," diye heyecanlı bir şekilde yanıtladı adam. "Burada görebileceğiniz pek çok şey var, ama tüneller kolayca tarif edemeyeceğim kadar karışıktır. Korkarım kısa sürede kaybolursunuz. Size eşlik etsem iyi olur. Buradan geri geri çıkmama müsaade eder misiniz?"

Dorothy neden *geri geri* çıkması gerektiğini merak ediyor ve arkasında kapı olduğunu sandığı yere bakıyordu. Kapı orada olmasına oradaydı, ama oradan bir atın arka tarafı fırladığında şaşakaldı. Dorothy izlemeye devam ederken, bu şey açıklıktan dikkatlice geri geri çıktı ve normal bir atm boynunun olması gereken yerde onlarla konuşan insanın gövdesi, at olan kısmın ön bacaklarında ise kat yerleri belli olan bir pantolon vardı. Ön tayanaklarına tozluk geçirildiğini görmek Dorothy'nin çok hoşuna gitmişti.

"Neden hepiniz bu kadar şaşırıdınız?" diye sordu. "Daha önce bir Ziyaretçi Danışma *At-Adamı'ndan*¹ bilgi almadınız mı? Haydi gelin. Görecek çok şeyiniz var."

Kararlı biçimde tırıs vaziyette ilerlemeye başladı ve onlar da itaatkâr biçimde onu takip ettiler. Akılda kalması imkânsız bir biçimde koridordan koridora, dünyanın daha da derin yerlerine doğru, ilerliyorlardı. Dorothy bir tür madene inip inmediklerini

¹ Centaur (At-Adam) kelimesinin İngilizcedeki okunuşu Çenter (Merkez) kelimesinin okunuşuna benzerdir. Ziyaretçi Danışma At-Adamı ile Ziyaretçi Danışma Merkezi'ne ve Yunan mitolojisindeki yan at yan insan bir varlığa gönderme yapılıyor. Ç.N.

sordu. "Bir bakıma öyle," diye yanıtladı At-Adam, " ama bilgi madenine. Biz alhn ya da mücevher için değil, daha kıymetli bir şey için - bilgi için - tüneller açıyoruz. Bizler burada fiziksel dünyanın çalışmasıyla ilgili her şeyin peşindeyiz."



O konuşurken, birbirlerinden komik derece farklı görünen yedi cüce yan taraftaki bir tünelden çıkıp geldiler. Tünelin diğer ucu diğer tarafta kayboluyordu. Seyirciler cüceler geçerken duygulu bir şarkının sözlerini duymuşlardı:

Hey, ho, hey, ho, biz gideriz kuark peşinde.

At-Adam bu olayı görmezden gelip baştaki açıklamalarına devam etti.

"İşe parçacıkları ihtiyacımız olan yüksek enerjilere çıkartmak için kullandığımız dairesel hızlandırıcılar olan halkaları taramakla başlasaraz iyi olur. Bunlar bulunduğumuz dağın içinden

geçen büyük mıknatıs halkalarıdır.

"Neden yüksek enerjili parçacıklara ihtiyaç duyuyorsunuz?" diye sordu Dorothy. Önemli bir noktayı kaçırmış olmaktan korkuyordu.

"Temel amaçlarımızdan birisi var olan, var olabilecek olan, kuramsal olarak var olan ve büyük olasılıkla evrenin başka bir yerinde önemli olan yeni parçacıkları araştırmaktır. Bu parçalar şu anda *burada* değildirler. Buralarda çok nadir bulundukları (aslında bilinmedikleri) için, onları bizim yapmamız gerekiyor. Parçacıkların genellikle kütleleri vardır, bu yüzden biz de onları kütleli yapmak zorundayız. Kütle enerji ve enerji de kütledir. Bu nedenle, eğer parçacıklara harcayabilecekleri enerjiler verirsek, onlardan bazıları yeni parçacıkların kütlelerini oluşturmak için kullanılabilir."

"Buraya gelmeden önce kütle ile enerjinin aynı şey olduğunu duymuş olman gerekir demiştim," dedi Aslan, her zamanki duyulabilir fısıltısıyla.

"Hızlandırıcıları gördüğümüz zaman" dedi kılavuzları, önceden hazırlanmış konuşmasına geri dönerek, "bazı parçacık detektörlerine bakıp elde ettikleri sonuçları gözlemleyebiliriz. Ama önce ana kontrol odasını ziyaret edelim." Onları heybetli bir odaya götürdü ve nerede duracaklarını gösterdi.

"Burası tüm hızlandırıcı sisteminin ya da bizim dediğimiz şekilde halkanın ana kontrol odasıdır. Makinelerin çalışması buradan denetlenir." Odanın içinde çeşitli duvarlara monte edilmiş kontrol panelleri gördüler. Kâğıtlar ve defterler bu duvarlara karman çorman ama bilinçli bir şekilde asılmıştı. En yakınlarındaki panelin önündeki klavyede omuzlarından düşen koca bir tişört giymiş iri yarı birisi vardı. Tişörtün sırtında *Tüm Arkadaşlarım Cirit'e gittiler bana da bu aptal tişört kaldı* yazıyordu. Önündeki bir bilgisayar ekranına dikkatlice bakıyor ve ara sıra klavyesinde ayarlamalar yapıyordu.

"Bu kişi makinelerin çalışmasını düzenli olarak izleyen so-

rumlu mühendis. Gördüğünüz gibi, özel Minotaur² Ekranında her parçayı izleyebiliyor. Makinelerin amacı parçacık ışınlarını yüksek enerjilere ulaştırmaktır. Bu da onları büyük miktarda halkaları içinde yol alırlarken onları sürekli hızlandırarak yapar. İşte Işın Bekçisi, sana bunun nasıl yapıldığını anlatacak."

O anda tıknaz birisi kontrol odasına girdi. Parlak siyah saçları ile kalın siyah bir bıyığı vardı. Bir safari gömleği ile kadife bir pantolon giyiyordu. Bu pantolonu kalın deri bir kemer tutuyordu ve bu kemere uzun, yuvarlanmış bir kamçı takılıydı. Kamçı, EM'nin elektrikli aletinin canlı elektrik boşalmaları gibi tıslıyor ve çatırdıyordu.

"Demek, parçacıkları nasıl eğittiğimizi ve onlara istediğimiz şeyleri nasıl yaptırdığımızı merak ediyorsun?" dedi sert bir biçimde. "Pekâlâ, doğru kişiye geldin. Ben bir parçacık *terbiyecisiyim*, tıpkı senin dünyandaki aslan terbiyecileri gibi.

Bekçi ve Aslan birbirlerine kısa bir süre baktılar, ama ikisi de bunun uzatmamaya karar verdiler.

"Birazdan parçacıklara kimin patron olduğunu göstereceğim," diye devam etti Bekçi ve kamçısını kemerinden çıkardı. "Elektrik yükü olanlar benim elektromanyetik kırbacıma itaat etmek zorundalar. Göstereyim. Köşede gizlenmiş birkaç proton görüyorum. Onlar en kolay terbiye edilenler olduklarını güzel bir şekilde gösterecekler."

Parçacık gruplarına yaklaştı ve kırbacını onlara doğru şaklattı. Elektrik alan pozitif proton yükü üzerinde etkisini gösterdi ve parçacıkları bir yöne doğru hızlandırdı. Şimdi taktiğini değiştirdi ve kırbacım yuvarlayıp sonra da kaçan protonların üstüne doğru savurdu. Anlaşmış gibi, hepsi de aynı yöne doğru saptılar.

2

Buradaki Minotaur, Yunan mitolojisinde bahsi geçen Girit sarayının alfundaki labirentimsi, karanlık dehlizlerde yaşayan yarı boğa yarı insan yaratıktır. Suçlular bu labirente bırakılır ve Minotaur adlı bu yaratığın onları ölümle cezalandırmasına izin verilirdi.

"İşte gördün mü, parçacıkların kontrol edilmesi için elektriksel kuvvetleri iki türlü kullanırsın," diye konuştu çalışmasına devam ederken. "Doğrudan elektrik alan, onları komutumla hareket etmeye zorlar. Dönen bir elektrik akımı tarafımdan üretilen manyetik alan ise hareketlerinin yönünü kontrol eder. Onları çemberler üzerinden atlatabilirim ya da en azından komutumla halkaların etrafında dönmelerini sağlayabilirim." Bunu göstermek için, kırbacının küçük darbeleriyle onları daha da hızlandırıp yönlendirerek bir çember halinde dönmelerini sağladı.

ELEKTROMANYETİZM

Bu isim aslında aynı şey olan *elektrik* ve *manyetizma* kelimelerinin bir birleşimidir.

Elektrik kuvvetler elektrik yükleri arasında iş görürler ve bunların farklı *işaretleri* olan iki türü vardır: pozitif ve negatif. Aynı işaretli yükler birbirlerini iterlerken, farklı işaretli yükler birbirlerini çekerler. Elektrik yüklerinin etrafında bir *elektrik alan* vardır ve bu alan onları birbirlerine bağlayan doğru üzerinde hızlanmalarını sağlar.

Yükler hareket ediyorsa, bir elektrik akımı meydana getirirler. İster bir bobinde ister demir atomlarının içinde olsun, bir elektrik akımı bir manyetik alan oluşturur. Bir *manyetik alan* hareketli bir parçacık üzerinde hareket yönüne dik olan bir kuvvet uygulayacaktır. Bu yüzden, parçacığın rotası bir çember şeklinde bükülecektir.

"Bu çizimde hızlandırıcının tüm davranışlarını kendi gözleriyle görebilirsiniz." Duvara takılı duran büyük bir ekranı işaret etti. Teget çizgilerle bağlanmış olan artan boyutlarda üç halka vardı. Küçük bir ışık demeti tahtanın yüzeyinde gezindi. En küçük halkaya girdi ve döne döne ilerledi.

"Bu ışıklar en küçük hızlandırıcı halkasına sokulan ve şimdi onun etrafında dönen bir proton patlamasını gösteriyor. Protonlar, halka boyunca yerleştirilmiş olan büyük elektromıknatıslar tarafından dairesel rotalarda hareket etmeye zorlanırlar. Bu mıknatıslar protonları yollarından saptırır ve rotalarını halkaya uyacak hale getirirler. Bir proton grubunun yörüngeye her girişinde, parçacıklar bir oyuğa girerler ve burada üzerilerine bir elektrik alan etkir. Bu alan parçacıkların her birini iter ve momentumlarını birazcık artırır. Kısa süre içinde o kadar hızlanırlar ki bu telaşlı yolculuklarında neredeyse ışık hızında hareket ederler. Hızları çok değişmese de, momentumları hala artmaya devam eder. Parçacıklar momentum kazandıkça, makine manyetik alanların gücünü parçacıkları ince bir ışın borusundaki rotalarında tutmak için ayarlar.

"Borunun içinde ne var?" Dorothy ilgilendiğini göstermek için bir şeyler söylemesi gerektiğini hissediyordu.

"İçinde hiçbir şey yok. Aslında, bilebildiğimiz kadarıyla hiçbir şey yok. Parçacıklar iyi bir vakum içinde hareket ederler. Yoksa atomlarla çarpışmalarından dolayı etrafa dağılırlar ve sonuçta ışın yok olur. Halkamın etrafında pek çok defa dönünce ve her seferinde daha da hızlandırıcılınca, büyük bir momentum kazanacaklardır. Böyle büyük bir momentuma sahip olunca, onları aynı rotada tutmak için gerekli olan manyetik alanın gücü pratikte üretililecek büyüklüğe ulaşır. Bu aşamada, parçacıklar büyük olan halkaya taşınmak zorundadırlar."

Duvar ekranındaki küçük halkada dönmekte olan ışık demeti birden en küçük halkayı ortadaki halkaya bağlayan çizgiye atladı. Işık demeti hemen ardından bu halkaya geçti ve onun etrafında dönmeye başladılar.

"Bu orta halkada, parçacıkların rotaları o kadar eğri değildir, bu yüzden daha zayıf bir manyetik alan onları yörüngelerinde tutmak için yeterli olur. Böylelikle, mıknatısların sınırlarına ulaşmadan önce daha da yüksek bir momentum ve enerji elde etmeleri için hızlandırılmak zorundadırlar. Parçacıkların ışınları bu halkanın kaldırabileceği kadar yüksek bir momentum sınırı-

na ulaşınca, son halkaya taşınırlar. Bu çok daha büyük çaplı ve daha yumuşak kıvrımlı bir halkadır ve bu nedenle daha da yüksek momentumlu parçacıklara dayanabilir.

"Parçacıklar en yüksek enerjilerine ulaştırıldığında, yollarından çıkartılıp başka parçacıklarla çarpışmak için bir yere odaklanırlar. Buradaki başka parçacıklar sabit bir hedefteki atom çekirdekleri ya da makinenin içinde ters yönde dönen parçacık ışınları olabilir. Bu ikinci seçenek, ters yönde dönen parçacıkların momentumlarının sıfıra indiği *çarpışma ışını* hızlandırıcısında gerçekleştirilir. Bir çarpışmadaki tüm enerji yeni parçacıkların kütlelerini oluşturmak için kullanılabilir."

Şekildeki ışık en büyük halkamn etrafında dönüp duruyordu ve sonra birden yok oluverdi. Bunun nedeni sonuçta olan çarpışmanın hızlanma sürecinin bir parçacı olmamasıydı ve artık Işım Bekçisi'ni ilgilendirmiyordu. Işını serbest bırakmış böylece de işini tamamlamış hale gelmişti, ama yine de bu son değildi. Yeni bir parçacık fırlayıp yolculuğuna başladı ve ışık demeti yine en küçük halkaya girdi.

"Yaptığınız her şey elektriksel ya da manyetik kuvvetleri kullanıyor gibi görünüyor. Burada öncelikle güçlü çekirdek kuvveti ile ilgilendiğinizi sanıyordum," dedi kız.

"Ah, aslında öyle. Bizim *amacımız* güçlü kuvvetleri incelemektir. Ama sorun bu kuvvetlerin menzillerinin son derece küçük olmasıdır - bir çekirdeğin boyundan bile küçük. Gündelik dünyada algılanacak kadar büyük uzaklıklarda hiçbir etki tespit edemiyoruz. Bu kadar kısa mesafelerdeki etkileşimleri yakalayabilmemizin tek yolu parçacıkları birbirleriyle çarpıştırmak ve sonra sonuçları incelemektir. Bunu yapmak için, parçacıkları hızlandırmak, onları bir çarpışma yapacak şekilde yönlendirmek ve sonra da onları tespit etmek zorundayız. İlk başta söylediğim gibi, hızlandırıcıların, detektörlerin - kullandığımız tüm makinelerin - parçacıklarla onların elektrik yükleri sayesinde etkileşmesi gerekiyor. Bu, makul bir mesafede onlarla çalışabilmemizin tek yoludur. Güçlü etkileşimleri o kadar kısa menzillidir ki bu konuda hiçbir işe yaramazlar.

Amaçlarımız çekirdek boyutunda olsa da yöntemlerimiz senin dünyandaki gibi EM küresi içinde kalır. Burada bize hizmet eden cihazların hepsi onundur ve o her zaman bizimledir. Bak!" diye ekledi, kontrol odasının dışına bakan büyük bir pencereyi gösteriyordu. Pencerenin perdesinin ardında, bir masanın önünde duran EM'in belli belirsiz, uzun şekli görünüyordu. Masanın arkasında ise neredeyse gölgemesi ve gücünü belli eden devasa bir şekil vardı - Dünya'nın altında yatan muazzam güç.

"Bu da kim?" diye sordular Bekçi'nin sunumu sürecinde bir kenarda sessizce duran arkadaşlar.

"Tüm hızlandırma bölümümüzün Müdürü. Hızlandırıcılarımızdaki her parçacığın hızlandırılmasından o sorumludur. Parçacık sirkimizdeki Halka Ustası'dır. O Halkaların Efendisi'dir,"³ 4 diye yanıtladı At-Adam saygıyla. "Ama haydi," diye devam etti. "Çarpışmaların olduğu ve parçacıkların sırlarının açığa çıktığı deney salonuna geçelim." Onları kontrol odasının dışına çıkarıp bir koridora doğru yönlendirdi. Kapısı aralık bir odaya girdiler ve içinde yeşil ceket ve dizlikler giymiş olan küçük yeşil adamlardan oluşmuş bir grup vardı ve hepsi de tamamen dairesel olan bir camın önünde toplanmışlardı. Uzaklardan bir yerlerden "Somezwhere över the Rainboi"^{1,4} şarkısını söyleyen güzel bir ses geliyordu. Kılavuzun bu insanların bakışlarının yöneldiği yer dikatini çekti ve manzarayı açıkladı.

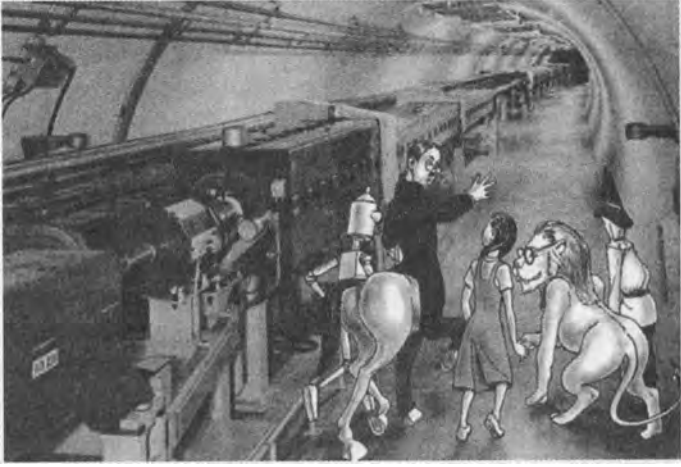
"Bu gelecek çarpışmalar için olan tasarımlarımızın bir parçası. Orada gördüğünüz gökkuşağı LEPrechauns⁵ takımımızın "mavi gökyüzü" tasarımlarının bir örneğidir. "Bu tasarımda ciddi bir hata var."

Üçü birden "Ne hatası?" diye sordular.

³ Lord of the Rings, bu metinde Halkaların Efendisi anlamında kullanılmıştır. Burada Yüzüklerin Efendisi'ne bir gönderme yapılıyor. Ç.N.

⁴ Somewhere över the Rainbow bu kitabın esinlendiği Oz Büyücüsü adlı kitabın filminde kullanılan müziğin adıdır. Ç.N.

⁵ LEP, Cenevre'deki CERN laboratuvarında bulunan Large Electron Positron (Büyük Elektron Pozitron) çarpıştırıcısının kısaltmasıdır.



"Bir gökkuşağını hızlandırıcının halka şekline benzettiğinizde, sonu olmadığını bilirsiniz. Ve bu grubun hızlandırıcıyı inşa etmeden önce gökkuşağının sonunda altın kabını bulmaları gerekiyor. Haydi," devam etti, bu son cümle üzerinde kimsenin yorum yapmasma fırsat bırakmadan. "Ana makine kısa süre önce geçici olarak kapatıldı, bu yüzden gerçek hızlandırıcı tünelindeki deney salonuna yaklaşmak sizin için ilginç olabilir."

Koridordan yürürlerken, siyah elbiseler giymiş adamların yanlarından geçiyorlardı. "Bunlar Yer Altı Cüceleri" dedi At-Adam.

Dorothy arkasına baktı. Hala siyah elbiseler içindeki adamlar gibiydiler. "Benim hayalimdeki cüce fikrime uymuyorlar. Aslında, ben onların sadece masallarda olduğunu sanıyordum."

"Ah, hayır. Bu çok farklı bir şey. Bunlar uluslararası bankacılar. Finans konusunda bize yardım ediyorlar. Bizim esas amacımız bilgi, saf bilgi olsa da finans da bizim için çok önemlidir."

At-Adam onları açık duran büyük bir kapıya doğru götürdü ve kendilerini uzun, kıvrımlı bir dehlizde buldular. Yalnızca uzakta küçülen perspektife baktığınızda kıvrımlı olduğunu anlıyordunuz. İlk bakışta, oldukça düz görünüyordu, çok hafif de

bir kıvrımı vardı. Bir tarafta, tünel boyunca aralıklar halinde büyük metal şekiller vardı. Parlak renklere boyanmışlardı ve her birine uçları dışında sıradan su borularına hiç benzemeyen metal bir boru bağlamıyordu. Bunlar mıknatıslardı ve içlerinden geçen de ışın borusuydu. Metal muhafazaları içinde gerekli olan yoğun manyetik alan oluşturmak için kaim metal kablo bobinleri bulunuyordu. Mıknatıslar arasında boru boyunca inanılmaz bir alet dizisi vardı. Vakumu oluşturan pompalar vardı; parçacık ışınının konumunu doğrulamak için her türde algılayıcılar vardı; ne işe yaradıkları hayal bile edilemeyecek cihazlar vardı. Her durumda, kimsenin amaçlarını bile hatırlayamayacağı aygıtlar vardı. Grup sessizce yürüyordu. Bu karmaşık yapı için hiçbir yorum uygun görünmüyordu.

Sonunda, bu karışık ve kendini tekrar eden makinenin içinde kilometrelerce sürmüş gibi gelen bir yürüyüşün ardından, kılavuz onları tünelden çıkardı. Bir tür montaj hattına benzeyen yüksek tavanlı mağara benzeri bir alana çıkan başka büyük bir kapıdan geçtiler. Devasa alet parçaları her tarafa yayılmıştı. Birdenbire, Dorothy'nin gözüne büyük bir şekil takıldı. Tepesinde bir platform vardı ve Dorothy yukarı baktığında kocaman gözleri olan çirkin, canavarımsı bir yaratığın orada tünediğini gördü.

"O neden orada?" diye sordu.

"Bizim gece bekçilerimizden biri. O bir hortlak ve onlar geceleri çok iyi görürler. Bir direğin tepesinde duruyor," diye devam etti, uzun zaman önce kazandığı tur gruplarına açıklama alışkanlığı ile, "çünkü tüm alanı görebileceği en iyi yer orası."

"Peki, neden bu direk küçük tekerlekler üzerinde duruyor?" Dorothy bunu yeni fark etmişti.

"Ah, o mu? Önemli bir şey değil. Gördüğünüz gibi, yönetim hortlak direklerini taşıyor.

At-Adam zarif bir tırısla ortaya doğru yürüdü ve yüzünü ita-atkâr biçimde arkasında duran dinleyicilerine döndü.

"Burası parçacık detektörlerinin hızlandırıcıdan gelen ışına

yerleştirilmeden önce monte edildiği bir deney salonu. Bu konudaki bir uzmanın geldiğini görüyorum. Ona buraya gelip sizinle konuşup konuşmayacağını sorayım."

Salona baktılar ve en son Atomik Bahçe'de gördükleri Detektör'ün geldiğini gördüler. Onları alçakgönüllülikle selamladı.

"Bu sefer el arabamzın olmadığını görüyorum," dedi bu tür şeyleri gözlemlemekte çok başarılı olan Korkuluk.

"Hayır, dostum," diye kıkırdadı Detektör. "Bu iş bu küçük şey için biraz büyük." Cebinden küçük bir düdük çıkardı ve tiz bir sesle üfledi. Salonun bir tarafındaki geniş bir kapı açıldı ve büyük bir tünel ile kapının ağzında bekleyen bir dev kamyonlar filosu ortaya çıktı. "Bunlardan bazıları çok ağır olabilir. Onları doğru konuma yerleştirmek için havaya kaldırmamız gerekiyor."

Bir tarafta bulunan kamelyaya doğru gitti. Bu esnada, antika pirinç bir lambayı kuvvetle ovalayıp duruyordu. Bir süre hiçbir şey olmadı ama sonra bir ses geldi. "Defol! Çay arasındayız." Herkes bir süre rahatsız olmuş bir biçimde etrafa bakındı ve bu süre içinde Dorothy lambanın kıvrımlı pirinç yüzünde düzgünce oyulmuş harfler olduğunu fark etti.

BCADB

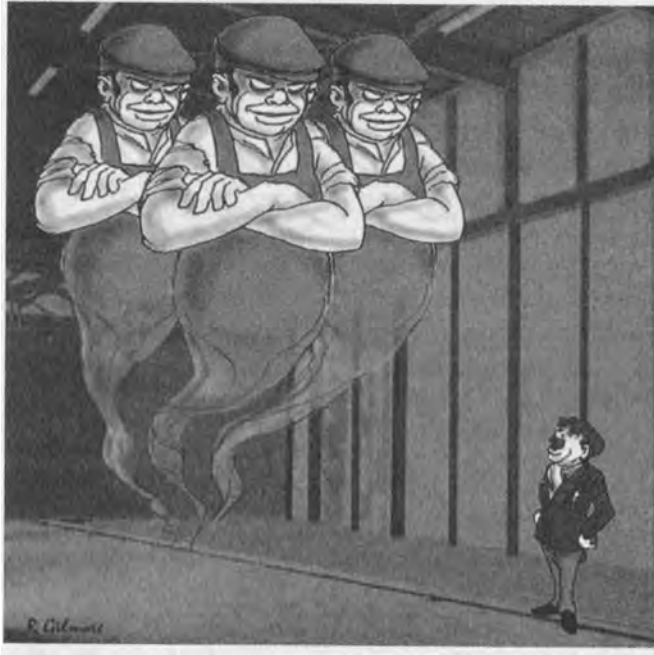
Sadece minimum dilekler kabul edilir

"Bu ne anlama geliyor?" diye sordu.

Birleşik Cinler, Aftreets ve Djinn Birliği'nin merkezi demektir," diye cevapladı kılavuzları.

"Bu konuşma ile biraz vakit geçmişti, bu yüzden Detektör lambayı bir kez daha ovalamanın iyi olacağını düşündü. Bu sefer hemen bir şeyler oldu. Lambadan çıkan bir duman bulutu yoğunlaşıp dalgalanarak büyük mağaranın tavanına doğru yükseldi. Başlarının üstündeki bu bulut yoğunlaşıp toplandı ve kol-

ları kalorifer kazancıları gibi bir kıyafet üstünde birleşmiş olan, alt tarafı da dumanın ucuna doğru yok olan bir insan figürü oluştu. Kumaş bir şapkanın altından ters ters onlara baktı. Lambadan İkinci ve üçüncü bir duman bulutu çıktı ve kısa bir süre içinde önlerinde üç devasa şekil havada asılı duruyordu. Ortadaki tam olarak selam vermedi ama en azından kafasıyla küçük bir hareket yapmıştı. Konuştu.



"Dileğiniz nedir *efendim* ? Son kelime belirgin bir alay havası taşıyordu. "Dileğiniz benim için emirdir. "Onu beğenmesek bile, bir sonraki kardeşlik toplantısında ele alınacaktır," dedi korkutucu bir biçimde.

"Oyalanmayı kesin ve şu yükü taşıyın," diye karşılık verdi. "Djinn, her şeyin doğru yere yerleştirilmesini ve hızlandırıcı ışı-ğ-ı gelmeden önce hazır olmasım istiyorum. O yüzden işe koyulun," diye bitirdi kaba bir dile.

"Bu büyük cisimleri nasıl kaldırebiliyorlar?" diye sordu Kız hemen yanında duran At-Adam'a.

"Bir Djinn sapanı kullanacaklar. İzle."

İlk baştaki acımasız tavırlarına rağmen, üç şekil yavaşça ve birlikte hareket ettiler. Biraz puslu *görünseler* de, her biri karmaşık kaim kablolarla yataklarında asılı duran kocaman tankları ve metal blokları taşıırken zorlanıyorlarmış gibi görünmüyorlardı. Kısa sürede kamyonları boşalttılar ve yükleri demir bir mıknatıs ile kaplı, orasmdan burasından kaim yığınlar halindeki binlerce kablonun çıktığı delik deşik, büyük ve çok ağır bir yapıya taşındılar. Aygıt bu alanı hızlandırıcı bölgesinden ayırdığı belli olan beton bir duvarın yanına yerleştirilmişti.

"İşte, bitmiş detektör," dedi Detektör gururla.

O anda aniden her yerde ziller çalmaya başladı, heyecanlı bir korna sesi duyuluyordu ve alanın her yerinde ışıklar yamp sönmüyordu. "Hızlandırıcı bu" diye bağırdı At-Adam heyecanla. Düzgün giyimli insan kısmı Dorothy'nin başının hizasından daha yukarıya yükseldi ve onun bu hali Dorothy'nin gözüne aptal bir terzi tarafından giydirilmiş bir atm bu durumundan kurtulmaya çalışması gibi göründü.

Fakat şimdi bu eğlencelerin zamanı değildi. Üç Cin, Detektör'ün kontrolü alhnda daha da hızlı biçimde çalışıyorlardı. Hızlandırıcının girişini kapatan büyük beton blokları hızla yana kaydırıyor, araç gereçleri ilerideki alana taşıyor ve girişi aceleyle yeniden kapatıyorlardı. Tüm bu esnada, uyarı sinyalleri çalmaya devam etti.

Hızlandırıcı çalışmaya başlamıştı. Bu yeni detektör elektrik yüklü parçacıkları durgun kütlelerinden çok daha yüksek enerjilere fırlatıyordu. Gürültü kesildi, ışıklar yamp sönmeyi kesti ve düzenli bir hal aldı; ışık parçacıkları aletin ortasından çevresine doğru zıt yönler de hareket ettiler.

Herkes, karmaşık aletin içini gösteren ve tüm demir mıknatıs ve diğer malzemelerin ardındaki orta haznenin net bir görün-



tününün bulunduğu büyük bir ekranın önünde toplanmış.⁶ Detektör haznesi, her biri yoğun yerel bir elektrik alanının ortasında yer alan binlerce ince kablo ile doluydu. Bu alanlarda parçacıklarda oluşan iyonizasyon anlık elektrik boşalmaları meydana getiriyordu. Böylelikle de parçacıklar geçerlerken ateşten ayak izleri bırakıyorlardı. Gittikleri yönler Dorothy'nin önündeki ekranda açıkça görülebiliyordu.

Işın parçacıklarının çoğu çarpışmadan düz gidiyorlardı, ama zaman zaman iki tanesi kafa kafaya çarpışıyorlardı. Böyle olunca, iki yöne saçılıyorlar ve izleyiciler, yalnızca iki parçacık çarpışmış olmasına rağmen çarpışma sonrası çok daha fazla parçacığın ortaya çıktığını görüyorlardı. Dorothy neden böyle olduğunu sesli biçimde kendine sordu. Bu sefer cevap Aslan'dan geldi. Dorothy onun bu kadar uzun süre sessiz kalmasına şaşırmişti.

⁶ Gerçekte de olan budur. Önünüze gelen görüntü tüm bu kablolar ile taşman bilgileri kullanan bilgisayarlar tarafından oluşturulur.

17. BÖLÜM

"Parçacık oluşumunu görüyorsun. Arabada giderken kütle ve enerjinin aslında aynı şey olduğunun nasıl açıklandığını hatırlıyor musun? Peki, bu sefer, çarpışan parçacıkların ikisinin de durgun kütle enerjilerinden fazla enerjileri var. Kendi başlarına hareket ederlerken, bu enerjilerini bölemezler, çünkü sahip oldukları momentuma eşlik ederler. Kafa kafaya çarpışınca, momentumları yok olur. Birbirlerine girerek birleşmiş bir cisim ortaya çıkartırlar. Bu yeni cismin çok az momentumu vardır, ama ilk baştaki enerjinin tümüne sahiptir. Artık momentuma eşlik edecek bir enerji gerekmediğinden, bu enerji yeni parçacıklar oluşturmaya harcanır. İşte burada olan da budur."

Söz sırası kendine gelmişken, Aslan'ın susmaya niyeti yoktu. "Meydana gelen parçacıklar genellikle bozondur, çünkü bozonların korunumu yoktur. Kütlelerini oluşturmaya yetecek kadar enerjin varsa ve her şey tamamsa, istediğin bozonları oluşturabilirsin. Tek tek ya da bir defada birkaç tane olarak oluşturulabilirler, ne kadar enerjin olduğuna bağlı."

"Her şey tamamsa¹ derken ne demek istediniz?" diye sordu Dorothy. Bu şartın bilinmeyen sonuçlar üreteceğinden şüpheleniyordu.

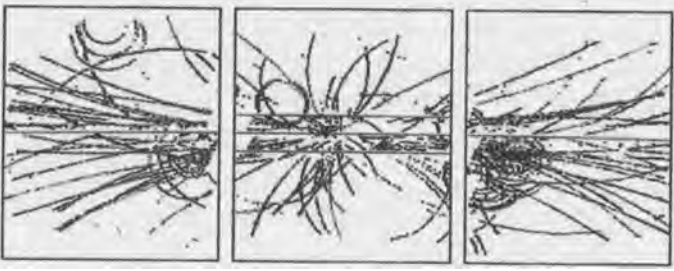
"Bu, bozonların sahip olduğu diğer özelliklere bağlıdır. Örneğin, bir elektrik yükü taşıyabilirler. Elektrik yükleri ise kendi içlerinde korunurlar.

PARÇACIK ÇARPIŞMALARI

Temel parçacıklar görünür ışın dalga boyundan çok daha küçüktürler ve bu yüzden çıplak gözle görülemezler. Onları daha küçük dalga boyuna sahip bir şeyle incelemeniz gerekir ve 3. Bölüm'deki De Broglie bağıntısının gösterdiği biçimde, bu da yüksek momentumlu parçacıklar anlamına gelmektedir.

Parçacık ışınlarının birinden diğerine saçılmaları sağlanabilir ve bu etkileşimden meydana gelen parçacıkların incelenmesi onlar hakkında pek çok bilgi sağlar. Örneğin, ayrıntılı bir analiz çalışması, saçılmanın ışın parçacığı içindeki nokta boyutundaki cisimlerden olduğunu göstermiştir. Bunlar kuarklardır.

Aşağıdaki resim sağ ve sol taraflardan girip ortada çarpışan ve etkileşen iki parçacığın enerjisinden meydana gelen büyük bir ikincil parçacık sağanağını gösteriyor. Bu resim Cenevre'deki CERN laboratuvarının izniyle kullanılmıştır.



Yalnızca pozitif veya yalnızca negatif elektrik yükleri oluşturamazsın. Ayrıca, pozitif ve negatif elektrik yüklerini birlikte de oluşturabilirsin, çünkü aslında bu durumda toplam değişiklik sıfır olacağından, herhangi bir yük oluşturmamışsındır. Bunun sonucu ortaya çıkan parçacıkların çoğu çok hafif oldukları ve kütlelerini oluşturmak için çok fazla enerji gerekemediği için piyon olarak adlandırılır. Piyonlar sayesinde ödediğiniz bedel, ya da aslında enerji, karşısında daha çok parçacığınız olur, ama arada daha ağır parçacıklar da var olabilir.

"Bozonlar dışında fermiyonlar da elde edebilirsin," diye devam etti. Ama fermiyonlar çift olmak zorundadırlar. Fermiyonlar korunurlar, bu yüzden meydana gelen her fermiyonu dengelemek zorundasın. Her fermiyona uygun bir karşı parçacık eşlik etmek zorundadır.

Karşı parçacık nedir?" diye sordu Dorothy sabırla.

"Her parçacığın sahip oluğu bir şey. Bir karşı parçacık da kendi başına bir parçacıktır ve eşlik ettiği parçacığın olmadığı her şeydir. Bir parçacığın pozitif bir yükü varsa, karşı parçacığının negatiftir. Bir parçacık negatif yabancılığa sahipse, karşı parçacığın yabancılığı pozitiftir.

"Peki, yabancılık ne demek?" diye sordu Dorothy, ama Aslan duymazdan gelerek devam etti.

"Parçacık ve karşı parçacık ikizdir, ama tek yumurta ikizi değil. Örneğin, tam olarak aynı kütleye sahiptirler ama biri diğerinin sunmadıklarını sunar ve birbirlerinin özelliklerini yok ederler. Yeterli enerji varsa birlikte oluşturulabilir, tıpkı bir bozonda olduğu gibi.

Bu konuşma esnasında, ekranda parçacıklar arasındaki başka çarpışmalar görünüyordu. Dışarı giden parçacıklardan bazılarının yollarının belirgin biçimde kıvrılmış olduğu çok açıktı, bazıları diğerlerinden çok daha kıvrılmıştı.

"Bu manyetik alan," diye belirtti Detektör gizemli bir gururla. "Biliyorsunuz, bu kadar demiri detektörüne boşuna koymadım. Tüm bunların ortasında güçlü bir manyetik alan oluşturuyor. Yüklü parçacıklar bu alanda yollarından saptırılır. Hepsi de kıvrımlı bir yol izlerler. Momentumları ne kadar az ise, yolları o kadar kıvrılır. Şu..." diye ekledi, ekranda sağa dönüp kendi üzerine kıvrılan parlak bir çizgiyi gösteriyordu. "Bunun çok fazla momentumu yok. Momentumu *fazla* olanlar düz gidiyorlarmış gibi görünseler de aslında gitmezler. Bunun nedeni gerçekten büyük momentumları olduğundan, manyetik alanın onları daha fazla bükmemesinden kaynaklanmasıdır."

Tam o anda, detektörde bir şey oldu. Ekranda büyük bir parçacık sağanağı başladı ve ayrı fışkiereler olarak yoğunlaştılar. Bu o kadar hızlı gerçekleşti ki kimse ne olduğundan emin olamadı, ama bu parçacık fışkierelerinin her biri farklı noktalardan geliyor gibi görünmüştü.

"Bu da ne?" diye sordu Dorothy.

"Bu nadir görülen bir olaydır." Soru bu sefer, ziyaretçi gruplarına bu tür şeyleri açıklamaya alışmış olan At-Adam tarafında yanıtlanmıştı. "Sıra dışı ve ağır bir parçacığın oluşması ve bozunmasını kısa bir süreliğine gördünüz. Önce çok sayıda başka parçacığa ayrılır ve daha sonra ise bunlar piyon ve benzeri daha bilindik parçacıklar demetine dönerler. Dünyaya yeni ve olağanüstü bir şey geldi, bir an için var oldu ve sonra yine tamdık ve sıradan bir şeye dönüştü."



"O kadar hızlıydı ki ne olduğunu hiç göremedim. Onu biraz daha tutamadık, ne yazık!" diyerek üzüldü Dorothy. "Keşke onu biraz daha tutmanın bir yolu olsaydı.⁷ Yakında yine olur mu?"

⁷ Gerçekte de olan budur. Önünüze gelen görüntü tüm bu kablolar ile taşınan bilgileri kullanan bilgisayarlar tarafından oluşturulur.

"Kimse bilemez. Bu tür olaylar rastgele olur ve ne zaman olacakları tahmin edilemez. Bazen uzun süre hiç olmaz; bazense iki tanesi peşpeşe oluverir."

At-Adam'ın konuşmasından hemen sonra ekranda başka bir parçacık sağanağı başladı. Ama bu sefer, görüntü yok olmadı. Bunun yerine, resmin orta kısmı ekrandan *dışarı çıktı*. Bir kâğıt parçası gibi dalgalandı ve başlarının üzerinde süzüldü. Hepsi de olanları izlemek için döndüler ve grubun önünde genç bir kadına dönüştüğünü gördüler. Sert sekreter gözlüklerinden takıyordu ve sıra dışı bir saç stili vardı. Daha açık konuşmak gerekirse, sıra dışı bir *saçı* vardı. Kafasından ince fakat hareketli yılanlar çıkıyordu ve birbirlerine dokunup tıslayıp duruyorlardı. Daha kimse konuşmadan, At-Adam bir açıklama yapmanın gerektiğini fark edebiliyordu.

"Zola ile tanışın. O bir Kağıt Gorgon'u⁸ ve yayınlar üzerinde çalışır. Mitolojideki Gorgon Medusa'nın bakışının, değdiği her şeyi taş a çevirdiğini bilirsiniz. Zola ise gördüğü her şeyi kâğıda döküp teknik alanda yayınlar. Gözlerine bakmamaya çalışın, yoksa kendinizi kâğıt üzerindeki bir harf olarak bulabilirsiniz."

Gorgon, üzerinde çeşitli daktiloların bulunduğu yakındaki küçük bir masaya ilerledi. Oturdu ve zapt edilemeyen yılanları ayrılıp her biri başka bir daktilonun klavyesinin başına geçip inanılmaz bir hızla yazmaya başladılar. Sayfalarca tamm makinelerin şaryolarından fırlayıp eksiksiz yayınlar meydana getirmek için detektörden ona gelen çizimlerle birleşiyorlardı. Bunlar mağara boyunca uçup bir tünele giriyorlardı.

"Nereye gittiklerini görmem lazım!" diye bağırdı Dorothy ve onların peşinden tünele koştu. Mecburen diğerleri de onu takip ettiler.

Bir tür kar fırtınasına benziyordu. Tünelde kâğıt tipisi var gibiydi, dünyaya sayısız yaym salmıyordu. Her şeyin ortasında siyah eşofman giymiş ve elinde büyük bir kelebek ağı bulunan

⁸ Yılan saçlı kadın. Ç.N.

iri bir şekil duruyordu. Yayınlar arasında hoplayıp zıplıyordu ve ağını havada oraya buraya sallıyordu. Pek çok defasında, ağı yayınlar arasında geçip gidiyor ve hiçbir şey takılmıyordu. Ama ağ bazen yazılanlardan bazılarını yakalıyordu. Kâğıt yağışından avlanan değerli bilgi külçeleri ağında kalıyor, bu olunca, şekil hâzineyi büyük bir mutlulukla çıkartıyor ve onu yan tarafından sarkan deri bir okul çantasına koyuyordu.

Yaklaşanları fark edince, deli gibi zıplamayı aniden kesti ve tanışmak için onlara döndü.

8. Bölüm

IŞIK DOKUMASI TARLASI



Yol arkadaşları, gelmelerini izleyen ve kelebek ağını meydan okurcasına tutan bu yabancıya doğru yürüdüler. Artık onu açıkça görebiliyorlardı. Kel kafalı ve favorili küçük, yaşlı bir adamdı. Biraz önce izledikleri yorucu hareketleri yapmak için fazla şişmişti.

"Merhaba," dedi Dorothy dostça yaklaşarak, "Ne yaptığınızı merak ediyoruz?"

"Ah, tabi," dedi kuşkuyla. "Ben topluyorum. Hepsi bu" diye devam etti güvenle. "Parçacıkları topluyorum sadece, hepsi bu. Ben bir tür koleksiyoncuyum, bir hadronolojistim.

"Hadronolojist nedir, bana söyleyebilir misiniz?" diye Dorothy yamndaki Aslan'a fısıldadı. Cevabı bildiğine emindi. "Hadronları toplayan kişi," Aslan şaşılacak biçimde çok kısa bir yanıt vermişti. "Peki, hadron nedir? diye fısıldadı kız sabırsızlıkla. "Güçlü etkileşimde etkilenen bir parçacıktır. Hadronlar güçlü kuvvetten etkilenirlerken, leptonlar bu duruma tümüyle kayıtsızdırlar" diye cevapladı Aslan.

HADRONLAR VE LEPTONLAR

Temel parçacıklar hadronlar ve leptonlar olarak ayrılırlar. Hadronlar güçlü etkileşimden etkilenirler. Leptonlar ise etkilenmezler.

Bu konuda söylenebileceklerin hepsi bu.

Yeni arkadaşları bu fısıltılı konuşma esnasında bekliyordu. Konuşma sona erince, çantasını yere bıraktı. Yakından bakılınca bunun, içinde kayan çekmecelerin bulunduğu taşınabilir bir tür dolap olduğu görülebiliyordu.

"Hadron koleksiyonumu görmek ister misiniz? diye sordu utangaç bir tavırla. Ve hiçbir cevap beklemeden, çekmeleri peşi sıra açmaya başladı. Çekmeceler hiç derin değillerdi ve her birinde iki farklı desenden biri görülüyordu. Sıkça görülen bir tanesi ortasında iki parçacığın olduğu, toplam sekiz parçacıklı altıgen bir yapıydı. Daha az görülen diğer düzenleme ise en üst sırasında dört parçacık ve alttaki sıralara indikçe parçacık sayısı bir azalan toplam on parçacıklı üçgen bir diziydi.

"Oktet ve dekupletlerimi¹ nasıl buldunuz?" diye sordu yeni arkadaşları. "Parçacıklar, elektrik yükleri ve yabancılıklarına göre bir sıraya dizildiklerinde bu sınıflandırmalara uyarlar. Farklı tepsilerde farklı dönmelere sahip parçacıklar var ve tabii ki bunlardan bazıları baryon bazıları ise mezonlardır."

"Yabancılık nedir?" diye sordu Dorothy, ama koleksiyoncu hobisi hakkında konuşmaya devam ederken yine cevapsız kaldı. Baryonlar ve mezonları sormaktan vazgeçmeye karar verdi, ama hemen ardından bunu yapmaması gerektiğini fark etti.

¹ Oktet: Sekizli, Dekuplet: onlu. Ç.N.

"Bazı hadronlar bozundur. Bunlara mezonlar denir kendilerini onluk gruplar halinde dizmişlerdir. Diğerleri ise fermiyonlardır ve baryonlar olarak adlandırılırlar. Bunlar sekizli ya da onlu gruplar halinde bulunabilirler, buradaki..." sekiz parçacıklı başka bir grubu göstermek için bir çekmeceyi açarken, "koleksiyonumun en eski üyelerinden birini içeriyor. Bunlar proton ve nötrondur. Özellikle proton uzun zamandır biliniyor, çünkü kendi başına hidrojen çekirdeğini meydana getirir. Bu hala yıllar önce koleksiyonuma başladığım günkü kadar taze. Sonunda bozunabilir ama yaklaşık 10^{33} yıldan önce değil."

"Ne kadar uzun?" diye sordu Dorothy ciddi bir biçimde.

" 10^{33} yıl ne kadar sürer? Pekâlâ, bir saniyenin Evren'in ömrü ile karşılaştırıldığında ne kadar uzun olduğunu düşünürsen, evrenin ömrü... Hmm... Her neyse, çok uzun bir zaman işte. Benim göremeyeceğim kadar."²

"Yalnızca hadron mu topluyorsunuz?" diye sordu Dorothy konuyu değiştirmek için.

"Ah, evet! Başka ne var ki? Size gösterebileceğim bir ya da iki lepton var. Leptonlar güçlü etkileşimi *hissetmeyen* parçacıklardır" diye ekledi açıklama olsun diye, "ama onlardan yalnızca birkaç tane var. Foton var tabii ki, ama ondan yalnızca bir tane var. Hayır, hadron olmalı, onlardan yüzlerce var. Zümrüt (ve Yakut ve Safir) Şehir'deki koleksiyonu görmelisiniz.

Söz oraya gelmişken, "Size sormak istediğimiz bir şey var," diye araya girdi Dorothy hızlıca. "Oraya gitmeye çalışıyoruz, mümkünse. Buradan nasıl gidebiliriz?"

"Yalnızca bu koridoru takip edin, sizi Cern Krallığı'nın dışına götüren geniş bir tünele çıkartacaktır. Yapı Taşı Yolu bu yolun sonundadır ve eğer onu takip ederseniz, sizi şehre götürecektir."

² Hadronolojistin söylemeye çalıştığı 10^{33} yıl evrenin yaşı ile aynı ve aynı zamanda bir saniyeye tekabül eden bir süre. Bunu hayal edebiliyor musunuz? Ben edemiyorum. Koleksiyoncunun dediği gibi, çok uzun bir zaman.

Ona teşekkür ettiler ve yola koyuldular. Yol tıpkı onun dediği gibiydi. Kısa süre sonra Cern Krallığı'nın birbirine bağlı mağaralarından çıkmışlardı ve bir kez daha açık bulutsuz bir gökyüzü altında Yapı Taşı Yolu'ndaydılar. Buradaki arazi çok düzdü ve uzakta şehrin duvarları ile kulelerini görebiliyorlardı.

"Oraya neden Zümrüt (ve Yakut ve Safir) Şehir dediklerini merak ediyorum" dedi Dorothy. "Görebildiğim kadarıyla neredeyse tamamen renksiz görünüyor."

Bu tartışmalı girişe kimsenin yanıt vermesine fırsat kalmadan, Yapı Taşı Yolu'nun bir yaylaya girdiği bir yere geldiler. Otolar arasında bomboş bir yol olarak devam ediyordu. Yolun kenarında direğe asılı bir duyuru gördüler. Şu yazıyordu:

Bir elektromanyetik

alana giriyorsunuz.

Ciddi sanal foton

tehlikesi. Uyarıldınız!

imza EM

"Fotonlar mı! Bana fotonların yalnızca ışık olduğunu söylememiş miydiniz? Öyleyse, endişelenecek bir şey yok. Işığın bize nasıl zarar verebileceğini anlamıyorum. Haydi, şehre doğru yürümeye devam edelim."

"Ben pek emin değilim...," diye söze başladı Aslan, her zamanki gibi. Ama diğerleri yolda yürümeye başlamışlardı bile ve o da hemen onların peşine takıldı.

Çayırılık alanda yürürlerken, kahramanımız bir an ayaklarının altındaki otlara baktı ve burasının bir tür titreyen bir ağ ile kaplı olduğunu fark etti. Bunu tam adımını ileri atarken fark etmişti ve ayağını kaldırmaya çalışırken yere beklenmedik bir biçimde sıkıca yapışmıştı. Dengesini kaybedip, tökezleyerek yere düştü ve kolları yere dokundukça onlar da yakalanıyorlardı. Dorothy kendisini yere uzanmış ve ellerini ayaklarını bir santim bile kıpırdatamaz olarak bulmuştu. Çelik bağlarla bağlı olmak gibi bir şeydi bu.

Sadece başını hareket ettirebiliyordu ve arkadaşlarının da aynı durumda olduklarını görebiliyordu. Teneke Kafa erimiş gibi yere yayılmışta. Korkuluk, saman dolu kafası yere dikilmiş gibi duruyordu. Yere düşerlerken, Aslan "Sanal fotonlar, size söylemeliydim..." diye açıkladı ve sonra sessizlik oldu. Bu Dorothy'nin zor durumundan da önemli görünüyordu. Dorothy ona bakmaya çalıştı. Ona bakarken, neden sustuğunu anladı. Aslan'ın yalmzca bacakları yakalanmamışta, çenesi de parlayan ağın üzerinde duruyordu ve bir kelime etmesine bile imkân olmayacak şekilde sımsıkı takılmıştı. Elinin yanında bir kitap vardı, düşmeden önce onu tutuyordu. Üzerinde *Bağlarımız Işıktır*, Yazarın Isa C. Lion yazıyordu.



Kız ne yapması gerektiğini merak ediyordu. Aslında, bu konuda fazla düşünmeye gerek yoktu, çünkü hiçbir şey yapamaz durumdaydı. Yaylaya bakındı ve uzakta hızla yaklaşmakta olan uzun, zarif bir şekil gördü. Teneke Kafa'yla tanıştıktan hemen sonra karşılaştıkları Ayarlayıcı Akrobat'ı tanıdı. Tehlikeli alanın üzerinden geçerek buraya geliyordu ve açıkçası hiç zorlanmıyordu. İlerleyişi sıra dışıydı. Bazen hopplayıp zıplayarak, bazen

de taklalar atarak ilerliyordu, bazen de havada yükseklerle zıplıyordu. Dorothy ve arkadaşlarının yakalanmış oldukları foton ağını geçerken onun ayak uçlarında pırıltılar oluşuyordu. Ayaklarının üzerinde çok hafif görünse de, önemli olan nokta ayağında hiç ışık olmamasıydı. Diğerlerini yakalayıp tuzağa düşüren fotonlardan kaçmayı beceriyordu. Bunu her nasıl yaptıysa, hiç yakalanmadı ve sonunda yanlarına vardı.

"Merhaba," dedi canlı bir sesle. "Pek rahat görünmüyorsunuz. Sizi kaldırmamı ister misiniz?"

Üç yol arkadaşı hemen şevkle onayladılar. Aslan onaylamadı çünkü konuşamıyordu ama kuyruğunu yere vurmuştu. Muhtemelen kuyruğunu birden çok kez vurmak istemişti ama daha ilk seferinde yere yapışıp kaldı, çok hızlı yakalanmıştı.

Bir şekilde ve şaşırtıcı biçimde hiç de zorlanmadan, Akrobat onları serbest bıraktı ve doğrulmalarına yardım etti.

"Bunu nasıl yaptın?" diye sordu hepsi.

"Sadece iyi ayarlanmış olmakla ilgili bir şey. Ben Ayarlayıcı Akrobat'ım ve her duruma uyabilirim. Ama sizin, bu ışık alanıyla olan etkileşiminizden ortaya çıkan elektromanyetik bağlardan kaçmanızın bir yolu yoktur. Otlardan uzak durmamız daha iyi olabilir. Konuşurken, kimse fark etmeden (muhtemelen korkuluk hariç) onları Işık Dokumaları'mın olmadığı bir alana götürdü. Etrafa rastgele dağılmış birkaç tente ve tezgâh vardı.

"Burası Sanal Fuar ve Foton Borsası. Sanal parçacık emisyonu ve dolaşımı fuarı olarak çalışır. Senin gerçekliğindeki sanal parçacıklar tarafından oynanan rolü kutladığımız bir yerdir.

"Bu sanal parçacıklar da ne?" diye sordu Dorothy. Son zamanlarda olduğu gibi yine görmezden gelineceğini düşünüyordu ama Akrobat çok gizemli bir şekilde olsa da cevap verdi.

"Onlar amaçlarının ötesinde yaşayan parçacıklardır." Konuşurken, bir takım cisimler ile hokkabazlık yapmaya başladı. Kız nereden çıktıklarını anlamamıştı ama üç cismi bir elinden diğ-

rine attığını görüyordu - ama şimdi onlardan dört tane vardı. Hayır, aslında altı taneydiler, hayır üç, hayır iki, hayır dört. Hokkabazlık yaptığı cisimlerin sayıları sürekli değişiyordu.

"Siz büyücü müsünüz?" diye sordu Dorothy ona. Bu tek olması açıklama gibi görünüyordu.

"Hayır, bir hile yok ki. Bunlar bozonlar ve sayıları *değişiyor*. Kütlelerini oluşturacak kadar enerjim yok. Bu durgun kütle enerjisi. Pek çok parçacığın, hareket etmeseler bile kendi iç kişisel kütlesi vardır ve işte bu da onlara özelliklerini veren şeylerden biridir. Enerjim olmadığı için, Cern'de görmüş olabileceğiniz gibi *gerçek* parçacıklar oluşturamam. Ama parçacıklar kendi varlıklarını *çalabilirler*. Momentum ile enerjiyi ilişkilendiren Belirsizlik İlkesi huzurunda konuşuyoruz. Momentuma *sahip* olmadan momentum aralığına sahip olamayacağın için, bir parçacığı küçük bir hacme sıkıştırmak ona momentum kazandırır. Aynı şey zaman ve enerji için de geçerlidir. Zamamn yerleştirilmesi enerjinin yayılmasına çok açar, yoksa enerji olmazdı. Parçacıklar Evren'den enerji *çalabilirler*, ama onu uzun süre ellerinde tutamazlar.



SANAL PARÇACILAR VE ZAMAN-ENERJİ BAĞINTISI

Tıpkı enerji ve momentum için bir Belirsizlik İlkesi'nin olması gibi, zamanda yayılma, At, ile enerjideki yayılma, AE, için de bir tane vardır.

$$AEAt = \frac{—}{2}$$

Daha önceki gibi, belirsizlik bundan çok daha büyük olabilir, çünkü bir şey hakkında her zaman *daha* az emin olma ihtimaliniz vardır. Bu denklem azaltılamaz zaman *yayılması* ile enerji yayılması arasındaki ilişkiyi verir. Kısa zaman aralıklarında, enerji iyi tanımlı değildir, yani enerjide belirsizlik vardır. Yeteri kadar kısa bir süre için, enerjideki belirsizlik bir parçacığın durgun kütle enerjisinin var olmasına yeter. Bu tür parçacıklar yalnızca kısa bir hayat için "yokluktan gelirler." Sanal olarak adlandırılırlar, ama gerçekliğimizin vazgeçilmez bir parçasıdır ve dünyayı bir arada tutan tüm etkileşimleri sağlarlar.

"Parçacıklar için kullanılan gerçek ve sanal isimlerini karıştırmayın"³ diye ekledi Ayarlayıcı Akrobat sertçe. "Sanal parçacıklar, fiziksel gerçekliğinin bir parçası olan gerçek parçacıklar kadar önemlidirler.

"Enerjinin korunduğunu daha önce duyduğuna eminim: Enerji bir türden başka bir türe dönüşebilir ama toplam enerji miktarı asla değişmez. Bu uzun vadede yeteri kadar doğrudur. Durup dururken enerji oluşturmazsın. Klasik fizik kanunları daha öncekinden daha fazla enerjiye sahip olamayacağını söyler. Ama kuantum, yani $T >$, ölçeğinde onu geri koymak zorunda olsan bile, kısa bir süre için enerji çalmayı becerebilirsin. Ne kadar çok enerji alırsan, o kadar kısa sürede geri konmak zorun-

³ Pek çok teknik terim gibi, gerçek ve sanal da kafa karıştırıcı olabilir. Gerçek bir parçacık, istediği sürece ihtiyaç duyduğu enerjinin tamamına sahiptir. Sanal parçacıkların ise bir tür enerji açığı vardır. Kütlelerinin hepsini ya da bir kısmını sağlayacak kadar enerjileri yoktur ve bunlara "kütle kabuğundan yoksun" denir. Her şeyi biraz daha karıştırmak için, gerçek görünen pek çok parçacığın bir miktar asanal olabileceğini de söyleyebilir.

dadır. Bu kadar kısa süreler esnasında, çalınan enerjiler madde oluşturmak için kullanılabilirler: Bozonlar ya da parçacık - karşı parçacık çiftlerini oluşturmak için. Pek çok parçacığın kütlesi olduğu ve kütle de enerji olduğu için, bu parçacıklar yalnızca enerji çalmazlar. Kendi varlıklarını çalarlar. Bunlar 'Belirsizlik İlkesi'nin lütfü sayesinde var olan sanal parçacıklardır. Çalman enerjinin tamamı ya da bir kısmı ile yaşayabilirler - Evren'in kendisinden çalınmış olan enerjiyle."

"Aman Tanrım" dedi Dorothy. "Ama varlıkları bu kadar kararsız ise ve enerjileri yok olunca varlıklara sona ermek zorundaydı, bu parçacıkların hiçbir şey üzerinde büyük bir etkisi olmaz."

"Yanlış," diye haykırdı Akrobat yüksek sesle, kabaca söylemek gerekirse. "Daha fazla yamlamazdın! Söyle bana, çayırdaki yataarken hareket etmek çok zordu değil mi?"

"Zordu!" dedi Dorothy. "İmkânsızdı. Çelik şeritlerle bağlanaydım bile hareket etmem daha zor olamazdı. Fotonların nasıl böyle bir etkiye sahip olduklarını anlamıyorum. Onlar sadece ışık, öyle değil mi?"

"Evet, öyleler. Ama çelik kayışlarla *bağlamaydın*, senin neyin tuttuğunu düşünürdün? *İşte*, yine ışık. Her malzemede, elektriksel kuvvetler atomları birbirine bağlar ve elektriksel kuvvetler fotonların değiş tokuşu ile meydana gelirler. Bunlar tabii ki sanal fotonlardır, ama yine de fotondurlar. Atomdaki bir elektron, başka bir atomdaki elektron tarafından yayımlanmış olan fotonları emebilir. Sanal fotonlar hem enerji hem de momentum taşıyabilirler. Bir elektron başka bir elektron tarafından yayımlanmış fotonu emerse, foton tarafından taşınan enerji ya da momentum ilk elektrondan ikincisine geçer. Kuvvetin yaptığı şey, momentumu kuvvetin etkilediği şeye aktarmaktır. Diğer yandan, momentumu aktarırsan bir kuvvet uygulamış olursun. Fotonlar atomlar arasındaki etkileşimlerden meydana gelirler. Tüm kuvvetler, tüm etkileşimler sanal parçacıkların değiş tokuşu sırasında meydana gelirler. Tüm elektriksel kuvvetler ise sanal fotonla-

rın değiş tokuşuyla ortaya çıkarlar. Senin çelik kayışlarını bir arada tutan şey de ay ışığından başka bir şey değildir."

"Böyle bir madde saçmalıktan başka bir şey değil!" dedi Dorothy sertçe. " Ay ışığını ya da üzerinize düşen bir ışığı hissedemezsiniz, üzerinize düşen parlak güneş ışığı hariç. Demir bir çubuğu ise tamamen farklı bir biçimde hissedebilirsiniz. Işık zararsızdır; demir çubuk ise olmayabilir."

"Duruma göre değişir," diye cevap verdi Akrobat. Fotonlarla o kadar hızlı oynuyordu ki yüzlercesi oraya buraya fırlıyor gibi görünüyordu. "Novaya dönüşmüş bir yıldızın altında ışığın zararsız olması konusunda farklı düşünürdün. Birkaç fotonu görmezden gelebilirsin, ama şiddetli bir foton patlaması seni bir kızartmaya dönüştürebilir. Fotonlar, elektrik yükleri tarafından ortaya çıkartılırlar ve genelde yükler elektron demektir. Gördüğün ışık gibi seyahat eden gerçek fotonlar ise yalnızca elektronlar enerjilerini değiştiren bir şey yaptıklarında görünürler. Yani atomun içindeki bir durumdan diğereine geçtiklerinde ya da bir radyo vericisinin anteni içinde oraya buraya salınırlarken. Sanal fotonlar da elektronların yükleri tarafından yayımlanırlar, ama bu durumda elektronların kendilerine enerji sağlamaları ve *özel bir şey yapmaları* gerekmez. Dünyada hayal edilemeyecek kadar çok elektron vardır ve bunların pek çoğu dengesiz bir durumdadır, bu yüzden gerçek değil de sanal fotonlar yayımlarlar. Etrafta pek çok sanal foton bulmayı bekleyebilirsin ve gerçekten vardır da. Mevcut sanal fotonların yoğunluğu demek olan akı, infilak eden bir yıldızın patlamasındaki gerçek fotonların yoğunluğundan fazla olabilir. Yine de, patlayan bir yıldız yıkıcılığını verecek kadar serbest enerjileri yoktur, ama ne yaparlarsa şiddetli biçimde yapabilirler ve bu da "sert demirin" içindeki atomların güçlü bağlarını oluşturur.

Bu noktada Akrobat sırada daha yoğun bir gösterinin olduğunu hissetti. "Parçacık değiş tokuşunun çeşitliliği konusunda bir gösteri isterseniz, şuradaki standı deneyin." Rengârenk şeritleri olan bir çadırı gösterdi. Çadırın üzerinde bir şey yazıyordu:

Asla-Asla!
 iki ya da daha fazla parçacık için
 sonsuz borç oyunu.
 Sahip olduğunuz her şeyi ortaya koyun
 - ve sahip olmadıklarınızı.
 Oluşturabileceğiniz kadar enerji
 borç almak için yük hesaplarınızı kullanın.

"Bunu eğitici bulabilirsiniz," diye ekledi onları içeri sokarken. Çadırın ortasında bir masa gördüler ve her iki tarafta da yüklü bir parçacık ile bir oyuncusu duruyordu. Her bir katılımcının arkasında uzun bir puan tahtası yükseliyordu.

"Oyun başlamak üzere," diye açıkladı Akrobat. "İki yarışmacı da yükler arasındaki sanal parçacıkların değiş tokuşunu kontrol ederler ve puan tahtası bu amaçla borç aldıkları enerjileri gösterir. Bakın, oyuncuların biri çok bilindik bir açılış hareketi yaptı." Oyuncu uzun menzilli bir fotonu dikkatlice yayımlayarak başlamıştı. Çok düşük enerjisi vardı ve bu yüzden başlangıç yükünden iyi bir mesafe kadar uzaklaşmasına yetecek kadar var olabilmisti. Bu parçacığa yatırılan enerji tabloda pek görülmedi. Masanın kaygan, çok parlak olmayan yüzeyinde, iki yük arasında dalgalı bir çizgi oluştu. Bu tek bir fotonun değiş tokuşu için kullanılan gösterim sistemiydi. Diğer oyuncu çok daha yüksek enerjisi olan kısa menzilli bir foton ile karşılık verdi. Daha fazla enerji, kendisine tanınan sürede diğer parçacığa ulaşamıyor ve bunun yerine her yükün etrafında bulunan sanal parçacık bulutuna katkıda bulunuyorlardı. Bu bulut başlangıçtaki yüke yaklaştıkça daha yoğun hale geliyordu. Burada daha da yüksek enerjili sanal bozonlar katkıda bulunabiliyorlardı. Masadaki foton, arkasını onu yayımlayan parçacığa dönmüş dalgalı bir çizgi olarak görünüyordu.⁴

⁴ Sanal parçacıkların değiş tokuşlarını göstermek için uygun bir sağlayan bu tür çizimler Feynman diyagramları olarak bilinirler.

İlk oyuncu bu sefer bir defada iki parçacık sürerek bahsi yükseltti ve ikinci oyuncu ise üç taneyle karşılık verdi. Her bir hamle ile masadaki diyagramlara daha fazla dalgali çizgi ekleniyordu ve puan tahtasındaki puanlarda ufak artışlar oluyordu. Bu düzgün artış, oyunculardan birine beklenmedik bir ilham gelene kadar bir süre devam etti.

"Hey!" diye haykırdı. "Yalnızca bozonları değış tokuş edebileceğimizi biliyorsun, değil mi?"

"Evet," diye yanıtladı rakibi, ihtiyatlı bir sesle.

"Peki, öyleyse. Bir parçacık-karşı parçacık çiftim varsa, bunlar bir bozon eder, değil mi?"

"Evet, ne olmuş?", hala ihtiyatlıydı.

"Öyleyse bir parçacık-karşı parçacık çiftini bozdurabilirim. Mesela bir elektron ve pozitrona."

"Ama biliyorsun, yalnızca *fotonlar* elektrik yüklerine bağlanırlar. Senin yükün foton dışında bir şey yayımlayamaz. Tüm yapabileceği bu."

"Evet, ama şunu dinle. Elektron ve pozitronların elektrik yükleri vardır. Elektron negatif yüke sahiptir. Pozitronlar ise pozitif yüke. İkisi de fotonlara bağlanabilirler. İşte ben de bunu yapacağım. Tıpkı şu ana kadar ikimizin de yaptığı gibi sanal bir foton göndereceğim. Daha sonra bu foton birdenbire hiçbir şey olmadan sanal bir elektron-pozitron çiftine dönüşebilir. Bunlar da *tekrar* sanal bir fotona dönüşecekler ve bu foton da senin elektrik yükün tarafından emilecek. Ne dersin?"

"Biraz karışık görünüyor."

"Evet, haklısın. Tartışmaya değmez. Bu hamleyle uğraşmaya çağım."

"Hayır, böyle bir şansın yok. Kuralı biliyorsun: Mümkün olan zorunludur. Parçacık-karşı parçacık çiftlerini kullanabiliyorsan, kullanman *gerekir*. Başka seçeneğin yok dostum."

Bunun ardından, oyuncu bir elektron-pozitron çiftine dönüşen bir foton gönderdi ve bu çift de karşı tarafın yükü tarafından emilmeden önce tekrar bir fotona dönüştü. Bu değiş tokuş hemen masanın tepesindeki çizelgeye kaydedildi. Parçacık ve antiparçacıklar işaretli fotonların arasındaki dalgalı çizgileri arasında kapalı kesintisiz çizgiler olarak gösteriliyordu.

Ondan sonra, iki oyuncu tedbiri elden bırakmayarak oynadılar ve daha da karmaşık hamleler yaptılar. Kendi sanal fotonlarını yayımlayan sanal parçacıkların geldiği elektron-pozitron çiftler vardı. Bunu yapabilirlerdi çünkü elektrik yükleri vardı. Bu fotonlar ara sıra orijinal yük tarafından emiliyorlardı, ara sıra da çifti oluşturan diğer parçacığın yükü tarafından. Bazen ise yeni fotonlar kendilerini elektron ve pozitrona dönüştürüyorlardı. Dorothy, nadiren ve ilk yüke çok yakın durumlarda, bir fotonun bir proton-karşı proton çiftine dönüştüğünü fark etmişti. Bunlar çok ağırlardı ve hesaptan çok enerji çekiyorlardı, bu yüzden çok ilerleyemiyorlardı. Durum gitgide karmaşık bir hal alıyordu.

Durumun kızışmasına paralel olarak, puan kartı artan bir masraf, ya da aslında borç alman, enerji gösteriyordu. Bu enerji her yükün etrafında bir bulut oluşturan sayısız türdeki parçacıklara gidiyordu. Dorothy'nin ilk bakışta fark etmediği puan tahtasındaki ikinci bir sütun da baştaki iki parçacığın gözlemlenebilir *yükündeki* durağan olan ama şimdi bir kez daha artmakta olan hareketi gösteriyordu, çünkü şimdi etraflarını saran sanal bulutlarda yüklü parçacıklar vardı. Her yükün etrafındaki sanal fotonlar ile diğer sanal parçacıklar alam ya da bulutuna yatırılan enerji miktarı artık inanılmaz bir biçimde ve gitgide artan bir hızda yükseliyordu. Toplamlar, her oyuncunun yanında bulunan uzun puan tahtasının tepesine varmıştı ve artmaya da devam *ediyorlardı*. Çadırın tepesine doğru yükseliyorlardı. Hiç durmadan çadırın tepesini yırtıp geçtiler. Yol arkadaşları çadırdan dışarı çıktılar ve puan tahtalarının gökyüzüne doğru yükselmekte olduğunu gördüler.

"Tanrım!" diye haykırdı Dorothy. "Ne zaman duracaklar?"

"Asla," diye yamtladı Akrobat. "Buradaki enerjinin bir sıran yoktur. Yüklerin etrafındaki sanal parçacıklar bulutu sonsuza kadar daha da yoğunlaşmaya devam eder ve sonsuz miktarda enerji depolar. Daha karmaşık süreçlerin genliklerinin tek bir foton değiş tokuşununkinden daha küçük olduğu doğrudur ve böyle karmaşık süreçlerin olasılıkları da düşüktür, ama toplam enerjinin artmaya devam etmesi için çok daha fazla seçenek vardır. Bu enerji, yüklü parçacığın ölçülen kütle enerjisinden çok daha fazladır. Olası genliklerin büyük aralığı şurada olduğu biçimde gösterilir."

"7 *Peçeli'niri Dansı* yazan bir tabelanın bulunduğu kulübeyi gösteriyordu. Bu tabelanın önünde, sıkı biçimde peçeli bir yük manalı bir şekilde dönüyordu. Bunu nasıl yaptığını tarif etmek ya da hayal etmek imkânsızdı, ama Dorothy ile arkadaşlarının dikkatini kesinlikle çekmeyi başarmıştı. Büyük bir ihtiyatla, yük en dıştaki peçesini çıkartıp attı. Bu, etrafa yayılmış, ince ve narin, düşük enerjili bir fotondur. Bunu diğer peçeler takip etti. Bazıları ince, tek fotonlu değiş tokuşlardı. Bazıları ise iki ya da daha fazla fotonun aynı anda atıldığı daha büyük değiş tokuşlardı. Ara sıra ise yüklü bir parçacık çifti ile süslenmiş olan egzotik bir duvak geliyordu.

Dorothy artık yediden fazla peçe olması gerektiğini fark etmişti. Tabelaya baktı ve artık 77 *Peçeli'nin Dansı* yazdığını gördü. Peçeler birbiri ardına çıkıp duruyordu. Peçeler çıplak yüke yakın olan alanlardan geldikçe, onlara katılan parçacık-karşı parçacık çiftleriyle süslenmiş dizi dizi fotonlarla daha karmaşık hale geliyorlardı. Zengindi, egzotikti ve sonu yok gibi görünüyordu. Dorothy gözlerini hayranlık verici görüntüden bir an ayırdı ve tekrar tabelaya baktı. Şimdi 777 *Peçeli'nin Dansı* yazıyordu.

"Bunun bir sonu var mı?" diye sordu yanıt beklemeyerek.

"Hayır, yok. Yükten gelen sanal parçacık yayılımı sonsuza kadar sürer. Çekirdeğe yaklaştıkça, çok daha karmaşık ve egzotik bir hale gelirler ve çok daha yüksek enerjilere sahip olurlar.

Enerji bu alanda depolanır ve yüklü parçacığın kütlesine eklenen toplam sonsuzdur."

"Bu nasıl olabilir?" diye sordu Dorothy. "Parçacıkların kütlesi sonsuz değil ki. Elektronların da o kadar ağır olmadığımı söylediniz."

"Hayır, değil." Ama bu senin elektronun *dışından* gördüğün kütle ve bu kütle temel parçacık kütlesi ile aynı değildir. Bir çekirdeğin kütlesinin çekirdeğin içindeki proton ve elektronların kütleleri toplamından biraz daha az olduğunu biliyorsun. Yüklü bir elektronun, sanal parçacıklar alanını oluşturan elektrik yükü olmasaydı ne kadar kütlesi olacağını *bilemezsin*. Asla elektrik yükü olmayan bir elektron göremezsin. Çıplak bir elektronun ham kütlesi gözlemlediğin kütleden çok daha az olabilir. Bunun aksini söylemek için hiçbir sebep yoktur.

"Ama sanal parçacıkların enerjisinin sonsuz olduğunu söylemiştin! Elektronun kütlesi gördüğün küçük değerden *sonsuz miktarda* küçük olamaz ki!

"Neden olamasın? Kütlenin nasıl bir şey olduğunu düşünüyorsun? Bu tıpkı yerden yükseklikten bahsetmek gibi bir şeydir. Kütle çekimi potansiyeli (bir cismi havaya kaldırmak için sağlamak zorunda olduğun enerji) Dünya'nın kütleçekimi alanındaki yüksekliğine bağlıdır. Peki, yüksekliği nedir? Cismin düşebileceği en düşük yere uzaklığı diyebilirsin. Peki, bu yer neresi?"

Dorothy, "Peki, bu yeteri kadar açık," dedi. Yere, uzaktaki Zümrüt (ve Yakut ve Safir) Şehre kadar uzanan ve her yöne yayılan etrafındaki otlu alana bakıyordu. "İşte bu. Yer burası. Burası düşebileceğin en alçak yer."

"Ama gerçekten öyle mi? Arkanıza bakın, ama dikkatlice!"

Hepsi etrafa bakındılar ve aslında yerde açılmış çok derin bir çukurun kenarında durduklarını fark ettiler. Sadece birkaç adım ilerilerinde, Dünya aniden bitiyordu. Yarık sonsuza kadar iniyor gibi görünüyordu. Kenara kadar (dikkatlice) sokulup bu inanılmaz çukurun derinliklerine baktıklarında, dibini göremediler.

İlerilerdeki birkaç yıldız dışında görünen hiçbir şey yoktu.

"Peki, şimdi ne kadar düşebilirsiniz? Kütle çekim yüzünden potansiyel enerjisi olmadığını söyleyebileceğim yer seviyesi nerede?" Bir avuç toprak alıp karanlık çukura doğru fırlattı. Herkes toprağın dipsiz derinliklerde iz bırakmadan kaybolacağını beklemişti. Ama toprak bunun yerine şaşkın bakışlar arasında çukur üzerinde etrafa yayılıp gözden kayboldu.

"İşte, yer seviyesi," dedi Akrobat. "Başka bir şeye inanmak için hiçbir nedenin yok. Dedğin gibi, yer ayaklarımızın altımızda yayılır ve aşağıdaki gizli derinlikleri düşünmek ya da onlar-



dan şüphelenmek için hiçbir neden yoktur. Elektronun kütlesi için de aynı şey geçerlidir. Çıplak elektronun kütlesini bilemeye bilirsın. Ama bilmen de gerekmez. Kütlesinin sonsuz değerini dengeleyen sonsuz bir enerji borcu olabilir. Öyle olsa bile, *elektrik yükünden arınmış bir elektron ile asla karşılaşmayacaksın*. Senin tek ilgilenmen gereken 'giyinmiş' kütledir," dedi.

"Görebileceğin yegâne elektron giyimli elektrondur," diye tekrarladı. "Her elektron - yani her yük- sanal fotonlar bulutu ile

sarılmıştır. Gariptir ki bu fotonlar narindir ve çok az enerjiye ve momentuma sahiptirler. Kaynaklan olan yüke yaklaştıkça, bulut daha yoğunlaşır. Dengelenmiş sanal parçacık ve karşı parçacık çiftleri halinde daha fazla enerji ve elektrik yükü depolar. Başka bir yük bu sanal buluta yaklaştığında, bazı parçacıkları emebilir ve borç verdiği enerji ve momentumu elde edebilir. Daha önce de dediğim gibi, momentumun bir yükten diğerine transferi elektriksel kuvvetlerin etkisidir. Fotonlar yükü çevreleyen elektrik alanlarıdır ve kısa süreliğine sahip oldukları momentum ya da enerji başka bir yüke geçtiğinde, bu durum kendisini alan tarafından uygulanan kuvvet olarak gösterir. Akrobat, "Sanal parçacıklardan kaçabilecek hiçbir alan ya da kuvvet yoktur," diye bitirdi sözlerini. "Çok zaman harcadım. Hala enerjim varken gitmek zorundayım." Bunu dedikten sonra, foton çayırı boyunca taşıyan bir geri takla ile biz dizi düz taklalar atarak uzaklaştı.



RENORMALİZASYON/ SONLULAŞTIRMA

Sanal parçacık olası kümelerinin sayısı sonsuzdur. *Olası* oldukları için aslında bir bakıma gerçektirler ve enerjileri (ve yükleri) sonsuzdur. Artık, enerjinin kütle olduğunu ve örneğin elektronların da sonsuz kütleleri olmadıklarını biliyorsunuz. Bu bir paradoks gibi görünüyor.

Bunu çözmenin yolu, kütleyi yalnızca parçacıklar sanal genlik kıyafetlerini giydiklerinde biliyor olduğunuz için, bunu gözlemleyen değer olarak kabul etmek ve 'çıplak' kütle ve yükün istedikleri değerde olabileceğini söylemektir.

Bunu yaptığınızda, bundan sonra hesaplayacağınız *her şey*, şaşırtıcı bir biçimde, deneylerde gözlemlendiği gibi çıkacaktır.

Kendi başlarına kalmış olan grup etrafa bakındı. Yapı Taşı Yolu'nun bulundukları yerden uzaklara doğru uzandığını fark ettiler. Yol onları artık açıkça görülen ve çok da uzak görünmeyen Zümrüt (ve Yakut ve Safir) Şehre gidiyordu. Bir an önce yola koyuldular. Yürürlerken, Dorothy Akrobat'm söyledikleri hakkında derin düşüncelere dalmıştı.

"Sanırım böyle çeşitli sanal parçacıklar fırlatmak için enerji ödünç almak büyük bir enerji borcu ortaya çıkartıyor. Bir elektronun elektrik alam içindeki enerjiyi az da olsa anladım, çünkü enerjinin kütle demek olduğunu biliyorum. Anlamadığım ise sanal parçacık yayımlamanın bir parçacığın sahipmiş gibi görüldüğü toplam yükü nasıl değiştirdiği," dedi özel olarak kimseyi kast etmeden. Her zamanki gibi, Aslan ister açık ister üstü kapalı olsun her soruyu açıklama bekleyen bir davet olarak alıyordu. Hemen cevap verdi.

"Bunun nedeni sanal parçacık bulutunun farklı bir yük olarak gözlemleyebileceğin yüklü sanal parçacıklar içermesidir. Gördüğün gibi, bir elektrik yükü sanal fotonlar yayımlar ve bunlar da yüklü sanal parçacık çiftleri oluştururlar. Yani yükün korunumu doğrudur," diye devam etti iyice heyecanlanarak. "Oluşturulan her parçacık çiftinin toplam yükü sıfır olmak zorundadır. Toplamda net yükleri bulunamaz ama içindeki yükleri farklı konumlarda bulunabilir ve elektrik alam yerel olarak etkileyebilirler. Bir metalin içindeki elektronları düşün. Hareket etmekte özgürdürler ve bu yüzden metalin içinde bir elektrik alan olsaydı, elektronlar kendi yükleri tarafından oluşturulan alanlar ilk baştaki alanın etkisini yok edinceye kadar bu alan içinde hareket ederlerdi. Bu noktada, elektronlar üstünde toplamda hiç elektrik kuvveti olmazdı. Elektronlar her zaman bir metalin içindeki elektrik alanın etkisini yok edecek şekilde hareket ederler. İşte bu yüzden metal kutu içindeki bir cep telefonu çalmaz."⁵

⁵ Mesela bir otomobilde. Bir araba delikli bir metal kutudur (ön cam gibi delikleri olan) ve araba içindeki cep telefonu görüşmeleri genelde kötüdür. Cep telefonları arabaların içinde çalışır, bunun nedeni telefonların çok hassas olması ve deliklerin de oldukça büyük olmasıdır.

Dorothy'nin cep telefonu yoktu, ama insanların bu konuda söylendiklerini duymuştu.

"Elektronların bu hareketi metalin dışındaki alanı da etkiler mi? diye sordu.

"Yüzeye yakınlardakini, evet. Yeteri kadar uzak bir mesafede ise etkileri yoktur, çünkü elektron yükü metalik kafes içinde sabit duran pozitif iyonlardaki yükler tarafından dengelenir. Elektronlar hareket etmekte serbesttirler, iyonlar ise değildir, ama metalin toplam yükü sıfırdır."

"Öyleyse, bir elektrondan yeteri kadar uzağa gidersen - etrafta hiç yükün bulunmadığı bir yere - yükler nasıl dağılmış olursa olsun, elektronun yükü hiçbir yüklü sanal parçacık tarafından değiştirilmeyecektir."

"Yükü olmayan bir yer bulabilirsen, haklısın. Ama bulamazsın."

"Neden bulamam, anlamıyorum!" diye karşı çıktı kız. "Hiç elektron olmayan bir yerler bulabilmen gerekir. Bir vakum, mesela."

"Korkarım bunu yapamazsın. Bir vakumun bile bir etkisi vardır. Bunu göstermek için çok iyi bir yerdeyiz," diye devam ederken kendilerini bir yokuşta yürürken buldular. Dorothy yolun şehre giden asma bir köprü oluşturacak şekilde yükseldiğini görüyordu. Bu geçidin her iki tarafında geniş bir hendek vardı, ama suyla dolu değildi. Hiçbir şey ile doluydu. İçinde su yok ve dibi net biçimde görülebiliyor demek değildi bu. HİÇBİR ŞEY ile doluydu, büyük bir boşluk - maddenin ve içeriğin bir inkârı. Bu Vakum'du.

Bu hiçlik çukuruna bakarlarken, Dorothy hiçliğin içerisinde fukurdayan bir girdap olduğunu fark etti. Kaynamak üzere olan bir sıvının sürekli hareketi gibi bir şeydi. Daha önce gördüğü vıraklamayı yeni öğrenen kurbaga yavrularıyla dolu bir göl gibiydi. Her parçacık hareketliydi ama tam bir hareket yoktu.

"Aşağıda neler oluyor?" diye sordu Dorothy ilgiyle.

"Pekala, bu bir Vakum ve içinde her türden sanal parçacıkları görüyorsun - ya da hemen hemen görüyorsun."

VAKUM

Kuantum fiziğinde, vakum artık *hiçbir şey* demektir. Çok yoğundur.

Sanal parçacıklar kısa süreli varlıkları için gerekli olan enerjiyi kuantum enerji dalgalanmalarından alırlar. Varlıkları için kütle dışında hiçbir şeye ihtiyaçları yoksa hiçlikten ortaya çıkabilirler. Uymak zorunda oldukları başka sınırlamalar da vardır. Elektrik yükü korunmak zorundadır ve fermiyonlar yalnızca karşı parçacıkları ile oluşturabilirler.

Buraya kadar, sanal parçacıkları 'gerçek' parçacıklar tarafından yayımlanmış olarak kabul ettik, ama aslında onlara ihtiyaçları yoktur. Kuantum vakumu böyle bir titreşen yoğun sanal parçacık köpüğüyle doludur ve bu köpüğün gözlemlenebilir etkileri vardır.

"Ama bu nasıl olabilir? Sanal parçacıkların hep yükler ile ortaya atıldığını söylediniz ve ben de öyle kabul ediyorum. Ama bu bir vakumsa, orada kesinlikle yük yoktur ya da bu tür parçacıkların kaynağı olabilecek hiçbir şey yoktur."

"Doğası gereği büyük ihtimalle yoktur. Ama yükler olsaydı, bunlar sanal parçacık yayımlayabilirdi ya da fotonlar olsaydı, muhtemelen yüklü parçacık-karşı parçacık çiftleri yayımlarlardı. İlk başta enerji, yük ya da başka bir şeye ihtiyaç duymadan

her ikisi de gerçekleşebilir. Bildiğin gibi, bir şey mümkünse, zorludur. Her türden sanal parçacık için genlik mevcuttur.

"Bu çok anlamsız!" dedi Dorothy.

"Belki de öyle. Bu tıpkı 'tavuk mu yumurtadan, yumurta mı tavuktan çıkar' sorusu gibidir.⁶ Ama vakumun sanal parçacık genlikleri ile dolu olduğu ve *yüklenen* parçacıkların bir *vakum polarizasyonu* oluşturmak için ayrılacakları hala doğrudur. Bir kah cismin içindeki elektronlar ve atomik kabuklar da ayrılıp bir *dielektrik sabit* (bu malzeme içindeki alanları azaltan bir çarpan) oluşturması gibi, vakum içindeki sanal parçacıklar da bir elektrik alanın şiddetini azaltacak şekilde ayrılabilirler. Eskiden bir vakumdaki alanın şiddetinin azalmayacağı ve böyle bir alanın ölçülemeyeceği düşünülüyordu, ama bunun nedeni alanın her *zaman* vakumun içinde bulunmasıdır. Vakumun sahip olabileceği herhangi bir etki yaptığınız ölçümler için başlangıç noktasıdır ve bu yüzden vakumdaki bir alan normalde tespit edilemez."⁷

Dorothy hala bir şeylerin doğru olmadığını hissediyordu. İki sonsuz değeri çok küçük bir sonuç verecek şekilde toplamakta - ve sonra da insanların yaptığınız şeye inanmalarını beklemekte - bir şeyler yanlış gibi geliyordu.

"Bilmiyorum," dedi. "Her şey çok..." bu anda durdu, ne söyleyeceğinden pek emin değildi.

"Keyfi mi?" diye sordu Aslan. "Elektronun görünmeyen, çıplak yükünün her değere - özellikle de sonsuz ve negatif - sahip olacağını söylemenin her şeyi halının altına süpürmek gibi olduğunu hissediyorsun. Böyle radikal bir fikri doğrulamamın hiçbir yolu olmadığını ve yalnızca boş bir hayal olduğunu düşünebilirsin. Ama dolaylı da olsa bir doğrulama yöntemi var. Yalıtılmış

⁶ Burada cevap yumurtadır. Tamamen tavuğa dönüşmemiş bir şey tarafından yumurtlanmış tır.

⁷ Sanal genliklerin ölçülebilir etkileri vardır. Bunlardan bir tanesi, bir vakumun içinde yeteri kadar yakm olan iki metal plaka arasında parçacık genlikleri sayesinde zayıf kuvvet oluşturan Casimir etkisidir.

çıplak elektronun aslında sonsuz büyüklükte bir yüke sahip olduğunu kabul edince, diğer elektriksel özelliklerini hesaplayabilirsin. Bunlar da deneylerde gözlemlediğin değerler ile örtüşür - hem de çok kesin bir biçimde. İşte gördüğün gibi, kendisini senden gizleyen bir büyüklüğe görünüşte hiç olası olmayan bir değer atadığımda, *ölçebildiğin* pek çok şeyden doğru sayıları elde edebilirsin. Bu çok ikna edici bir yöntemdir."

Bu konuda tartışacak bir şey yoktu. Aslında, Dorothy şu ana kadar Aslan ile *herhangi* bir şey hakkında tartışmanın faydalı olduğunu pek görmemişti. Böylece grup Zümrüt (ve Yakut ve Safir) Şehri geçidi'ne vardı.

9. Bölüm

KU.Ā.R.Ķ.LARIN BÜYÜCÜSÜ

Dorothy ve arkadaşları şehrin açık geçidinden geçerlerken etraflarına bakıyorlardı. Her şey devasa boyutlarda inşa edilmişti ve üzerlerinde en ufak bir toz zerresi yoktu. Grup, görünür hiçbir renk olmayışı karşısında Dorothy'nin şehri uzaktan gördüğünde olduğu gibi, bir kez daha dehşete düşmüştü. Grinin tonları vardı ve her şey tamamen renksiz görünüyordu.

Nereye baksalar, tıpatıp aynı görünen hadron toplulukları ile dolu ve birbirinin aynısı olan caddeler görüyorlardı. Şimdi nereye gideceklerini merak ediyorlardı. Caddeler hadronlarla dolu olsa da, yolu sorabilecekleri hiç gerçek insan yoktu. Ne yapacaklarını tartışırken, yanlarında bir at arabası durdu.

"Atlayın," dedi sürücü. "Sizi oraya götüreceğim."

"Ama nereye gideceğimizi bilmiyorsunuz ki," diye karşı çıktı Dorothy.

"Büyücü'yü görmek istiyorsunuz," diye karşılık verdi sürücü.

"Bunu nereden biliyorsunuz?" diye yamtladı Dorothy şaşkınlıkla.

"Çok basit. Buraya gelen herkes Büyücü'yü görmek ister. Haydi gelin. Vakit kaybetmeyelim."

İçki kocaman olduğu için herkese, hatta Aslan'a bile, yer olan

arabaya bindiler. Kısa süre sonra caddelerde gösterişli biçimde yavaş yavaş ilerliyorlardı. Dorothy hiçbir yerde renk olmamasına rağmen, atın renginin mavi, kırmızı ve sonra da yeşilin göz alıcı tonları arasında değişip durması karşısında hayrete düşmüştü. Cevabın pek yardımcı olmayacağı önsezisi ile bu ilginç davranışı sordu. "Ah, Bayan," diyerek çenesini sıvazladı sürücü, *"bu farklı renklere sahip bir attır"*¹¹ belki duymuşsunuzdur."

Tam bu anda Büyücünün Sarayı'nın girişine vardılar. Sürücüye teşekkür ederek arabadan indiler. Sürücü uzaklaşırken hâlâ gülüyordu. Bir kez daha nereye gideceklerini sorabilecekleri kimse yoktu, ama arkasında etkileyici bir koridor olan yüksek bir kapı önünde durdukları için, bu sefer ne yapacakları belliydi. Kapıdan geçtiler ve heyecanla koridorda yürümeye başladılar. Aslında yalnızca üçü heyecanlıydı, Aslan tabii ki kusursuz biçimde kendinden emindi. Hep birlikte, büyük bir dinleyici salonuna girdiler.

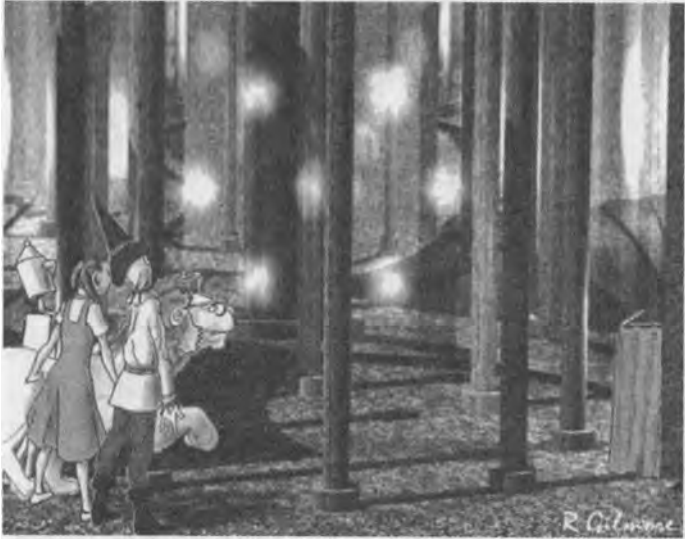
Kapıdan geçer geçmez, salonu görmeleriyle birlikte içlerini büyük bir huşu kapladı. Çok büyüktü ve inamlmaz derecede yüksekti. Her yandaki solgun gri renkteki uzun sütunlar, ancak yüksekte olması nedeniyle hatları ortaya çıkan, puslu gri renkteki kemerli büyük tavanla bileşiyorlardı. Bulundukları alanın yansımasını verecek kadar cilalanmış kıvrımlı duvarlar nedeniyle salon olduğundan daha da büyük görünüyordu. Sütunların ötesinde garip şekiller ve uzak kısımlar göze çarpıyordu. Büyücünün salonunun ötesinde algılanan dış dünyadaki bu belli belirsiz karmaşanın içlerindeki basit gerçekliği ortaya çıkarmak için var olduğunu söyleyebilirdiniz. Alanın ortasında yoğun biçimde parlayan şekillerin bulunduğu bir rozet havada duruyordu: Sekiz kocaman hadron tıpkı koleksiyoncunun örneğinde gördükleri gibi altıgen bir yapıdaydı ama devasa bir boyuta ulaşmışlardı. Bu hadronların basit simetrisi dizinin pek çok kez tekrarlanması nedeniyle insanın aklını karıştıran birçok yansıma tarafından gizlenmişti.

¹ Bunu nostalji olsun diye ekledim; bir filminden aldığım bir espri. Renklere değinmesi uygun geldi.

"KİMSİNİZ?" diye salonun her tarafında yankılanan sahipsiz bir ses gürledi bir anda.

"Ben Dorothy ve bunlar da arkadaşlarım Gözlemci Korkuluk, Teneke Kafa ve Emin Aslan," diye yanıtladı heyecanla. "Kuarkların Büyücüsü ile konuşmak istiyoruz."

"BÜYÜCÜ BENİM. BEN KUARKLARIN BÜYÜCÜSÜYÜM. HADRONLARIN LORDU. DÜNYANIZI OLUŞTURAN EN TEMEL PARÇACIKLARIN EFENDİSİ," diye gürledi aynı ses etraflarında.



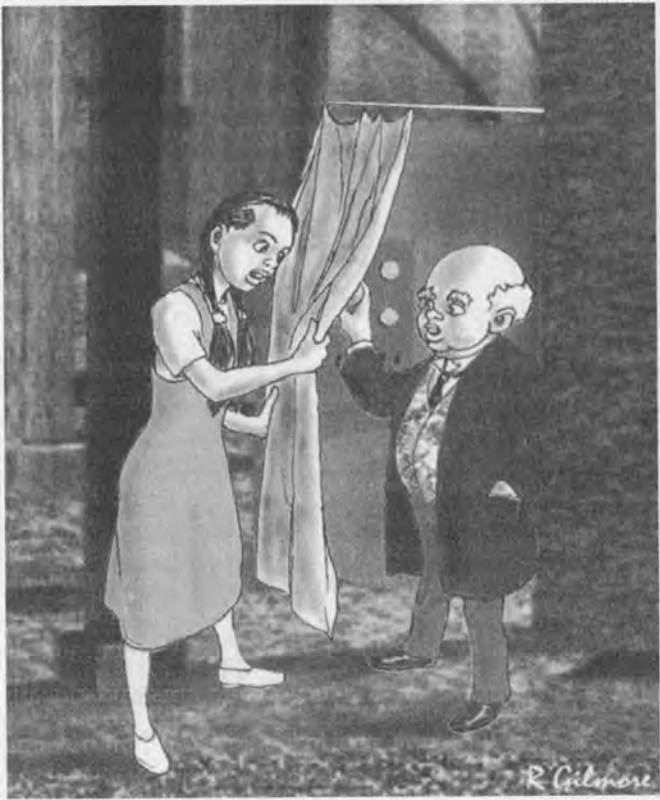
"Ben de bunu konuşmak istiyorum," dedi Dorothy cesaretini toplayarak. "Dünyama dönmeliyim ve bana bu konuda yardımcı olabileceğinizi duydum. Acaba...?"

"SESSİZ OL!" diye bağırdı sahipsiz ses. Üstlerinde duran hadron deseni o anda sekizlik bir rozetten kısa süre önce koleksiyoncunun çekmecelerinde gördükleri gibi on tanelik bir üçgene dönüştü. Sayıları oldukça fazla olan hadronlar daha da yükseldi ve tepelerinde süzülürken öncekinden daha da tekinsiz gö-

19. BÖLÜM

ründüler. İhtişamlı sesin yankısı salonun her tarafından duyuldu ve duvarlar sarsılıyormuş gibi oldu. Sarsılan şey aslında odanın bir köşesini örten perdeydi ve Dorothy onun arkasında bir hareket olduğunu hissetti. Gidip perdeyi kaldırdı.

"PERDENİN ARKASINDAKİ KÜÇÜK ADAMI BOŞVERİN!" diye kükredi tüm odayı dolduran güçlü ses. Dorothy'nin perdeyi çekince gördüğü şey de buydu: Düğmelere basıp önünde asılı olan mikrofona konuşan kel kafalı, küçük bir adam.



"Kimsiniz?" diye sordu.

"BEN BÜYÜK VE KUDRETLİ... Kuarkların Büyücüsüyüm,"

diye zayıf bir sesle bitirdi konuşmasını, yüzünü mikrofondan uzaklaştırırken.

"Büyücü gerçekten siz misiniz?" diye sordu Dorothy, hayal kırıklığıyla.

"Evet, korkarım öyle. Kuarklar dışında burada bir tek ben varım işte."

Ayağı etrafındaki dar bir alanda toplanmış olan çok sayıdaki küçük, renkli cisimleri belli belirsiz selamladı. Aym anda, büyük, rengârenk hadron dizileri aşağıya düşüyor ve arkalarında yerde telaşlı biçimde dolanıp duran küçük, renkli kuarklar topluluğundan başka bir şey bırakmıyorlardı.

Dorothy keşfine daha yakından baktı. Artık onu daha net görebildiği için, kel kafalı ve favorileri olan küçük, yaşlı bir adam olduğunu anlamıştı. Şişman olduğu anlaşılıyordu ve çok mahcup görünüyordu. Eğer daha önce karşılaştıkları hadron koleksiyoncusu değilse, onun spor kıyafet yerine frak içinde daha resmi giyimli görünen ikizi olmalıydı.

"Daha önce tanışmış mıydık?" diye sordu. "Sizi Cern Krallığı'nda hadron toplarken görmemiş miydim?"

"Ah, evet" diye yanıtladı Büyücü. Şimdi çok daha mahcup görünüyordu. "Hadron toplamak benim hobim. Her zaman koleksiyonumdan bulunanlardan daha nadir ve daha egzotik olanları arıyorum. Hadronlar ne de olsa kuark grupları oldukları için bu size anlamsız gelebilir. *Burada böyle giyinmemin nedeni de bu. Her şeyi daha gizemli ve egzotik yapmak...*

"Ama onlar yine de kuark grupları değil mi?" diye sordu Dorothy. Bu bilgiden şüphelenmesi için özel bir neden yoktu, ama bir cevap gerekli gibi görünüyordu.

"Ah, evet. Fermiyon olan baryonlar üç kuark grubundan oluşurlar. Mezonlar ise güçlü etkileşimi olan bozonlardır. Bir kuark ile karşı kuark birleşimdirler."

HADRONLARIN KUARK BİLEŞİMİ

Hadronlar diğerleriyle *güçlü etkileşim* ile etkileşime giren parçacıklardır. Hem fermiyonların (baryonlar adında) hem de bozonların (mezonlar adında) pek çok türü vardır (metinde de belirtildiği gibi). Hepsi de kuarklar adındaki az sayıdaki daha temel parçacıktan meydana gelirler. Baryonlar üç kuarkın birleşimidirler, mezonlar ise bir kuark ile bir karşı kuarktan meydana gelirler.

Şu anda kuarklardan daha temel hiçbir parçacık bilmiyoruz.



"O zaman karşı kuarklar da mı var?

"Aslında var. Her parçacığın kendi karşı parçacığı vardır. Biraz garip gelse de, bazı durumlarda bunlar *aynı* parçacıktır. Bir fotonun karşı parçacığı da bir fotondur, mesela. Tüm fermiyonların farklı karşı parçacıkları vardır, karşı fermiyon olan parçacıkları. Kuarklar fermiyondur, bu yüzden çok farklı karşı kuarklar vardır.

Haydi bu gülünç salondan çıkalım. Buranın tek amacı etkilemektir ve pek işe yaramıyor gibi görünüyor."

Geniş dinleyici salonun bir köşesindeki kemerli bir açıklıktan dışarı çıkıp mozaik kaplı zemini olan aynalı bir koridora geldiler.

"Tüm bu egzotik hadron dizilerinin sadece birkaç kuarktan meydana gelmesi garip görünüyor" dedi Dorothy.

"Olağanüstü gelebilir," diye yanıtladı Büyücü, "ama bu yeni bir şey değil aslında. Dünya'mn da, bir katmandaki karmaşık

yapıların alttaki birkaç katmanın üzerine inşa edildiği benzer bir yapıdan oluştuğunu görebilirsin. Çarklar içindeki çarklar gibi. Hepsi de bir ceviz kabuğunda."

"Ceviz kabuğunun içinde ne var?" diye sordu Dorothy, kafası karışmıştı.

"Ah, başka bir ceviz kabuğu. Kendisini tekrar edip duran bir dizi. Dünyanın çok karmaşık ve çeşitli bir yapısı vardır ve sen her seferinde yeni bir seviye bulursun. Bu yeni madde seviyesi yalnızca birkaç cisim içeriyordur ve buradaki daha temel olan parçacıkların gördüğün tüm karmaşık yapıyı oluşturmak için birbirleriyle birleştiğini keşfediyorsun. Dünya birden çok zarif bir basitlikte görünüyor. Sonra bu temel parçacıklarından ilk başta düşündüğünden çok daha fazla olduğunu görürsün. Sonra daha da fazla bulursun ve bu kadarı artık çok fazla gelir. Basit resim bir kez daha karmaşık hale gelir."

"Ah, Tanrım," dedi Dorothy, "Sonra ne olur?"

"Tabii ki sonunda yeni bir seviye bulursun. Bildiğin her şeyi oluşturan sadece birkaç şey içeren bir seviye. Temel ve inanılmaz güzellikte yeni bir seviye. Genel yapı burada gösteriliyor," diye aniden bitirdi sözlerini.

Dorothy ilerledikleri koridorun, zeminin ortasına bakan spot ışıklarının çevrelediği alçak, kubbeli tavanı olan yuvarlak bir odaya açıldığını gördü. Buradaki zemin dairesel bir desen ile döşenmişti ve zeminin ortasından büyük küresel bir heykeli tutan özenle hazırlanmış bir çerçeve yükseliyordu. Küre dairesel alanın büyük kısmını dolduruyordu ve yerleştirildiği yer üzerinde yavaşça dönüyordu. Özenle işlenmişti ve yüzeyim kaplayan kıvrımlı şekiller arasında her tür hayvan görülebiliyordu. İnekler, yunuslar, insanlar, köpekler, kediler ve fareler vardı. Büyük şekiller arasında minik oymalar da vardı: Tüm ayrıntılarıyla minik böcekler ve bakteri boyutuna inen minyatür yaratıklar. Mevcut ayrıntılarda hiçbir eksiklik olmadan DNA'nın çifte sarmallı yapısının tasvirine kadar iniyordu. Böylesine karmaşık yapıların insan gözünün sınırının altında olduğu dikkate alındı-

ğında, Dorothy bunu nasıl fark ettiğini anlamamıştı. Bununla birlikte, olası ayrımtı miktarının bu seviyeye kadar hiçbir kesinti olmadan düzgün olarak arttığını biliyordu.

Bu büyük kürenin yüzeyindeki oymalar oradaki buradaki delikler ile delik deşik olmuştu. Bu deliklerden daha alt bir seviyede bulunan küresel bir kabuk görülebiliyordu. Bu kürede tüm dünyanın üzerine kurulduğu atomların gösterimi yer alıyordu. Dorothy hidrojen, azot, oksijen ve tabii ki karbonu gördü. Başka atomlar da vardı: Demir, silisyum, fosfor, altın. İçteki küre dışıta-kiyle birlikte dönüyordu ve döndükçe de dıştaki cisimlerin arasındaki boşluklardan daha çok atom görülebiliyordu. Tungsten, titanyum, platin, uranyum ve çok farklı türdeki atomlar yüzlerce taneye ulaşana karar belirmeye devam etti. Çok daha küçük ve daha az çeşitlilikte olmasına rağmen bu kabuk bile karmaşık hale gelmeye başlıyordu.

Bu iç kabuk da kendisini daha derindeki yapıların görüldüğü boşluklara sahipti ve bu yapı döndükçe izleyiciler içteki başka bir küreyi görebiliyorlardı. Bu küre ilk başta çok basit ve temel göründü. Yüzeyinin her tarafına elektron sembolleri saçılmıştı ve protonlar ile nötronlar hep birlikte bu üst kabukta yer alan atomların temelini sağlıyorlardı. Bununla birlikte, iç kabuk dıştaki ile birlikte döndükçe, proton ve nötronların mevcut olan tek hadronlar olmadıkları anlaşıldı. Dorothy ve arkadaşları hiperonları, Λ ve N^* rezonanslarını, n ve K mezonlarını, p , $\bar{p}$, Λ^0 ve diğer pek çoğunu gördüler. Tüm Roma ve Yunan alfabesi kullanılmıştı ve yine de yetmiyordu. Hadron meclisinin her bir üyesini ayrı ayrı gösterebilmek için bunların π^+ , π^- , π^0 , η gibi ilave etiketlerle geliştirilmeleri gerekiyordu. Sayılar yukarıdaki atomların sayılarından çok daha fazlaydı ve bu yüzden bu seviyede dünyanın nihai basitleştirilmesi çabası da yetersiz gelmeye başladı.

Bu kabuk da içlerinden başka bir seviyenin görülebildiği düzensiz kesiklerle delik deşik olmuştu. Bu son gizli küre kuarkların renkli gösterimlerini içeriyordu. Biraz şaşırtıcı olmakla birlikte, bu seviye de elektron ve birkaç diğer lepton ile birlikte gös-

teriliyordu. Keşfedilen ilk parçacık olan elektron² doğanın nihai yapıtaşları grubundaki kuarklar arasında yerini almıştı.

Bu son kürenin yüzeyinde kesikler yoktu ve içindeki başka bir küre görünmüyordu.³

"Bu benim en sevdiğim sanat çalışmalarından biri," dedi Büyücü. "Adı Doğa. Fiziksel gerçekliğin birbirini takip eden katmanlarını gösterir. Her katmandaki öğeler alttaki katmandan inşa edilen bileşik yapılardır. Kuarklarım ise en temelde yer alır, onu zemine oturtmayı başardım. Yani, kuarklar son noktadır diyebilirsiniz. Gelin size kuarkların doğası hakkında daha fazla bir şeyler göstereyim."

Doğa'nın karmaşık gösteriminin etrafından dolandılar ve odayı geldikleri geçidin arkasında bırakarak bir yol boyunca Büyücü'yü izlediler. Bu pasaj geçen seferkinden çok belirgin biçimde daha az göz alıcıydı. Duvarlar mat, kirli bir sarı ile boyanmıştı ve zeminde donuk kaplamalar vardı ve ortada da yırtık ince uzun bir halı duruyordu. Koridorun biraz ilerisinde bir hücre içinde bulunan bir otomat vardı. Üzerinde "*Kuarksickels: Üç Renk! Altı Tat!*" yazan bir etiket ile önünde "renk" ve "tat" yazan düğmeler vardı. Büyücü, Dorothy'ye bir tanesini seçmesini istedi. "Üç tat seçmek zorundasın," dedi.

"Bunu yapmam şart mı" diye sordu Dorothy.

Büyücü "Evet," dedi ve o da 'y¹ yazan bir düğmeye, ardından 'a¹ yazan ve sonra hiçbir neden yokken tekrar 'y¹ yazan düğmeye bastı.

"Artık istediğim rengi seçebilir miyim?" diye sordu.

² • Elektron Victorian dönemlerde J. J. Thomson tarafından Cambridge'de (İngiltere) 1897 yılında gözlemlenmiş ve bir parçacık olarak tanımlanmıştır.

³ Şu anda bilindiği kadarıyla, kuarklar ve leptonlar (bunlar arasındaki etkileşimi taşıyan ara bozonlarla birlikte) Doğa'nın nihai temel bileşenleridir. Bununla birlikte, proton ve nötron ilk keşfedildiğinde de aynı şeyin onlar için de düşünilüğünü itiraf etmeliyim.

"Hayır, buna gerek yok. Her biri farklı renkte olan üç kuark alacaksın zaten. Bu bakımdan seçeneğin yok."

Büyücü konuşurken, makineden üç renkli cisimden oluşan bir grup çıktı; bir kırmızı, bir yeşil ve bir mavi. Birbirlerine bir tür telle bağlanmışlardı.

"Güzel ama sıra dışı bir seçim yaptın. Şuradaki bir proton. Tüm güçlü etkileşimli fermiyonlar gibi üç kuarklı bir gruptan oluşur ve bu proton da iki 'yukarı' kuark ile bir 'aşağı' kuarktan oluşur."

"Yukarı ve aşağı tat demek değil ki," diye karşı çıktı Dorothy.

Büyücü'nün yaratı, "Ah, evet öyle! Her nasılsa onlar kuarklar için," oldu.⁴ "Hem proton hem de nötron yukarı ve aşağı tatlardan yapılmıştır. Nötron da yalnızca 'yukarı' ve 'aşağı' kuarklardan yapılmış olması bakımından tıpkı proton gibidir ama yalnızca 'yukarı' tatlardan biri ile 'aşağı' tatlardan ikisini içerir. Bu iki tür kuark kendi başlarına tüm atomlardaki her çekirdeğin ana bileşenlerim vermeye yeter. Başka kuark türleri de vardır ama onlar yalnızca pek sık görmediğin daha egzotik hadronlarda bulunurlar. Dedikleri gibi, yaşam *iniş ve çıkışlarla* doludur."

"Neden üç kuarka sahip olmam gerekiyor?" diye sordu Dorothy.

"Üç farklı renge sahip olabilmen için, tabii ki. Bu şekilde renksiz bir parçacık elde edebilirsin ve senin dünyanı oluşturanlar da işte bu tür renksiz parçacıklardır. Üç kuark birleşimi sana baryonları verir. Renksiz bir parçacık elde etmenin başka bir yolu da uygun karşı renkteki bir karşı kuark ile birleşmiş olan renkli bir kuark bulmaktır. Mezonların yaptığı şey budur. Tıpkı

⁴ Kuarkların rengi ve tadı var denir. Bunlar sadece isimdir ve gördüğümüz veya yediğimiz herhangi bir şeyin rengi ya da tadı ile hiçbir ilgileri yoktur. "Renkler" kırmızı, "yeşil ve mavi" olarak adlandırılır ama bunlar sıradan renklerle ilgileri olmayan isimlerdir. Gördüğümüz renkler gözümüze giren görülür fotonların frekansına bağlıdır. Kuarkların "tat" isimleri ise en azından günlük tatlardan bahsetmediğimizi vurgular. Yukarı, aşağı, garip, çekici, üst ve alt olarak adlandırılırlar - çilek tadı olarak değil.

bir pozitif ve bir negatif elektrik yükünün elektriksel olarak yüksüz bir cisim oluşturmaları gibi, bu birleşim de renk bakımından yüksüzdür. Dünyam meydana getiren atomların elektriksel olarak nötr olduklarını biliyor musun?"

"Evet, bunu duymuştum," dedi Dorothy. "Öyleyse, bahsettiğiniz renkler elektrik yükleri gibi bir şey mi?"

"Evet, aşağı yukarı öyle," diye yanıtladı Büyücü. "Renk..."

"Kenara çekilin beyefendi. Renk benim uzmanlık alanım. Büyücünün sözü daha önce görmedikleri biri tarafından kesilmişti. Kimse geldiğini görmemişti. Uzun süre fark edilmeden buradaymış gibiydi, aslında öyleydi de çünkü temel etkileşimler her zaman mevcuttur. Oldukça kısa boyluydu ve diğer Cadılar gibi siyah giyinmişti, fakat ona daha çok yakışmıştı.

Kısa siyah bir pelerini ve dizlerine kadar inen siyah elbisesi uzun siyah çizmelerle tamamlıyordu. Diğer Cadılar gibi sivri bir şapka takıyordu, ama bununki Afrikalı tarzındaki saçlarının büyük bukleleri içinde çok az görünen ince bir şapkaydı. Vücudundan sürekli yeşil, mavi ve kırmızı dalgalar çıkıyordu.

"Ben Renk Cadısı'yım," dediğinde kimse pek şaşırmadı. "Hadronları oluşturmak üzere kuarkları bağlayan renk kuvvetlerim kolluyorum. Renklerin elektrik yükü gibi olup olmadıklarını sordun. Öyleler ama biraz daha özgür bir yapıdalar. Benim üç renk yüküm olduğu için büyük bir özgürlüğe sahibim. Bunlar genellikle kırmızı, yeşil ve mavidir ve bildiğin sıradan renkler ile hiçbir ilgileri yoktur. Benim renklerim gördüğün renksiz dünyanın ardındaki gizli renklerdir.



"Benim dünyam renksiz değil ki," dedi Dorothy heyecanla. "Kansas'ta her taraf rengârenktir, ama yeşilin biraz baskın olduğunu kabul etmeliyim."

"Dikkat et, kardeşim," dedi Cadı hemen. "Işığın renklerinden bahsetmiyorum, kuarkların renklerinden bahsediyorum. Buradaki şişman arkadaşın, renk yüklerinin tıpkı EM'in elektrik yükleri gibi birbirlerini nasıl yok ettiklerini biraz önce söyledi, ama ben EM'den daha iyi bir iş yaparım. Yalnızca bir tür elektrik yükü olduğu için o biraz sınırlıdır, ama benim üç farklı renk yüküm vardır: kırmızı, yeşil ve mavi."

"Yalnızca iki tür elektrik yükü yok mu - pozitif ve negatif?" diye karşı çıktı Dorothy.

"Hayır, iki tür yok. Biri yük diğeri ise karşı yük."

"Hangisi hangisi?" diye sordu kız.

"Hangisini istersen. Yük ve karşı yük birbirinin zıttıdır. Pozitif ve negatif yükler de zıttır. İsteddiğine yük, istediğine de karşı yük diyebilirsin. Önemli olan," diye devam etti kendinden emin bir biçimde, "üç türlü yükün yüksüz bir birleşim elde etmek için elektriğin tek türünden çok daha fazla seçenek sunmasıdır. Bir seçenek, elektrikte olduğu gibi parçacık-karşı parçacık çiftlerini kullanmaktır. Mezonlar böyle meydana gelirler, bir kuark ve karşı kuarktan oluşurlar ve kırmızı ve karşı kırmızı renkte olabilirler - ya da yeşil ve karşı yeşil ya da başka renklerde."

"Öyleyse karşı kuarkların karşı renkleri var" diye tahminde bulundu Dorothy.

"Evet," dedi Cadı hemen. "Ama yüksüz bir bütün oluşturmaya başka bir yolu daha var," diye devam etti, "ve bunda renksiz hale gelmek üzere birleşecek olan her biri farklı renkte üç kuark bulunması gerekir. Üç tür yüke sahip olmanın en çarpıcı etkisi değiş tokuş bozonlarını düşündüğünde ortaya çıkar."

"Onlar da ne?"

"Renk etkileşiminin taşıyıcıları. EM'nin fotonlar var ve elektriksel etkileşimi taşırlar. Benim gluonlarım var ve onlar da renk

için aynısını yaparlar. Arada ise büyük bir fark var. İki yük arasında etkileşim taşıyan ara bozonlar bir yük ve karşı yük karışımı taşırlar. Fotonlar pozitif ve negatif yük karışımı taşırlar ve bu da hiç yükleri olmadığı anlamına gelir. Fotonların elektrik yükleri yoktur, bu yüzden birbirleriyle elektriksel etkileşime girmezler. Gluonlarda ise farklı bir durum vardır."

"Öyle mi?" dedi kız. Cadı sustuğu için kız bir yorum yapmasının beklendiğini hissetti, ama akıma hiçbir şey gelmiyordu.

"Evet, gluonlar da bir renk yükü ile karşı yük karışımı taşırlar, ama bu sefer zıt olmaları gerekmez. Renkleri birbirlerini yok etmezler. Birden fazla renk yükü türü olduğu için, bir gluon içinde bir kırmızı ile karşı yeşilin ya da bir başkasında mavi ile karşı kırmızının bulunmasını bekleyebilirsiniz. Gluonlar renk taşırlar ve bunun çok uzun menzilli sonuçları vardır. Gelin bakın."

Koridorun ortasındaki eski halının üzerinden yürüdüler ve düz, hiçbir özelliği olmayan bir kapıdan geçerek sola döndüler. Kendilerini etrafa az çok bilindik oyuncakların saçıldığı uzun, dar bir odada buldular.

- Dönen bir top vardı ama bu top hiç yavaşlamadan hep tamamen aynı hızda dönüyordu. Dahası, ona nereden bakarsanız bakın, eksenini bu belirli yöndeymiş gibi duruyordu.

- Parçalara ayrılmış bir karton oyun vardı. "*Snakes and ladder*"⁵ gibi görünüyordu ama içinde çeşitli atom seviyeleri arasında yukarı tırmanan ya da aşağı kayan elektronlar vardı.

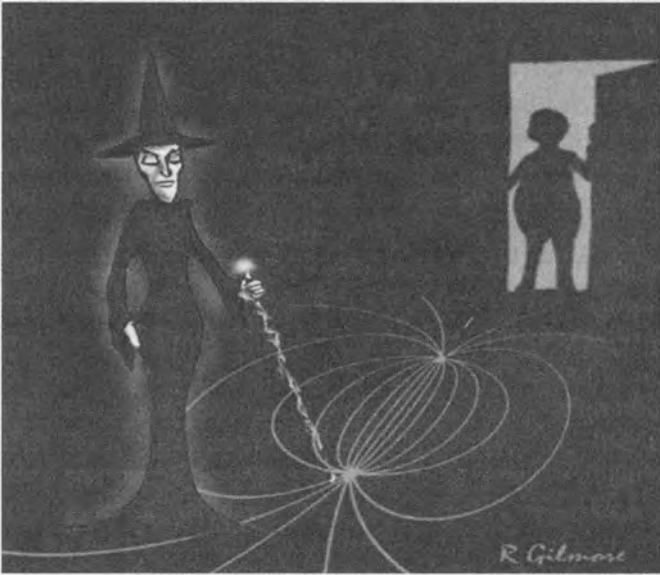
- Bir lego parçaları yığını vardı ve yakından baktıklarında her bloğun daha küçük blokların üstünde durduğu anlaşılıyordu ve bu bloklar da daha küçüklerin...

- Bir tarafında bulunan kapısı dışında hiçbir özelliği olmayan büyük bir kutu vardı.

⁵ Snakes and Ladder (Yılanlar ve merdiven): İki yada daha fazla oyuncu tarafından oynanan ve amacı merdivenleri kullanarak yılanlardan uzak durmak olan Hindistan kökenli bir oyun.

Büyücü bu kapıyı açtı ve Cadı ile Dorothy'nin grubunun geçmesi için kibarca kenara çekildi ve sonra onların peşinden gitti. İçerisi boştu. Boş bir kutu demek değildi bu. *Hiçbir* şey vardı. Tamamen özellihsiz, boş ve şekilsiz bir bölgedeydiler "

Burası oyuncak evreni," dedi Büyücü heyecanla. "Çok faydalıdır. Her teorisyenin bunlardan bir tane olması gerekir. Olaylara gerçek dünyadaki zorluklar olmadan bakabileceğin bir yer sağlar. İki kuark yalnız başlarına incelemek istiyorsan, onları koyacak bir oyuncak evrenine ihtiyacın vardır. Gerçek dünyada, kuarklar hadronlar halinde birleşirler. Hadronlar çoğunlukla kendileri de atomların merkezlerinde bulunan atomik çekirdeklerde bulunurlar. Atomlar da dünyam meydana getiren molekül ve bileşikleri meydana getirmek için birleşirler ve o zaman dünyamn ne kadar karmaşık bir yapıda olduğunu anlayabilirsin. Olaylara basitçe bakabilmek için, kendi oyuncak evrenine ihtiyacın var - bunun gibi bir tanesine.



"Tamam," dedi Cadı birden, izleyicilerinin önüne geçerek. "Elektrik ve renk kuvvetleri arasındaki farkı göstermek için, en

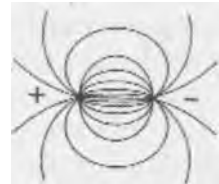
iyisi iki yük arasındaki etkileşime bakalım. Önce, elektrik yükleri ile neler olduğuna bakacağız. Sanırım bunu sen yapmalısın," diye ekleyip uzun boylu EM'i selamlamak için arkasım döndü. Hep buradaydı gibi duruyordu - buradaydı da zaten.

EM önlerine geçmek için ileri doğru yürüdü. "Bir elektron tarafından taşınan elektrik yükünü düşünün," diye başladı. Önlerindeki boş evrende yüzen bir elektrik yükü belirdi. "Bu yükün etrafında bir sanal foton akışı var," diye devam etti ve elindeki olağanüstü değneğini çatırtıyla aşağıya doğru uzattı (Bu evrende değneğin çarpıp da çatırtıdayacağı hiçbir şey olmaması bakımından bu durum daha da dikkate değirdi). Yükten, bir tekerlekten fırlayan çamurlar gibi ince çizgi izleri çıkıyordu ve sonsuza kadar gidiyorlardı. Yükler kaynaklarından uzaklaştıkça, daha da yayılıyor ve belirsiz hale geliyorlardı ve böylece foton genliğinin uzak mesafelerde nasıl düştüğünü ve elektriksel etkileşimin artan uzaklıkla azaldığını gösteriyordu.

"Şimdi bir foton gibi zıt yüklü ikinci bir yükün alanı nasıl etkileyeceğine bakın," diye emretti Cadı. Oyuncak evreninde ikinci bir yük belirdi. Bu yükün de tıpkı ilk yük gibi kendisinden çıkan akı çizgileri vardı. İki yükten çıkan çizgiler üst üste bindi bu noktalarda genliklerde olduğu gibi birleştiler. Üst üste binen akı çizgileri bulanıklaştılar ve bir yükten çıkıp iki yük arasında kıvrılıp İkinciye giden tek bir grup çizgi oluşturdular. Akı çizgileri, iki yükü birleştiren çizgilerden uzakta, çıktıkları ve gittikleri yüklerden daha da uzaklara yayılmak için büyük eğriler oluşturarak genişliyorlardı.

İKİ ZIT YÜK ARASINDAKİ ELEKTRİK YA DA FOTON ALANI

Bir pozitif ve negatif yük arasındaki elektrik alanda, sanal fotonların genliğinin izlediği akı çizgileri yüklerden uzaklaştıkça daha da



yayılp belirsiz hale gelirler. Sanal fotonların bu olasılık genliği dağıldığı için, yükler birbirinden uzaklaşırken alan zayıflar.

"Fotonlarıma bakınca, aralarında elektriksel etkileşim olmadığını görüyorsunuz. Bu yüzden, ondan uzaklaştıkça çizgiler daha da yayılarak ayrılırlar, dedi EM. "Bir yükte başlayan akı diğerinde son bulur, bu nedenle elektriksel etkiler büyük oranda iki yükten herhangi birine yakın olan bir bölge içinde meydana gelir. Uzak mesafelerde, iki yükün etkileri birbirini yok eder ve böylece yeterli bir bölgede Kütle Cadı'sının zavallı alanı baskın olur." EM küçümseyerek konuşmuştu.

"Yüksüz bir atomun dışındaki elektronların elektrik alanlarının her mesafede çok az etkisi vardır. Birbirine çok yakın olan atomlar için, elektrik alanlar dengelenmiş durumda *değildir*, çünkü elektronlar ile pozitif yüklü çekirdek atomun içinde tam olarak aynı yerde bulunmazlar. Zıt yüklerin bu küçük konum farklılığı, birbirlerinin etkilerini yok etmelerim engeller ve bir katı maddenin içindeki atomları bağlayan kuvveti meydana getirir. Bir demir zincirin dayanıklılığı yalnızca elektrik alandaki sanal fotonlardan gelmez, zıt yükler birbirlerini yok ettiklerinde geri kalan küçük etki de etkili olur. Zıt yüklerin birbirlerini yok etmeleri nedeniyle, atomların ötesindeki büyük ölçekli dünyada elektriğin pek izi görülmez. Bağlarım güçlü olsalar da kırılmaz değildirler. *Kırılabilirler*.

Yük Cadısı parmağıyla daha uzaktaki bir yükü gösterdi ve parmağının ucundan yüksek enerjili bir foton parladı ve yüke çarpıp ona enerji verdi. Bu yük aniden diğerinden uzaklaştı ama elektrik alan onu bırakmak istemiyordu. İlerledikçe elektrik kuvvetlerine karşı mücadele ediyor ve enerji kaybediyordu. Yavaşlıyordu ama ilerledikçe kuvvet de gitgide zayıflıyor ve bu yüzden de yükün enerji kaybetme oranı azalıyordu. Kaybeden

taraf zayıflayan alan oldu. Yük oyuncak evrenin derinliklerine doğru kayboldu. Oyuncak evreni çocuk odasındaiken çok küçük görünmüştü ama bir oyuncak evreninin yapmak zorunda olduğu biçimde içindeyken sonsuza kadar genişlemişti.

İki yük artık birbirlerine bağlı değillerdi, tıpkı iyonize olmuş bir atomdan kopan elektron gibi. "Böyle yükler arasında tam elektriksel etkileşim uzun mesafelerde hissedilebilir ve kütleçekimin düzgün dağılmış yapısının ortasında dalgalanan elektromanyetizm bayrağını taşıyanlar ise işte bu birkaç serbest yükür. Bu serbest parçacıklar senin büyük ölçekli dünyanda bile tespit edebileceğin elektriksel etkiler meydana getirirler. Atomlardan kopup serbestçe dolaşan elektronlar (metallerin içinde sıkıca saplanmış atomlar) elektrik ışığı ve televizyon tüpleri içindeki elektrik akımlarını meydana getirirler."

"Doğru!" diye Renk Cadısı araya girdi. "Şu anda benim etkileşimim daha güçlü ve en azından EM'nin ulaştığı mesafelere ulaşabilir ama muhtemelen onu hiç fark etmedin bile. Bunun *nedeni* benim etkileşimimin çok güçlü olması ve hiçbir izini göremeyeceğin kadar uzaklara gitmesidir.

"Burada büyük bir çelişki varmış gibi görünüyor," diye karşı çıktı Dorothy.

"Aslına bakarsan yok," diye devam etti Cadı. "Kütleçekimin farkındasın çünkü dünyadaki tüm kütle onu ortaya çıkaracak şekilde çalışır. Burada birbirinin etkisini götürme ya da uzun mesafede etkiyi sınırlandıracak iç çatışma yoktur. Kısa süre önce elektriksel etkileşimin çok daha büyük olan gücüne rağmen, yalnızca yüksüz atomlardan kopan bu birkaç yükün etkisinin farkında olduğunu öğrendin. Bunların pek çoğu, hala metallerin içinde bulunur ve sabit pozitif iyonlar nedeniyle uzun mesafelerde bunların etkileri yok olur. Tamamen serbest olan yükler yalnızca birkaç tanedir, ama gördüğün tüm elektrostatik etkileri meydana getirenler de işte bunlardır.

"Bende ise bu tür serbest renk yükleri *yoktur*. Renkleri taşıyan kuarklar serbest kalamazlar - hiçbir zaman! Göstereyim. Renkli

bir kuark ile neler olduğuna bak." Bir kez daha, tamamen boş olan evrende yüzen bir yük meydana çıktı. Bu parlak fakat değişen renklerdeydi. Bu yükten iki renkli çizgiler çıkıyordu.

"Burada kuarkı ve yaydığı gluonların akı çizgilerini görüyorsunuz. Fotonlarda olduğu gibi, gluonlar da yük ve karşı yük taşırlar. Ama sana söylediğim gibi, iki gluon birbirini yok etmez çünkü birden fazla renk türü vardır. Gluonların kendileri de renklidir ve başka gluonlar yayımlayabilirler."

Parlak renklerin arasında, yeni renkli çizgilerin çıktığı küçük renkli örümceklere benzer küçük noktalar görüyorlardı. Bunlar gluon akı çizgilerini birbirlerine bağlayan bir ağ oluşturdular.

İKİ KUARK ARASINDAKİ RENK YA DA GLUON ALANI

Bir kuark ile karşı kuark arasındaki gluon alanının akı çizgileri dar bir demetin içine sıkışmışlardır. Gluonlar tarafından taşınan renk yükleri gluon genlikleri içinde ek etkileşimler meydana getirirler. Bir elektrik alan içindeki sanal fotonların aksine, çok yayılmazlar. Enerji, demet boyunca hemen hemen sabit kalır ve böylelikle de iki parçacık arasındaki kuvvet, parçacıklar birbirlerinden uzaklaşırken hemen hemen hiç değişmez.

quark

anttkuark



Bir örümceğin ağındaki çapraz iplikler gibi olan bu ek çizgilerden çok sayıda görülebiliyordu. Birbirlerine dikilmiş renk çiz-

gilerinin etkisi altında, ilk renkli kuarktan çıkan akı çizgileri bir araya çekiliyor ve sıkı bir demet halinde bağlanıyorlardı. Kuark ile artık biraz daha uzakta görülebilir karşı kuarkı bağlayan bu sıkı demetti. Elektrik yüklerinin aksine, hiçbir yönde yayılan akı çizgileri yoktu. Kuark ile eşi arasındaki renk alanını oluşturan tüm gluon genliği bu dar, çok renkli ipe tıklıyordu.

"Gluonların kendileri arasındaki renk etkileşimlerinin akı çizgilerinin yayılmalarını ve kaynağından uzaklara gittikçe belirsizleşmelerini nasıl engellediğini görüyorsun. Gluonlar yeni renk kaynakları gibi davrandıkları için, etkileşim her zaman güçlüdür ve alandaki enerji yoğunluğu her mesafede aynıdır. Karşı kuarka enerji verdiğinde ne olduğuna bak."

Elini kaldırdı ve karşı kuarka doğru bir şey savurdu. Bu etki karşı kuarkı bağlandığı eşinden uzaklaştırdı. Uzaklaştıkça enerji kaybediyordu çünkü onu eşine bağlayan kuvvete karşı bir iş yapıyordu, ama bu sefer kuvvet uzaklıkla zayıflamıyordu. Karşı kuark enerjisini sabit hızla kaybetti ve yalnızca kendisine verilen itici kuvveti tamamen kaybedene kadar ilerledi. Sonra durdu, hala önceki gibi sımsıkı bağlıydı.

"Bağlı olan bir kuarka ya da karşı kuarka ne kadar enerji verirsen ver, serbest kalmayacaktır çünkü gluon alam her miktarda enerji emebilir. Dediğim gibi, etkileşim o kadar güçlü ve o kadar uzun menzillidir ki renk yüklerini serbest bırakamazsın."

"Öyleyse, bu bağlar asla kınlamazlar mı?" diye sordu kız. "Mutlaka bir yolu olmalı."

"Evet, haklısın. Aslında bir yol var ve bağlar bir şekilde kırılabilir, ama beklediğin gibi bir şekilde değil. Renk yüküne maruz kalarak serbest bir kuark ortaya çıkması gibi bir yol değildir bu. Bağlı bir kuark ya da karşı kuarka daha fazla enerji verdiğinde, hareket edecek ve bu enerji gluon bağına gidecektir. Asla ikisini ayırmaya yetecek kadar enerji sağlayamazsın ama yeni kuark karşı kuark çifti kütlesi oluşturmaya yetecek kadar enerji verebilirsin."

Elini tekrar kaldırdı ve uzaktaki karşı kuarka öncekinden daha sert bir biçimde bir şey savurdu. Bir kez daha bu etki karşı kuarkı bulunduğu yerden harekete geçirdi ve ikisi arasındaki çok renkli ip öncekinden daha fazla gerildi. Fakat bu sefer, karşı kuark durmadı. İple ayrıldı ve enerjisinin bir kısmını yeni bir kuark karşı kuark çifti oluşturmak için serbest bıraktı. Karşı kuark ipe yeni bir bağlantı ekledi ama bu karşı kuark diğerinin momentum ya da enerjisini *taşımıyordu* ve ip de orijinal boyuna inmişti. Yeni oluşan çiftin kuark üyesi, orijinal kuarka aralarındaki kısa renkli bir gluon teli ile yakın biçimde bağlanmıştı. Bir mezon, bir piyon, meydana getirdi ve bu piyon fazla olan enerji ve momentumu uzaklaştırdı.

"İşte görüyorsun," dedi Renk Cadısı, "yalıtılmış bir renk ile yalıtılmış bir kuark meydana getirmektense, tüm yapmam gereken orijinal parçacığa ek olarak bir piyon oluşturmam. Bu çok sık rastlanan bir olaydır. Cern'ü ziyaret ettiğinde pek çok piyonun oluşturulduğunu gördüğüne eminim. Büyük miktarda enerji mevcutsa, pek çok piyonun ve diğer parçacığın oluşması mümkündür, ama *göremeyeceğin* şey serbest kuarkların ortaya çıkması olacaktır."

"Fotonlarımın temel yüklerin arasındayken hiçbir etkileşime giremeyeceğini söylemek doğru olmaz," diye karşı çıktı Yük Cadısı. "Senin de bildiğin gibi, fotonlarım yüklü bir parçacık-karşı parçacık çifti oluşturabilirler ve bunlar da başka fotonlar oluşturabilir."

"Evet, ama böyle bir şey yalnızca temel yüklerin çok yakınlarında meydana gelebilir," diye karşılık verdi Renk Cadısı. "Yük-lü parçacıkların hepsinin kütlesi vardır ve bu kütleyi oluşturmak için büyük miktarda enerji gerekir. Bunu sağlamaya yetecek kadar enerji çalmış olan sanal fotonlar kaynak yüküne *çok* yakın bir bölgede bulunmak zorundadırlar. Kaynak yükünden belirli bir uzaklıkta, sanal fotonlar en hafif yüklü parçayı oluşturmaya yetecek kadar bile enerji elde edemezler. Büyük mesafelerde onları *değiş tokuş* yapamazlar. Sonuç olarak, akı çizgile-

rinin - *kuvvet çizgileri* - büyük ölçekli davranışı tıpkı senin daha önce tarif ettiğin gibidir - birbirine bağlanan akı çizgileri yoktur.

Renk Cadısı, "Çok kısa mesafelerde, yüksek enerjili ve momentumlu parçacıklarda olduğu gibi elektrik yükünün de bu tür sanal parçacıkların yükleri tarafından daha az *perdelendiğini* itiraf etmem gerekiyor," diye devam etti başım EM'e doğru sallayarak. "Elektromanyetizman bu tür çok uzun mesafelerde *daha güçlü* hale gelir. Renkler için ise bunun tersi geçerlidir. Gluonların kendileri arasında orijinal yüklerden çok uzaklarda meydana gelen müthiş renk etkinliği tamamen baskın çıkar ve bu da kuvvetin uzun mesafelerde daha güçlü hale gelmesi demektir. Kısa mesafelerde, biraz daha zayıftır ve elektromanyetizmin aksine uzun mesafelerde yenilmezdir."

KUARKONYUM

Renk kuvveti uzun mesafelerde (düşük enerjili) güçlü, buna karşın kısa mesafelerde daha zayıf olması bakımından ilginçtir. Buna *asimptotik serbestlik* adı verilir. Bu tür kısa mesafeler yüksek enerjili parçacıklar ile incelendiğinde, birbirine yakın durumdaki kuark-karşı kuarkların birleşimlerinin benzer bir uyarılmış durumlar kümesi ile basit atomlar gibi davrandıkları bulunur. Böyle bir sistem bazen *kuarkonyum* olarak adlandırılır, çünkü bir elektron ile karşı parçacığı olan pozitronun elektriksel olarak bağlı bulunma durumu demek olan *pozitronyum'a* benzemektedir.

"Ve bu da," diye bitirdi sözlerini Dorothy'ye dönerek, "pek benzemeseler de renk kuvvetlerinin elektriğe olan benzerliğidir."

"Evet, ama artık yolunuza gitmelisiniz," diye araya girdi Büyücü birden. "Konuşmamızın başında bana dünyana nasıl dönebileceğini sormuştun. Hala kat etmeniz gereken uzun bir yol var. Haydi," dedi ve boşlukta duran parlak biçimde aydınlatılmış olan dikdörtgen gibi duran bir kapıyı açtı. Dorothy ve grubunu oradan geçirdi. Cadılar gelmedi çünkü onlar zaten dışarıdaydılar. Dorothy ve arkadaşları kutudan çıktılar ve kendilerini yine çocuk odasında buldular.

10. Bölüm



ÖLÜMSÜZLER MEYDANI

Odaya bakındılar. Önceden de orada olan çeşitli oyuncakları gördüler ama şimdi odamn uzak köşesindeki beşiklerde bulunan bebekler görüyorlardı.

Dorothy "Bu çocuklar kimin?" diye sordu Büyücüye. "Sizin mi?"

"Hayır hayır değil, benimle hiç alakası yok. Burası *Yeni Doğan Kavramlar* odası ve bunların her biri bir teorisyenin zihinsel ürünüdür. Yeni hipotezlere dönüşene kadar burada beklerler ve pek çoğu da gelip geçen düşüncelerden öteye gidemezler. Birileri çıkıp geçerliliklerini göstermek için deneysel kanıtlar ile gelece kadar yayımlanmadan burada kalmaları gerekiyor. Gerçek ölçümler onları yeteri kadar doğruladığında, eksiksiz teoriler olarak buradan gidebilirler. Bundan sonra, teori bir dizi karmaşık deneye tabi tutulur ve bu dönem *çok zorlu* olabilir. Uzun süredir var olan teoriler açıklayamadıkları gözlemler ile karşılaşabilirler ve bundan sonra korkarım artık çekilmeleri gerekir. Üzücü bir durum fakat işler böyle işliyor."

"Nereye giderler?" diye sordu Dorothy merakla.

"Zorlu dönemler geçirmiş Kederli Teoriler için bir emeklilik evi olan *Dunexplaninin'e* yerleşirler. Buradan giderken oradan geçeceksiniz. Bununla birlikte, deneysel gerçekliğin acımasız, aydınlığının açtığı her yarayı başarılı biçimde sarmayı başaran

teoriler ise," diye devam etti Büyücü artan bir heyecanla, "*Doğa Kanunları* haline gelirler. Ölümsüzdürler ve dünyayı anlamamızı sağlayan sağlam temellerdir. Belki bazılarının izlerini yolunuzun üzerindeki *Ölümsüzler Meydanı*'nda görebilirsiniz."

Çıkışa doğru yürürlerken beşiklerin yanından geçtiler. Her birinde bebek bezi giymiş ve kolları havada sallanan açıklamaya geldikleri yeni fiziksel dünyayı keşfetmeye çalışan küçük birer hipotez vardı. Her beşiğin ucunda içindeki hipotezin adı vardı. Bir beşik ise farklıydı.



Bu beşikte altına hala bebek bezi bağlı ama kalın saçları arasından dik dik bakan büyük bir gencin cüssesi bulunuyordu. Omuzları beşiğin yanlarının dışı doğru bükülmesine neden olmuştu, bacakları ise beşiğin üstünden sarkıyordu ve üzerinde mümkün görünmeyen bir isim vardı: SUSY.

"Bu da kim, ya da ne?"

"Bu Süpersimetri ama yandaşları tarafından daha çok SUSY¹ olarak bilinir. Süpersimetri pek çok teorisyen tarafından sevilen bir kavramdır. Temel bir seviyede ve yeteri kadar yüksek bir enerjide, fermiyon ve bozonların bile aynı görüldüğü derin bir simetri olduğu fikrini savunur. Bu tür simetriler fizikte çok değerlidirler. Var olmaları, birleşen genliklerin sonsuzluğu konusunda ortaya çıkan kargaşanın önüne geçebilir ve bu genlikleri sıkı bir denetim altında tutabilir."

"Peki, bu kadar iyi bir teori değilse neden hala burada?"

"Pekala, bu kavram fermiyon ya da bozon olsun her parçacığın zıt türde bir eşinin olmasını gerektirir. Örneğin, elektron bir fermiyondur. Süpersimetri 'selektron' adında bir bozon eşinin

¹ İngilizce supersymmetry kelimesinin kısaltmasından. Ç.N.

olmasını gerektirir. Diğer yandan ise, foton bir bozondur. 'Fotino' adında bir fermiyon eşinin olması gerekir. Sorun her bir parçacığın zıt türde bir eşinin bulunmasının gerekli olmasıdır ve bu zamana kadar onlardan hiç bulunmadı."

"Hala buralarda olmasına şaşıyorum," dedi kız.

"Ebeveynleri ve sponsorları onu çok seviyorlar. Onu hiç bırakmıyorlar. Bu yüzden burada eş parçacıklardan birinin keşfedilmesini bekliyor. Sabretmeyi öğreniyor."

Bu felsefi cümlelerle çocuk odasının kapısına vardılar. Bu kapı doğruca kaldırım taşlarının döşeli olduğu bir yola çıktı. Büyücü onlara döndü.

"Artık gitmek zorundayım ya da aslında siz gitmek zorundasınız. Benim yerim burası ve bundan sonraki yolculuğunuzda size eşlik edemem. Ama gitmeden önce, beni ileride hatırlamanız için her birinize bir hediye verebilirim. Yorulmak bilmeyen teneke dostum, bu hediye sana," dedi Teneke Kafa'ya. Kapının yanında duran kumaş bir çuvala uzanarak elini daldırıp metal bir alet çıkardı. "Bu güç kaynağın için bir dalgalanma filtresi. Sisteminin bir daha çökmesini önlemeye yardımcı olabilir.

Korkuluk'a dönerek, "Ve bu da senin için çalışkan gözlemci," diye devam etti. Tekrar çuvala uzanarak şık bir cildi ve altın uçlu bir kalemin takılı olduğu bir defter çıkardı. "Saman dolu kafanın içinde beyin olmaması konusunda üzölmene gerek yok. Her öğrenci tutulan notların beynindeki gerçekler yığınınan çok daha iyi olduğunu bilir.

"Ve sen üretken dostum," diye ekledi ve Aslan'a doğru döndü. "Bilgi dolu çalışmaların o kadar büyük ki tam istediğın kısmı asla bulamıyorsun. Senin için bir paket *deja lit ayıracım* var. Bunlar *deja vu* hissine benzerler. Aradaki fark *deja uu*'nın aslında görmediğın ama şu anda olan şeylerin hatırlanmasıdır. Buna karşın, bu kitap ayıraçları aslında okumadığın ama şimdi ihtiyaç duyduğın kısımları bulmanı sağlayacak. Onları çok faydalı bulacaksınız."

"Peki, ben?" diye sordu Dorothy. "Bu çantanın içinde beni eve götürecek bir şey olduğunu sanmıyorum."

"Hayır, çantada başka bir şey yok," diye onayladı Büyücü, "ama senin için de bir şeyim var. Her zaman işe yaramasa da, çok değerli olabilen bir şey. Tavsiye."

"Devam etmelisin," dedi kararlı ve biraz da üzgün bir biçimde. "Keşfetme yolculuğuna edebildiğin kadar devam etmelisin. Tüm ümitlerin ve fikirlerin ötesine seyahat ederek yola devam etmelisin. Uzun süre yol almak gerekebilir, hatta Büyük Deneyisel Çöl'den de geçmen gerekebilir, ama sonunda hedefine ulaşacaksın," dedi emin bir biçimde. "İyi yolculuklar. Hoşçakalın," diye sonlandırdı konuşmasını. Hepsinin elini (ya da pençesini) dostça sıktı ve onların ardından kapıyı kapattı.

Büyücü gittikten sonra nereye gideceklerini bilmediklerini fark ettiler ama Aslan kendinden emin bir biçimde sola dönmeleri gerektiği söyledi bu yüzden sola döndüler. Caddede biraz yürüdükten sonra, Korkuluk, *Dunexplanırı Emeklilik Evi* yazar bir tabelayı işaret etti. Bu tabela uzun, kasvetli bir binanın önünde duruyordu. Görünüşü bilinçaltına bir şey fısıldıyordu," *Victorian Institution*."²

"Bu, Büyücü'nün sözünü ettiği yer," diye açıkladı Dorothy. "Haydi, içeri girelim."

Başka kimsenin daha iyi bir fikri olmadığı için arkadaşlarının lafına itaat ederek onu takip ettiler. Uzun aynalı kapıdan geçip, karanlık, aynalı bir holün ardından büyük bir odaya girdiler. Burası holden çok daha neşeli bir yer değildi. Uzun pencereler kaim perdeler ile örtülü olduğu ve kaim tozlu halılar yürürken çıkardıkları ayak seslerini emdiği için, burası gölgeler ve sessizlik içinde bir yer gibi geldi. Odanın her tarafına deri koltuklu sandalyeler dağılmıştı ve yüksek sırtları oturan kişiyi çok yakınına gelene kadar saklamaya yarıyordu.

² Burada 19. yy ikinci yansında İngiltere'de ortaya çıkan bir mimari stile ve dönemin bilime bakış açısına gönderme yapıyor. Ç.N.

İlk sandalyede, eski, buruşmuş bir şekil vardı. Orada olduklarının ya da başka hiçbir şeyin, farkında değil gibiydi ya da kafası göğsüne düşmüş biçimde oturuyordu ve sevgiyle "Ha! *Phlogiston!*"³ diye mırıldanıyordu.

"Sanırım uzun süredir burada," diye fısıldadı Korkuluk.

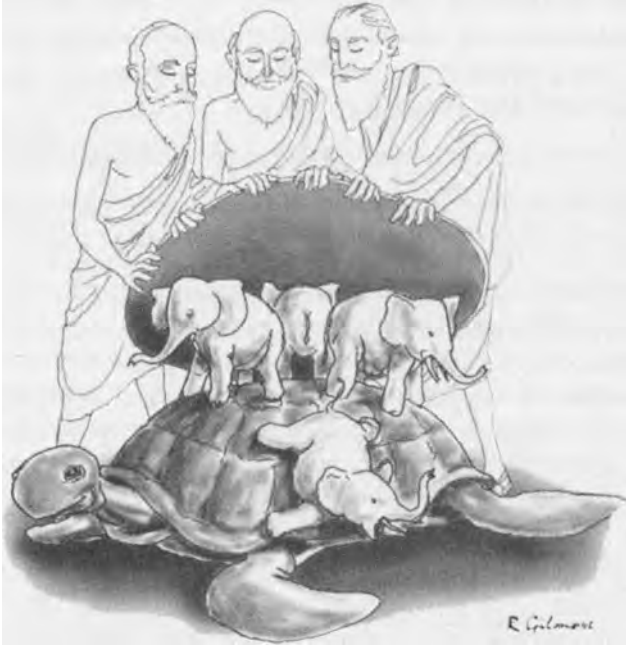
"Şuradaki grup kadar uzun değil diye düşünüyorum," diye iddia etti Aslan.

Diğerleri gösterdiği yere baktılar ve etkileyici sakalları olan bir grup erkek gördüler. Bunlar kurumun yataklarından alınmış beyaz çarşafar gibi görünen şeylere sarılıydılar ve üstünde bir tür harita olan büyük bir tabloyu itekliyordlardı. Akdeniz civarında bir bölgeye benziyordu. Dorothy coğrafya derslerinden İtalya'nın belirgin çizmesini tanıdı. Adamlar bu tabloyu dört filin üzerinde dengelemeye çalışıyorlardı ama başarılı olamıyorlardı. Tam dengelendikleri zaman, fillerden biri üstlerinde durdukları devasa kaplumbağanın kıvrımlı kabuğundan gıcırtyla kayıyordu.⁴ Fillerden biri belirgin biçimde pembe görünüyordu. "Büyük ihtimalle çok çabalamaktadır" diye düşündü Dorothy.

Bu zorlanan grup müdahale edilmeyecek kadar meşgul görünüyordu, bu yüzden odada ilerlemeye devam ettiler. Dikkatlerini sandalyelerden birinde oturan biri çekti, ama 'oturan' doğru kelime değil gibi görünüyordu çünkü sandalyede oturmuyordu. Sandalyenin biraz üstünde havada duruyordu. Çizmelerinin bağcıklarından kuvvetlice çekerek havada asılı kalıyordu.

³ Phlogiston teorisi yanmanın ilk açıklanma çabalarından biridir. Bir şey yandığı zaman, phlogiston saldığı düşünülüyordu; ne de olsa onu çıkan alevler olarak görebiliyordunuz. Teori çok makul görünen ama sonunda terk edilen pek çok teorianin kusuruna sahipti. Doğru değildi.

⁴ Klasik dönemlerde, Dünya'nın kah bir cisim olduğu ve bu yüzden bir şeyin onu tutması gerektiği çok açık görünüyordu. Bir öneri Dünya'nın Atlas adındaki bir devin omuzlarında taşınmasıydı. Başka bir fikir ise Dünya'nın dev bir kaplumbağanın sırtında duran filler tarafından desteklenen büyük bir tepsi olduğuydu. Kaplumbağanın neyin üstünde durduğunu sormazdınız.



"Kimsiniz, sorabilir miyim ve bunun nasıl yapıyorsunuz?"

Dorothy kendini tamtmadan sormuştu. Her şey gözlerinin önündeydi ama merak ediyordu.

"Ben *Bootstrap Teorisi*'yim. Temel basit parçacıkların doğası hakkında bir hipotezdim. İddiam aslında böyle bir şey olmadı-
ğıydı."

"Bunun nasıl olabileceğini anlamıyorum," diye karşı çıktı Dorothy. "Cern Krallığı'nı ziyaret ettiğimde, onların oluştuğunu kendim gördüm. Hem de çok sayıda."

"İşte, sorun da buydu aslında. Yalnızca birkaç 'temel parçacık' olduğunda, onların temel olduğuna inanabilirsin. Ama farklı parçacıkların sayısı yüzlerce olduğunda ise, bunların her birini gerçekten *temel* olarak kabul etmek pek makul olmaz. Başka bir şeyden meydana gelmiş olmaları gerekir, ama neyden?

Hiç kimse bu soruyu cevaplama-
maya bile çalışmadı, bu yüzden
Bootstrap Teorisi devam etti. "Her
hadron üzerinde etkili olan güçlü
etkileşimi dikkate aldığınızda, her
şeyin her tür sanal hadronlar gen-
likleriyle çepeçevre sarıldığını gö-
rürsünüz. Aslında sarmaktan zi-
yade tam kalbinde bulunurlar.

Her türden hadron mevcuttur, ilk
başta düşündüğün hadron dâhil.

Bu bakımdan, bir hadron tüm
hadronlardan meydana gelmiştir,
kendisi de dâhili Herkesin kendin-
den biraz içerebildiğim duymu-
şundur. İşte, bir hadron da, diğer hadronlar yanında kendisini

de içirme konusunda ustadır. Ben her şeyin aym temel 'madde'
ya da 'alan'ın bir görünüşü olduğunu savunuyorum. Bu parça-
cıkların kendilerinden meydana gelen parçacıklar için tek olası
seçenek, gözlemlediğin parçacık gruplarını meydana getiren bir
tür *kendini içirme* şartı olmak zorunda olması. Böylece mevcut
olan tüm parçacıkların özelliklerini tahmin edebilirsin çünkü
mevcut olabilenler yalnızca onlardır." Sakin ve durgun başlayan
konuşması bu aşamada neredeyse bir vaaza dönüşmüştü.

"Ama bahsettiğiniz parçacıkların hepsi kuarklardan meyda-
na gelmemişler mi?" diye sordu Dorothy. Kafasının biraz karış-
tığını hissediyordu.

"Aslında, evet," diye yanıtladı, sesi yeniden durgunlaşmıştı.
"Beni neden buraya koydular sanıyorsun? Kuarkların var oldu-
ğunu kanıtlayan tüm deneysel kamtlar ayaklarımı yerden kesti."
Yerden yüksekte asılı duran ayaklarına baktı. "Öyle olmasaydı,
şimdi Ölümsüzler Meydanı'nda ünlü olmuştum" diye bağırdı.

"Ah, evet," diye araya girdi Dorothy hemen. Uygun boşluk-
ları kullanmak konusunda gayet becerikli hale geliyordu. "Mey-
dana gitmemiz gerekiyor. Nasıl gideceğimizi söyler misiniz lüt-
fen?"



"Ön kapıdan çıkın ve caddede dümdüz yürüyün. Fark etmemeniz mümkün değil," diye yanıtladı üzüntüyle ve sınıksız tuttuğu bağcıklarını bırakıp kuvveti tükenmiş halde sandalyeye çöktü.

Onu devasa sandalyesine üzüntüyle gömülmüş bir halde bırakıp caddeye çıktılar. Çok geçmeden cadde her tarafı çeşitli heykellerle kaplı, yerleri taşla döşeli bir meydana açıldı.

Belli ki burası o 'Meydan'dı. Kaldırım boyunca yürüdüler, sadece geçtikleri bazı heykellere bakmak için ara ara duruyorlardı.

On yedinci yüzyıl kıyafetleri giymiş olan bir adamın heykeli-ni gördüler. Kafasının etrafında çok sayıda küçük cisim dolanı-yordu. Dorothy emin olamadı ama elmaya benziyorlardı. Kaide-de 'Evrensel Kütleçekim' yazıyordu. Başka bir heykel sarkan bı-yığı, çarpıcı karman çorman saçları ve kederli gözleri olan daha modern kıyafetler içindeki bir adama aitti. Bu heykelin etrafında uzay, tepeler ve çukurlar halinde eğilip bükülmüştü ve kaide-sinde ise 'Genel Görecelik Teorisi' yazıyordu."

Başka bir heykel ise çok garip görünüyordu. Her ne kadar bir şekil olmaktan uzak olsa da, bunun üstünde de bir şekil vardı. Birbirine girmiş olan pek çok şekil var gibiydi. Danimarkalı bir futbolcu, küçük bir Fransız aristokrat, çarpıcı fikirleri olan bir Amerikalı, uzun boylu, suskun bir İngiliz, dalgalı bir Avustur-yalı, cetvel gibi bir Alman vardı.⁵ Daha fazlası da olabilirdi ama görülebilenlerin süperpozisyondaki olasılıkları daha yüksekti. Tüm alanda yoğun bir tartışma sesi duyuluyordu. Kaide-de 'Ku-antum Teorisi' yazıyordu."

İlerlerken üzerinde heykel olmayan bir kaideye geldiler, üze-rinde "*Gauge Teorisi*" yazıyordu. Bunun dışında, görülebilen tek özellik üzerinde "Bir heykel arıyorsamz, etrafınıza bakın" yazan küçük bir levhaydı. Etraflarına bakındılar. Taş döşemeli büyük

⁵ Niels Bohr, Louis De Broglie, Richard Feynman, Paul Dirac, Erwin Scroedinger ve Werner Heisenberg. İlgisiz kişilik özellikleri ile özel teorilerinin rastgele karışımı için ilgili herkesten özür dilerim.

düz alanda, süslü püslü bir kaide dışında hiçbir şey görünmüyordu.

"Görecek ne var ki?" diye sordu Dorothy hayretle.

"Bilmiyorum. Özel bir şey göremiyorum," diye yanıtladı Korkuluk. "Ama dur bir dakika. Şuna bak!" Korkuluk her zamanki âdetiyle levhanın değiştiğini fark etmişti. Artık "Hayır, gerçekten bakın demek istiyorum."

Tekrar baktılar ve gördüklere şeye inanamadılar. Düz ve engebesiz bir alan yerine, saçma olacak kadar engebeli bir alan görüyorlardı. Kule gibi yüksek yaylalar göğe yükseliyor, düzensiz biçimde yerleştirilmiş payandalar yanlardan çıkıyorlardı. Bunların arasındaki yer, etrafa dağılmış olan derin çukurlar halinde çöküyordu. Böylesine düzensiz bir yığın görmemişlerdi.

"Nasıl bu kadar hızlı değişti?" dedi genç liderimiz.

"Değişmedi. Senin onu algılamaman değişmiş olsa da, bu aynı yol. Bir yerel ayar dönüşümü etkisi görüyorsun."

Beklenmedik ses arkalarından gelmişti. Herkes döndü ve siyah giysiler içinde iki şekil gördüler, biri uzun ve ince, diğeri ise zarif ve endamlıydı - Yük ve Renk Cadıları. Kimse geldiklerini görmemişti.

"Bu bir analogi, tabii ki," dedi EM. "Ayar dönüşümleri yükseklikten ziyade fazlan işaret eder ama sen yüksekliği kütleçekim potansiyeli ile doğrudan ilgili olarak algılandığın için, bu makul bir analogidir. Bir yolun özü üzerinde yürüdüğün bir şey olmasıdır, bu yüzden yürü, çocuğum."

Dorothy, yükselen tepeler ve derin çukurların bulunduğu önündeki manzaraya baktı. Gerçekten bunun üzerinde yürümesini mi bekliyordu? Ama Yük Cadısı öyle emredici bir görünüşe sahipti ki Dorothy kendini bozulmuş manzaraya doğru adımını atmış olarak buldu. Ama yine de tedbirli davranarak yerin hafifçe çöktüğü bir yerden başlamıştı.

Yürüdükçe, bir kuvvet adımım attığı yeri hiçbir sarsıntı ol-

madan yükseltiyor gibi görünüyordu. Bu Dorothy'ye güven verdi, bu yüzden adımını attığında onu bayağı sarsacak bir çukurun bulunduğu bir yere doğru ilerledi. Hiçbir düşme hissi duymadan bir kez daha usulca yükseldi. Bu o kadar etkileyiciydi ki dikkatini rüzgârlara verip, alanın üzerinde dağılmış bu garip tepe ve çukurlara hiç dikkat etmeden koşmaya başladı. Derin bir çukura adım attığında o kadar yavaş düşüyordu ki düz bir yolda ilerliyor gibi geliyordu. Yüksek bir tepeye adım attığında ise, yukarı doğru süzülüyor ve hiçbir çaba harcadığım hissetmeden ayağını tepesine koyuyordu. Gözlerini kısa süreliğine kapattı, kendisini daha önce gördüğü düz yüzeyin üzerinde dolaşiyor gibi hissetti.

Gözlerim açınca, diğerlerinin de ona katıldığını gördü. Korkuluk her zamanki kemiksiz haliyle debeleniyordu. Cansız kol ve bacaklarına bakıldığında yer seviyesinde hareket etmesi bile olağanüstüydü; ama şimdi yükselmiş ve büyük bir çaba göstermeden kendini çukura doğru bırakmıştı. Teneke Kafa kolları ve bacakları piston gibi kullanarak hantal biçimde ilerliyordu ve o da yükseklerle çıkıp derinlere iniyordu. Yüzünde bunu önemli bulduğunu gösteren hiçbir iz yoktu ama tabii ki özelliksiz metal bir silindiri anlamak zordu. Aslan'a gelince, bir seviyeden diğerine büyük sıçrayışlarla zıplayıp duruyordu. Biraz uzakta olsa da, Dorothy kükrediğini duyuyordu. "Harika bir deneyim, bunun hakkmda bir kitap yazmalıyım."

Gurup bu muhteşem macera oyun alanında sıçrayıp atarken, Dorothy bölgenin inanılmaz biçimde engebeli olmasına rağmen, her an değişim içinde olduğunu fark etmişti. Bazen yüksek bir yer aniden bir uçuruma dönüşüyor ya da bir delik birdenbire doluyordu. Sonra zaman geçtikçe, yerin daha az engebeli hale geldiğini gördü. Hala tepe ve çukurlar vardı, ama o kadar belirgin değillerdi ve gitgide düzleşiyorlardı. Kısa süre içinde alan ilk başta gördükleri gibi dümdüz hale geldi. Artık sıra dışı görünen kuvvetler yoktu, yalnızca ayağınızı yere doğru çeken normal, sabit kuvvet vardı. Macera hissi yok olmuştu ve bu yüzden Cadıların sabırla bekledikleri yere dönmüşlerdi. Tek-



rar bir araya gelir gelmez, Yük Cadısı tekrar konuşmaya başladı.

"Bu kısa olay *yerel ayar* dönüşümü altında değişmeyen bir sistemin önemli bir özelliğini gösterdi. Dönüşüm ile ilgili olan bir kuvvet olmak zorundadır - başka türlü gözlemlemeyeceğin fiziksel değişiklikleri dengeleyen bir kuvvet. Üzerinde durduğunuz yeri ele alırsak, seviyede global bir değişim fark etmediniz. *Tüm* alan havaya doğru bir metre yükselseydi, hala dümdüz görünürdü ve hiçbir şey fark etmeden üzerinde yürüyebilirdiniz. Yerel değişim ise farklıdır. Farklı alanlar farklı miktarlarda rastgele değişirlerse, yürüdükçe kesinlikle bunu fark edersiniz, ta ki değişimi telafi edecek şekilde bir kuvvet mevcut olana kadar, tıpkı burada olduğu gibi."

EM biraz önce yok olan tepe ve uçurum görüntüsünü göstermek için elini salladı.

"Dediğim gibi, bu bir alegoriydi. Bir ayar dönüşümü yüksek-

likle değil genlikle ilgilenir. *Ayar dönüşümü* ismi çok anlamlı değildir - sadece tarihsel bir tesadüftür. Bir sistemin *yerel faz bağımsızlığına* sahip olduğunu söylemek çok aha iyi olacaktır. Genliklerin tümünün global fazındaki bir değişimin hiçbir etkisinin olmadığını biliyordur. Bir genlikten türettiğin olasılıklar tüm genliklerin *toplam* fazına bağlı değildir. Bir yerel faz dönüşümü farklı genliklerin fazlarını etkilemez. Bunlar genlikler arasındaki girişimi denetlerler ve gözlemlediğin olasılıklar üzerinde çok büyük bir etkileri olabilir. Böyle büyük değişimlerin gizlenmesinin hiçbir yolu yoktur. Yerel faz dönüşümü toplam genliklerin fazındaki bir değişimi tespit edemeyeceğiniz anlamına gelir, yerden yere fark eden bir değişimi bile. Bu genlikler hakkında ve ayrıca uzay ve zaman hakkında bir ifadedir."

Cadı sustu ve dinleyicilerine ciddi bir bakış attı.

"Genliklerin fazlarının yerden yere farklılaşması, gözlemlediğin şey üstünde nadiren bir etkiye neden olur. Genliklerin fazları farklı yerlerde farklı miktarlarda rastgele olarak değiştirilirse, bu sert kısıtlamalara neden olur. Fazdaki bu tür keyfi değişikliklerin gözlemlenebilir etkileri olmasını bekleyebilirsin ve bu tür etkiler yalnızca bir şekilde *dengelenmiş*lerse yok edilebilir. Bu da ancak fazdaki değişimden etkilenen her yerde bir kuvvet mevcutsa ve bu kuvvet genliklerin değişimi nedeniyle ortaya çıkan etkileri dengeleyecek biçimde değişirse, olabilir."

YEREL AYAR DEĞİŞMEZLİĞİ

Bu kavram talihsiz bir biçimde isimlendirilmiştir. *Yerel faz bağımsızlığı* olarak adlandırılırdı daha iyi olurdu.

Yerel faz bağımsızlığının varsayımı tüm genliklerin fazı *yerel olarak* değişirse, gözlemlenebilir hiçbir fark olmayacaktır. Bu

durum etraftaki toplam faz için kesinlikle doğrudur ve *global* faz değişimi olarak adlandırılır. One sürülen şey, fazlar farklı yerlerde farklı miktarlarda rastgele biçimlerde değişirlerse, hiçbir gözlemlenebilir etki olmaması gerektirir.

Neden birileri böyle bir seçeneği dikkate alsın ki? Fizik her türlü saçma fikrin öne sürülüp değerlendirilmesi ile ilerler. Bu fikir tüm genlikler arasındaki çok sınırlayıcı işbirliği ihtiyacını kabul etme üstünlüğüne sahiptir - renormalizasyon kavramının çalışması için var olması gereken türde bir işbirliği...

Tam olarak telafi edecek biçimde değişen bir etkileşim var olmadıkça bu tür bir yerel faz değişiminin gözlemlenebilir etkiler *verceğini* bulursun. Bu etkileşimin bazı garip özellikleri vardır, ama bunların elektromanyetik etkileşimin zaten sahip olduğu özellikler olduğu görülür. Elektromanyetizm de renormalizasyon sürecinin iyi çalıştığı bilinen bir etkileşimdir.

İlginç değil mi?

Cadı sustu ve Dorothy ile arkadaşlarına sert sert baktı.

"Böyle karmaşık, saçma ve gereksiz bir konuyu düşünmenin ne önemi var diye sorabilirsiniz," dedi. Dorothy buna benzer bir şeyi sormayı düşünmüştü ama artık sormamanın daha iyi olduğunu düşünüyordu.

"Bir sistemin yerel faz dönüşümü altında *değişmemesi* hakkındaki en harika şeylerden biri de, bunun ilgili tüm genliklerin fazları arasında büyük bir işbirliğini gerektirmesidir. Böyle bir işbirliği değerlidir, hatta hayati bir konudur. Bir parçacığın yakınındaki bir alanın nasıl sonsuz sayıda genlik içerebildiğini duymuştun. Yük ve kütlelerin sonsuz bir renormalizasyonunun gerektiği gibi sınırlı bir kapsamda da olsa, bunların süperpozisyonları denetlenecekse, tüm genlikler arasında büyük bir disip-

lin ve işbirliği olmak zorundadır. Genlikler rastgele bir fazla değiştiğinde ve farklı noktalarda farklı değişiklikler olduğunda, tüm sistem değişmiyorsa yeterli işbirliği sağlanır. Aslında bu durum iyi bir davranışın elde edilebileceği tek yol olarak görünüyor."

Cadı ara verdi ve etrafa bakındı. Eski moda disiplinli öğretmenlere benziyordu.

"Eğer üzerinde düşünürsen, hem genliği hem de kuvveti dikkate alma ihtiyacı o kadar da garip değildir. Bir kuvvet ya da etkileşim sonuçta sanal bozonların etkisidir ve bunlar diğer tüm parçacıklar gibi genlik ile tanımlanırlar. Tüm genliklerin değişen fazlarının etkisini düşündüğümüzde, etkileşim bozonlarının genliklerini de dikkate almak zorunda olduğumuzu söylüyoruz. Bu gayet normal ve akla yatkındır.

"Fazdaki yerel değişikliklerin fiziksel olarak gözlemlenebilecek hiçbir etkisinin olmaması gerekir. Aksi takdirde gözlemlenebilecek herhangi bir değişikliği telafi edecek değişikliği yapmak sanal bozon genliklerinin 'kuvvetinin' işidir. Kuantum girişimi fikrinin farklı genlikler arasındaki ortak bir çaba olduğu düşünülürse, bu tür bir işbirliği kavramı garip gelmemelidir. Bu durumda gereksinimler özellikle sınırlandırılmıştır. Yerel faz bağımsızlığı için olan bu ihtiyaç kuvvetin üzerinde çok özel - ve pek çok bakımdan garip - bir doğa gerektirir. Gerekli olan özellikler ve uzay-zaman davranışı bu fikrin akla yatkın gelmemesine neden olur, tüm bu özelliklere sahip olan makul bir etkileşim dışında. Bu etkileşim elektromanyetizmdir: QED."⁶

EM sözlerim bitirdi ve konuşmasını bitirmiş gibi yere bakıyordu. Daha kısa boylu olan Yüksek Cadısı kendi sırası gelince öne çıktı ve konuşmaya başladı.

"EM burada tabii ki *Kuantum Elektrodinamiğini*, ışık ve mad-

⁶ Burada Cadı kelime (ya da harf) oyunu yapıyor. Q.E.D., [Quod erat demonstrandum Ç.N.] matematiksel kanıtların sonunda kullanılan bir kısaltmadır ve aşağı yukarı "Böyle diyorum" demektir.

de teorisini, kast ediyor. Bu bir ayar teorisidir ve teoriyi yerel faz bağımsızlığı tanımlar. Aynı şey QCD için de geçerlidir - Kuantum Kromo Dinamik, kuarkların ve renklerin teorisi. Bu da yerel ayar bağımsızlığına dayalıdır, ama renklerin sayısı nedeniyle daha fazla bir serbestlik söz konusu oldu için, fazdaki değişimler sadece sayıları değil, aynı zamanda üç renk arasındaki döngüyü de içerir.

"Anladın mı?" diye sordu umutla. "Renklerin global dönüşümü renk kuvveti tarafından meydana getirilen bağlanmayı etkilemeyecektir. Kırmızı yeşile, yeşil maviye ve mavi de kırmızıya dönüşürse, bir baryon hâlâ her renkte bir kuark içerecek ve bağlı kalmayı sürdürecektir. Bir mezonda bir kırmızı ve karşı kırmızı kuark olsaydı, artık bir yeşil ve karşı yeşil kuark olacak ve bağlı kalmayı sürdürecekti. Aslında, mezon genliği üç rengin hepsinin olasılıklarının bir karışımı olur ve renk dönüşümü olduğunda değişmeden kalırdı. Basit fazda olduğu gibi, bir yerel renk değişimini görmezden gelmek kolay değildir. Farklı yerlerde meydana gelen rastgele renk değişiklikleri, tıpkı renkli bir gluon başka bir renkli gluon yayımladığında olduğu gibi, renkte keyfi değişiklikler meydana getirir. Bu nedenle, böyle bir gluon yayımı dengeleyici bir kuvvet davranışı gerektirir.

"Bu tür bir davranışın tüm fazla izlerim telafi etmek ve önlemek ihtiyacı etkileşim biçiminde çok sıkı kısıtlamalar doğurur ve genlikler arasında iyi bir işbirliği davranışım zorlar. Biraz karmaşık olmaya başladı," diye itiraf etti sonunda. "Fakat etkileşim bozonlarının, örneğin kütsüz olmaları, gibi birkaç belirgin özelliği vardır."

"Nedir onlar?" diye sordu Dorothy. Cadı'nın bir açıklama yapmayı planladığını düşünüyordu fakat Aslan'ın *Ağır olamaz! O Benim Bozonum* Yazan Isa. C. Lion adındaki bir kitapla yanına yaşadığını fark etti. Neyse ki Aslan varmadan Cadı tekrar konuşmaya başladı.

"Ayar alam adı verilen yerdeki rolünde, etkileşim uzlaştırma görevi görür. Aksi takdirde görünür hale gelebilecek olan tüm gözlemlenebilir etkileri telafi edebilmesi gerekir ve bunu yap-

mak için de her yerde mevcut olması gerekmektedir. Uzun menzillidir ve kuvvet çizgileri elektromanyetik alanda olduğu gibi sonsuza kadar uzanır.⁷ Bu da sanal bozonların kütlesiz olmasını gerektirir."

Gerçekten öyle mi?" diye sordu kahramanımız. Böyle neden-sellik içeren iddialardan yorgun düşmeye başlamıştı.

"Ah, evet. Kesinlikle. Bir alan bozonunun, kendi başına parçacık meydana getirecek enerjisi olmayan ve sahip olmadığı enerjiyi ödünç almak zorunda olan bir takım parçacıklar tarafından yayımlandığını biliyorsun. Bu yüzden, zaman-enerji bağıntısı bakımından belirtildiği gibi, bu bir sanal parçacıktır ve sahip olduğu tüm enerjisi ödünç alınmak zorundadır. Durgun kütlesini oluşturmak için enerjiye ihtiyacı varsa uzun süre var olamaz ve çok uzağa gidemez. Kütleli değişim bozonları kısa menzilli etkiler oluştururlar ve akı çizgileri kaynağa yaklaştıkça azalır. Çizgiler sonsuza uzanacaksa, kuvvet uzun menzilli olacaksa, bozonlar kütlesiz olmak zorundadırlar. Kütle yoksa onu oluşturmak için enerjiye de ihtiyaç yoktur, ne sanal bozonların ihtiyaç duydukları enerji alt sınırı için, ne de bu yüzden menzillerinin üst sınırı için. Kuvvetin sonsuz bir menzili olmasının ve şiddetini uzun mesafede kaybetmesinin tek nedeni aynı akının daha geniş bir alana dağılmasıdır.

Şimdilik bu kadar yeter," diyerek sözlerini bitirdi Renk Cadısı. "Ayar teorileri hakkında duymak istediğin her şeyi duyduğuna eminim. Hatta biraz daha fazlasını. Şimdi yolunuza devam etmelisiniz. Bu anıtların arasında göreceksin ya da bulacak başka bir şey yok. Hala son kardeşimiz ile tanışmanız gerekiyor" dedi. "Zayıf Cadı."

⁷

Bu muhtemelen kütlesiz "ölçüm bozonları" için tamamıyla ikna edici bir ispat değildir. "İkna edici" olan başka iddialar vardır, bunlar Lagrange alanındaki kütle ifadesinin dönüşüm özelliklerine, parçacık dönmelerinin rölativistik özelliklerine ya da Bohm-Aharonov etkisine dayanırlar. İnanın bana, onlar hakkında hiçbir şey bilmek istemezsiniz.

"Bana pek önemli biri gibi gelmedi," dedi Dorothy.

"Adıyla yargılama ya da hatta etkileşim gücüyle. Garip biridir ve bizim yapamadığımız şeyleri yapabilir. *Kuarkları* değiştirir. Ölümsüzler Meydanı'nda ilerlemeye devam edip şehrin dışına çıkın. Sonunda onunla karşılaşacağınıza eminim ya da o sizi bulur. Bu yüzden, haydi kızım yola koyulun."

Söylenenleri dinledikten sonra, Dorothy ve arkadaşları talimatlara uydular ve kısa sürede şehrin dışına çıktılar. Sessiz bir taşra yolunda yürüyorlardı.

11. Bölüm



ZAYIF YAŞLI BİR KADIN

Yolda yürürlerken, kenarlardaki tuhaf görünümlü bazı çiçekler Dorothy'nin dikkatini çekti.

"Çok garip görünüyorlar," dedi.

"Evet, *öyleler*. Bunlar Kaonemoniler ve kaon içerirler, kaonlar da garip kuarklar içerir," dedi daha önce bunlardan görmüş olan Korkuluk.

"Garip kuarklar nedir?"

"Nasıl söylesem ki, tabii ki gariplikleri olan kuarklar."

Sorusuna pek de cevap alabileceğini düşünmeksizin, "Peki, gariplik nedir?" diye sordu Dorothy. Gerçekten de, Korkuluk ya da başka biri cevap vermeden önce, çiçeklerin *değişmekte* olduklarını fark ettiler. Bir kerede ya da birdenbire değil, egzotik çiçeklerin görünümü yavaş yavaş çok daha tanıdık bir çiçeğe döndü, şimdi bir papatyaya benziyorlardı. Sonra bu tuhaf çiçekler yavaşça soldular ve geride yalnızca diğerlerinden farkları olmayan sıradan tomurcuklar kaldı.

"Bu O'dur!" dedi Korkuluk, konuşmasına pek dikkat etmeden. "O! Zayıf Cadı. Bunu o yapmış olmalı. Ve bu onun kısa menzilli bir etkileşimi olduğu için yakınlarda olmalı."

Hepsi etrafa bakındılar ve çitten sessizce kaçan ve kukuletalı

bir cübbeye tamamen sarılmış olan kısa boylu bir şekil gördüler. Hemen peşine takıldılar ve bir görünüp bir kaybolan kaçak şekli ağaçların arasında takip ettiler. Ormandaki bir açıklığa varmadan hemen önce onu gözden kaybettiler. Ortada tıpkı masallardaki gibi küçük bir kulübe vardı. Takip ettikleri siyahlar içindeki şekilden hiçbir iz yoktu ama evde olması mümkün gibi görünüyordu. Bu yüzden eve doğru yürüdüler ve Aslan kendinden emin bir biçimde zili çaldı. Kısa bir süre sonra kapı, kafasında kukuleta olan ve bu nedenle yüzü karanlıkta kalan karanlık bir silüet tarafından açıldı.



"Merhaba, canlarım," dedi cadımsı bir tavırla kıkırdayarak. "Ormanda yolunuzu mu kaybettiniz, zavallı küçük sevimli şeyler"?

"Hayır, kaybetmedik," diye kükredi Aslan güvenle ve iddialı bir biçimde. "Yoldan yalmzca birkaç metre uzaktayız ve bizler küçük sevimli şeyler de değiliz. Siz Zayıf Cadı'sımsız, değil mi? Dorothy zayıf etkileşim konusunda ona söyleyebileceğiniz her şeyi bilmek istiyor." Dorothy ise bundan emin değildi ama Aslan'ın konuşmasına izin verdi.

"TAMAM, TAMAM" diye cevapladı Cadı, sesi normale dönmüştü. "Eğer bir şeylere dokunmayacağınıza söz verirsiniz, içeri girebilirsiniz."

Onları kulübeye aldı ve arkadaki küçük mutfığa götürdü. Tüm evde iştah açıcı garip bir his vardı ve uzak köşedeki bir ateşin üzerinde büyük siyah bir tencere kaynıyordu. Korkuluk evdeki güzel kokular hakkında birşeyler söyledi.

"Tatlardan iyi anlarım," diye onayladı Cadı, kendini beğenmiş bir biçimde. "En yüksek mevkide benim tat raflarım duruyor."

Dar odanın bir duvarında bulunan altı küçük raf sırasını gösterdi. Bunlar iki grup olarak sıralanmışlardı. Her birinde, birbirinin üstünde duran iki raflık üç sıra yer alıyordu. Karşısındaki duvarda ise ilk duvardakilerin aynısı gibi duran daha da fazla raf vardı.

"Soldaki üçü leptonlar, sağdaki üçü ise kuarklar için," diye açıkladı Cadı. "Kuark raflarındaki alt ve üst sıralarda farklı kuark tatlarım var. Üst raflara "yukarı", "tılsım" ve "üst" kuark tatlarını koydum. Alttaki seviyede "aşağı", "garip" ve "alt" kuarklar yer alıyor. Bu şekilde kuarklar elektrik yüklerine göre gruplanmış oluyorlar. İkili gruplar halinde dizililer, üsttekenden bir tane ile alttakenden bir tane bir ikili oluşturuyor. Üst raflardaki kuarklar daha büyük elektrik yüklerine sahiplerken, alttakilerin elektrik yükleri ise daha az."

"Anladım. Yani üstte bir birim yük varken alt rafta hiç yükleri yok ya da üst rafta iki tane varken alttakinde bir tane elektrik yükü mü var?" diye sordu kız. Yeni bilgisini ortaya koymak için fırsat kolluyordu. Cern'e yaptığı ziyarette bir parçacık tarafından taşman elektrik yükünün, ister pozitif ister negatif olsun, her zaman elektrondaki yükün katları olduğunu duymuştu.

"Hayır, kuarklarda durum farklıdır. Üst raftaki kuarklar alttakilerden bir birim daha fazla yüke sahiptirler, bu doğru, ama bunların hiçbirisi elektron yük birimlerini tam katı kadar bir yüke

sahip değildirler. Büyük olanların bir birimin $+\frac{2}{3}$ 'si kadar yükleri vardır, küçük olanların ise $-\frac{1}{3}$ 'i kadar."

"Ama bu olamaz!" diye karşı çıktı Dorothy. "Cem Krallığında gözlemledikleri her parçacığın kesinlikle ya yüksüz ya da yüklüyse elektron yüklerinin tam katı kadar yükleri olduğu söylenmişti. Korkuluk gözlemlenen yüklerle ilgili olarak kafasını o heyecanla kadar salladı ki kafası düşecekmiş gibi göründü. Dorothy, Korkuluk söz konusu olduğunda bunun çok tehlikeli olabileceğini düşündü.

"Muhtemelen bu gözlemlenen parçacıklar için doğrudur," diye karşılık verdi Cadı, "ama kuarklar asla gözlemlenemezler. Asla bir kuarkı serbest bırakamazsın, bu yüzden bir kuarkın elektrik yükünü kendi başına gözlemleyemezsin. Bir baryonu oluşturmak için üç kuark gerektiği için ve baryonlar da standart birimin katları kadar yüklere sahip oldukları için, kuarkların standart birimin *üçte biri* kadar yüke sahip oldukları ortaya çıkar. Ve yüklerin de böyle oldukları biliniyor. Bazıları üçte iki ve bazıları da üçte bir kadardır ama hiçbiri standart elektron biriminin tam katı kadar olan bir yüke sahip değildir."

Diğer üç raf dizisini göstererek "Tam sayı elektrik yükleri istiyorsan, leptonlara bakmalısın" diye devam etti. "Sınırlanmış değildirler, özgürlerdir, herkesin görebilmesi için ortadadırlar ve tam sayılı elektrik yüklerine *sahiptirler*. İlk sırada elektron var. Beklendik bir biçimde tek bir elektrik yüküne sahiptir. Diğer iki sıra leptonların diğer "jenerasyonlarını" içerir; muon ve tau. Alt raflarda yüklü üç leptonun her biri ile eşleşmiş olan uygun nötrino türleri vardır. Daha önce nötrino görmemiş olabilirsin. Onlar benim canlarımdır."

LEPTONLAR VE KUARKLAR

Hem leptonların hem de kuarkların üç "ailesi" vardır. Her aile bir parçacıklar "İkilisi" içerir. Daha önce bahsedildiği gibi, kuarklar üç renkte bulunurlar - kırmızı, yeşil ve mavi.

Leptonlar		Kuarklar	
e p. τ		u c	t
ν_e	ν_τ	d s	b

Leptonlar için bakıldığında üst sıradakiler, elektronlar ile aynı elektrik yüküne sahiptirler, buna karşın ikinci sıradaki çeşitli nötrinoların, ν , elektrik yükleri yoktur. Üst sıradaki kuarklar standart elektrik yükünün $\frac{2}{3}$ 'ü 'si kadar bir yüke, alt sıradaki kuarklar ise bu yükün $\frac{1}{3}$ 'üne sahiptirler.

"Burada hiç kimseyi görmüyorum ben."

"Ben de."

Herkes kimin konuştuğunu görmek için etrafa bakındı. Dar mutfağın kalan kısmında iki büklüm olmuş EM'i ve Renk Cadısı'm gördüler. Kimse geldiklerini görmemişti (ama tabii ki onlar hep oradaydılar).

"Bundan hiç tereddütüm yok, dostlarım" diye böbürlendi Zayıf Cadı. "*Sizin* görebileceğiniz hiçbir şey yok. Nötrinolar tam yanımızdalar. Tam üç farklı türleri var, ama elektrik yükleri yok, bu yüzden onları göremiyorsunuz." Bunu derken EM'e döndü. "Leptonların genellikle renk yükleri yoktur, bu nedenle sen de onları göremezsin," diye devam etti, kukuletalı kafasını Renk Cadısı'na doğru sallıyordu. "Nötrinoların hepsi benimdir. Bas-kın etkileşimlerin dikkatlerinden kaçtıkları için, bunlar kimseye fark ettirmeden çok uzun mesafeler gidebilen sinsi, gizli küçük yaratıklardır. Onları seviyorum," diye ekledi.

Doğrudan Dorothy'e hitap ederek "Nötrinolar Güneş'ten bo-

şanırlar," diyerek sözlerini sürdürdü. "Büyük nötrino yığınları, ışığı meydana getiren fotonların yaptığı gibi Güneş'ten Dünya'ya düşerler. Aradaki fark nötrinoların Dünya'nın yollarında olduğunu bile fark etmeden gelip geçmeleridir." Sevgiyle rafların en alt sırasına baktı, her birinde Dorothy'nin bir hayaletin çok silik bir görüntüsü olabileceğini düşündüğü bir şey vardı.

"İlk jenerasyon işçileri içerir. Leptonlar arsasında bunlar elektronlar anlamına gelir. Kuarklar arasında ise ilk jenerasyon aşağı ve yukarı kuarkları içerir - hem proton hem de nötrondan yapılmış olan kuarklar.

Dorothy yanında duran Korkuluk'a, "Öyleyse neden iki jenerasyon var?" diye fısıldadı. "Bilmem. Arkadaşlık etmek için olabilir mi?" diye fısıldadı Korkuluk da cevap olarak.¹

"Bu parçacıkların hepsiyle daha önce karşılaştın," diye devam etti Cadı. "Nötrino dışındakilerle tabii ki. Ama benim zayıf etkileşimim, bir tadı başka bir tada dönüştürme becerim bakımından diğerlerinden farklıdır. Evren hidrojen formundaki proton ve nötronlarla doludur. Evren neden nötrinolar ile de dolu değil?"

"Dolu değil mi?" diye fısıldadı Dorothy Aslan'a. "Hayır," diye hafifçe kükredi Aslan.

"Nötron *bozunmaları* yüzünden. Bir nötron, bir proton ile bir elektronun toplam kütlelerinden daha ağırdır ve bu yüzden harcayacak bir miktar enerjisi vardır. Bu enerji iki parçacık meydana getiren bir bozunma sürecinde salınabilir. Ama birazdan açıklayacağım gibi aslında üç parçacık elde edersin. 'Aşağı' tatlı kuarklar, 'yukarı' tatlı kuarklara bozunabilirler ve bu bozunma-

¹ Ben de bilmiyorum. Bildiğim kadarıyla da kimse neden ilkinin özelliklerini aynen taklit eden iki fazladan gruptan oluşan jenerasyonlar, üç lepton ve kuark jenerasyonu, olduğunu bilmiyor. İlginçtir ki üçten fazla da görünmüyorlar. Yalnızca üç tür nötrino olmasının iyi bir kanıtı var. Daha fazla nötrino türü olsaydı, Z bozonu (daha sonra göreceğiz) bilinen türlere olduğu kadar bunlara da bozunabilirdi ve bu yüzden gözlemlendiğinden daha hızlı bozunurdu.

ya benim zayıf etkileşimim neden olur. Zayıf etkileşimin sanal bozonları yük taşıyabilirler ve böyle bir bozon yayımlandığı ya da emildiği zaman, onu yayımlayan ya da emen parçacık elektrik yükünü değiştirecek ve bir gruptaki alt ve üst konumlar arasında transfer edecektir. Bir nötron iki 'aşağı' kuark ile bir 'yukarı' kuark içerir. Bu 'aşağı' kuarklardan biri negatif yüklü bir bozon yayımlayabilir ve bu süreç esnasında 'aşağı' kuark yükünü buna göre artırmak ve bir 'yukarı' kuark haline gelmek zorundadır. Bu durumda geride artık iki 'yukarı' ve bir 'aşağı' kuarkı olan bir baryon kalır. Nötron artık bir proton olur. Negatif yüklü sanal bozon, negatif yüklü bir elektron meydana getirmek üzere bir nötrino tarafından emilebilir - ve işte," diye sözlerini bitirdi Cadı.

"Yani zayıf bozunma yalnızca etrafta bozonu emebilecek bir nötrino olduğu zaman mı meydana gelebilir?" diye sordu Dorothy. Cadı Dünya'dan gelip geçen çok sayıda nötrino hakkında konuşunca bu kulağa pek de mantıksız gelmiyordu.

"Ah, hayır, aslında öyle değil. Ve ben teknik açıdan konuşuyorum," diye yamtladı Cadı. "Gerçek bir nötrinoya ihtiyaç yok. Bozon vakumda oluşturulmuş bir nötrino-karşı nötrino çiftindeki sanal bir nötrino tarafından emilebilir Vakumun çok sayıda parçacık-karşı parçacık çifti ile dolu olduğunu hatırla. Onlardan çok sayıda olduğu için, bunlar gerçek olarak adlandırılan nötrinolardan daha kolay bulunacaklardır. Tıpkı sanal fotonların yoğunluğunun herhangi bir ışık ışınındaki gerçek fotonlarınkinden çok daha fazla olması gibi. Bu sanal nötrino bir elektrona dönüştürülür ve ona eşlik eden sanal karşı nötrino ise gerçek hale gelmek için yeterli enerjiyi alır. Sanal olarak kütesiz olan nötrino için bu aslında çok fazla enerji gerektirmez. Her şeyi birbirine eklersen, gözlemlenen şeyin ilk nötronun gitmesi, bozunması, olduğunu göreceksin. Onun yerinde artık bir proton, bir elektron ve bir karşı nötrino vardır - toplam üç parçacık. Bu süreç, çekirdek içindeki bir nötronda gerçekleştiği zaman, (3 bozunması olarak adlandırılır.

"Nükleer Müfettişe (3 bozunmasını sormuştum," diye hatırladı Dorothy, "ama cevap vermedi."

"Muhtemelen neden cevap vermediğini artık anlıyorsundur," dedi Korkuluk.

"Bozonlarım yalnızca aynı ikilinin alt ve üst üyeleri arasında bir transfere neden olur," diye devam etti Cadı. "6 bozunması için tüm gerekli olan budur, çünkü 'yukarı¹ ve 'aşağı' kuarklar aym *İkilidedirler*."

Dikkatle dinlemekte olan ve Korkuluk'un Zayıf Cadı ile karşılaşmalarından önce söylediklerini hatırlayan Dorothy, "Ama öyleyse bu kaonlardaki garip kuarkların bozunmasını açıklamıyor" dedi. "Tüm bu dediklerinden 'yukarı' ve 'aşağı' kuarkların 'garip' kuarklardan farklı bir İkilide bulundukları anlaşılıyor ve ayrıca sanal bozonların yalnızca aynı çiftin iki üyesi arasında bir değişiklik oluşturabildiğini söylüyorsun." Söylediklerini vurgulamak için 'aşağı' ve 'yukarı' kuarkları içeren raf çiftlerini gösterdi.

"Bir dakika durun," diye araya girdi Renk Cadısı. "Alt raftaki bir 'aşağı' kuark değil. Tam olarak değil ki. Bu karışık bir durum, kuarkların bir süperpozisyonu," diye ekledi daha açık konuşmak için. Dorothy 'aşağı' kuarkmış gibi düşündüğü şeye baktı. Emin olamıyordu, ama galiba biraz karışık görünüyordu.

Zayıf Cadı, "Çok saçma" diye yanıtladı Renk Cadısı'm. "Bu benim tat durumlarımdan biri. 'Yukarı' kuarkın saf ve basit yegâne eşi. Buna şüphe yok." Tartışmalı duruma daha yakından bakmak için uzandı ve daha iyi görebilmek için takılı olan kukuletasını arkaya attı. Yüzü şimdiye kadar saklandığı karanlık gölgelerden çıkınca EM'e çok benzediğini fark ettiler. Daha kısa ve daha yapılıydı ama bunların dışındaki benzerlik çok belirgindi. Cadı'ya benzer görünümü şaşı gözleri ile daha da perçinlenmişti; gözleri çok farklı yönlere bakıyordu.

"Şüphe yok," diye karşılık verdi Renk Cadısı sinirli bir biçimde. "Az görebiliyor olabilirsin ama ben kuarkı gayet net biçimde

görebiliyorum ve tek bir kuark durumu mu yoksa bir karışım mı gördüğümü biliyorum. Bu bir karışım" diye bitirdi.

İki Cadı daha yakma geldiler. Artık yüz yüzelerdi. Dorothy tartışmaya bir arabulucu girmezse durumun daha kötüleşeceğinden korkuyordu. Arabulucu Emin Aslan'dı.

"Çok basit, gerçekten," diye başladı. Belki en nazik başlangıç bu değildi ama iki Cadı'yı oyaladı. Aslan bir tencereye uzanıp da 'Çalışan Zayıf, Yazan Isa C. Lion¹ adında bir kitap çıkartınca kafaları daha da dağıldı. Hiç beklemeden kitabın Dortohy'nin fark ettiği gibi ayıraçlı olan bir sayfasını açtı. "Bu ayıraçlar çok değerlidir," diye fısıldadı. "İşte ihtiyacım olan kısım. 'Zayıf Görüş¹ başlığı altında. İkiniz de haklısınız hanımlar. Her biriniz kendi bakış açınızdan haklısınız. Renk kuvvetleri anlamına gelen güçlü etkileşim için, 'aşağı¹ ve 'yabancı' kuarklar ayrı ve farklıdır. Onlara rahatlıkla ayrılmalarını söyleyebilirsiniz," dedi, Renk Cadısı'na doğru kocaman yelesi kafasını sallıyordu. Bir 'garip' kuark ise garipliğe sahiptir. Bu, 'garip¹ kuarkı 'aşağı' kuarktan ayıran ve farklı kılan özelliğe verilen bir isimden başka bir şey olmasa da, siz bu ayrımın gayet farkındasınız. İkisi de aynı elektrik yüküne sahiptirler, yani bir elektronun taşıdığı yükün - - 'ine, ama birbirlerinin aynısı değildirler. Güçlü etkileşim kendiliğinden bir 'garip' kuarkı bir 'aşağı' kuarka dönüştüremez. Bunlar farklıdır ve güçlü etkileşim düşünüldüğünde, farklı olarak kalırlar. Ellerinizdeki 'gariplik' korunur.

Kafasını Zayıf Cadı'ya doğru çevirerek "Diğer yandan, zayıf etkileşim 'garipliği' dikkate almaz" dedi. Onu hiç göremezsiniz. Sizin için 'aşağı' ve 'garip' kuarklar tamamen aynıdır. Onları ayırt edemezsiniz ve görebileceğiniz durumlar ise ikisinin toplamı olarak görülürler. Bir ikili içindeki alt konumda bulunan bir kuark durumunu görüyorsunuz ve bu durum 'yukarı' durum ile eşleşmiştir, ama sizin gördüğünüz durum Renk Cadısı tarafından görülenin aynısı değildir. Olayları farklı görüyorsunuz ve

farklı ölçütleriniz var. Sanal yüklü bozonlarırazın durumunun oluşturabildiği bir 'yukarı' kuark bir 'aşağı' kuarkm aynısı değildir. Aslında bir 'aşağı' ve 'garip' kuark karışımıdır. 'Aşağı' ve 'garip' kuarkların her ikisi de bir 'yukarı' kuarka bozunabilir çünkü sizin ve etkileşiminizin 'yukarı' kuark ile eşleşmiş olarak gördüğünüz özel genlikte her iki tür de mevcuttur. Bu durum 'garip' için 'aşağı' tattan daha küçük bir genlik içerir, bu yüzden "garip" kuark daha yavaş bozunur, hepsi bu.

Dorothy gariplik ve garip kuarkların dönüşümleri hakkmda daha fazla bir şey duymak istemediğini hissediyordu, bu nedenle konuyu değiştirmeye karar verdi. Zayıf Cadı'nın EM ve Yük Cadısı ile olan belirgin benzerliği konusunda yorum yaptı.

"Evet, bizler kardeşiz," diye yanıtladı Zayıf Cadı. "Çok farklı görünsek de, birçok bakımdan aynıyızdır. Birbirine çok benzeyen ikizleriz biz. Etkileşimlerimizin güçleri aynıdır, mesela.

"Bu nasıl olabilir?" diye sordu kız hayretle. "EM'nin gücü ve menzili çok etkileyici iken sizin gücünüzün, nasıl diyeyim, zayıf olduğunu pek çok defa duydum."

"Gücümüzün aynı olduğunu söyledim, menzilimizin değil. Benim zayıf etkileşimimim erişimi kısadır ve bu yüzden, bir parçacığı bağlama gücü elektromanyetizm kadar büyük olabilse de, meydana gelen bozunma hızları çok daha düşüktür." Her şey çok açılmış gibi durdu.

ZAYIF ETKİLEŞİM

Günümüzde elektromanyetik ve zayıf etkileşim, aralarındaki belirgin farklılıklara rağmen, tek bir elektrozayıf etkileşim olarak *birleşmiş* gibi düşünülmektedir.

Temel olarak aynı oldukları düşünülüyor çünkü etkileşim bozonlarının kaynaklarına bağlanma şiddetleri hep aynıdır. Bu bozonlar foton, W^+ , W^- ve Z 'dir

Foton kütesizdir ve kendi yükü yoktur, ama yalnızca elektrik yükü tarafından yayımlanır. Bir parçacıkta foton yayımladıktan sonra fark edilebilir bir değişiklik olmaz.

Diğer üç bozon çok ağırdır, yaklaşık bir fotonun yüz katı kadar. Bu durum etkileşime çok kısa bir menzile verir ve kütesiz foton tarafından taşınan uzun menzilli etkileşim ile karşılaştırıldığında dönüşüm ve bozunmalarda daha zayıf bir etkisi vardır. Bu bozonlar elektrik yüklerine değil bazı genel zayıf yüklere bağlanırlar - örneğin, yüksüz nötrinolar.

Z'nin yükü yoktur ve yayımlandığı parçacığı değişmeden bırakır, tıpkı ağır bir fotonmuş gibi.

İki W bozonu elektrik yükü taşırlar ve onları yayımlayan ya da emen parçacıkları değiştirirler. Kuarkları değiştirebilirler ve garip kuark bozunması ile nükleer P bozunmasından sorumludurlar.

"Korkarım anlayamıyorum," dedi Dorothy elinden geldiğinde kibar biçimde.

"Belki de daha açık hale getirebilirim." Bu müdahale metalik bir gürültüyle yaklaşırken göğsündeki ekran parlamaya başlayan Teneke Kafa'dan gelmişti. Etkileşen parçacıklara bakmalısın. Her biri bir alana yayılmış genliklere sahip. Ekranında parçacık genliklerini temsil eden üst üste binmiş iki puslu bölge belirdi. Bir bölge açık gri renkteydi, diğeri ise daha koyuydu. Bu renkler yalnızca iki bölgeye ayırmak içindi.

"İki parçacık arasındaki etkileşime bak. Etkileşim uzun menzilliye, bir genlik üzerindeki her nokta diğerinin her parçası ile etkileşime girecektir." Göğsündeki ekranda bulunan resimde koyu bölgedeki bir noktadan yayılan halkalar belirdi ve tüm ekrana yayılıp açık renkli genliği tamamen kapladılar. Koyu dağı-

lımdaki başka bir noktada ikinci bir halka kümesi belirdi ve onlar da açık renkli tüm bölgeyi kapladı. Genişleyen bu halkalar açık renkli genlik üzerindeki farklı noktalarda tekrar tekrar belirdiler ve her seferinde diğerinin her kısmını kapladılar.

"Bu durumda bir parçacığın diğerine tamamen bağlandığını görüyorsun. İlk genliğin her parçası etkileşim sayesinde diğerinin her kısmından haberdardır. Etkileşim kısa menzilli ise durum farklıdır.

Bir kez daha iki puslu çizgi belirdi ve yine karanlık dağılımdaki farklı noktalardan bir dizi halka yayıldı. Fakat bu sefer halkalar kaynaklarından ayrıldıktan hemen sonra solup yok oldular. Her seferinde, açık renkli parçacık genliğinin tamamının çok küçük bir kısmına yayılıyorlardı. Koyu dağılım soluk dağılıma sadece üst üste binen noktaların çevresinde bağlıydı.

"Bu kısa menzilli durum. Bir genlik diğerine yalnızca üst üste bindiklerinde bağlanır. Uzun menzilli bir etkileşimde ise her nokta diğerinin her noktasına ulaşır. Menzil kısa olduğunda, çok daha az etkileşim olur, erişecekleri alan sayısı çok daha az olduğu için değişim bozonları genliklerin ulaştıkları kısımlarına güçlüce bağlansalar bile.

Parçacık enerjileri ve momentumları artıkça, parçacıklar daha *lokalize* olurlar. Daha yoğun hale gelirler. Kısa menzilli bir etkileşim bu yoğun genliklerden daha fazla kısmını kaplayabilir. Parçacık enerjileri arttığında, kısa menzil ve uzun menzil etkileşimlerin etkileşim olasılıkları pek farklı değildir.

"Doğru," diye onayladı Zayıf Cadı. "Benim değişim bozonlarım EM'nin fotonları kadar şiddetli biçimde etkileşebilirler, ama ağırdırlar. Büyük bir kütleleri vardır, bu yüzden onları sanal olarak oluşturmak için çok daha fazla enerji gereklidir. Bu nedenle, bizim bu yaratıcı evrenimizde bile çok büyük bir enerji yalnızca kısa bir süre için mevcuttur. Bozonlar enerji borçları ödenmeden çok ilerleyemezler ve bu yüzden etkileşimin menzili kısadır. Bunların tümü gözlem yoluyla görülebilir. Gözlemle!"

Bu ani komut ile Cadı kukuletasını başına geçirdi, cüppesinin

kollarını kaldırdı ve yüzünü ateşe doğru döndü. Daha çok bir kazan gibi görünen kaynayan tenceresine bir şey fırlattı. İçindeki sıvıdan yoğun bir duman yükseldi ve havada kıvrılıp süzülerek masanın üzerine indi. Orada kalınlaşıp yoğunlaştı ve küçük bir yaratık meydana getirdi. Bu yaratık durumunu fark edince küçük toynakları takırdayarak korkuyor ve utanıyordu. Bu yeni misafir ön tarafı düzgün giyimli bir oyuncak bebek olan minik bir at gibiydi. Boyutları küçültülmüş bir Danışma At-Adamı'ydı.

"Ah, hayır, yine mi!" diye bağırdı, ona tepesinden bakan büyük şekillere korkuyla bakarak.

Onun tepkisini tamamen görmezden gelen Cadı, "Cem diyarında bilgiye ihtiyacımız olduğu için bizimle yürümenizi talep etmiştim," dedi resmi bir biçimde.

"Neden bana bunu yapıyorsunuz?" diye sızlandı At-Adam. "Niye herkes gibi İntemet'i kullanmıyorsunuz?"

"Sessiz ol!" Nötrinoların saçılması ve ara bozonların doğası hakkında bildiklerini anlat.

At-Adam bu kendi kendiyile çelişen komutu doğru bir biçimde yorumladı ve ne kadar hızlı itaat ederse, normal işlerine o kadar çabuk dönebileceğine karar verdi.

"Tamam, ne bilmek istiyorsunuz?" dedi boyun eğmiş biçimde.

"Zayıf etkileşimin zayıf olmadığı zamanı göster. Yüksek enerjili nötrinoların saçılımı göster."

"Pekâlâ," dedi At-Adam. Havaya bir dikdörtgen çizdi ve bu dikdörtgen bir pencere halini aldı - Cern'de gördüklerine benzer bir deney salonunu görüntüsünü göstermek için yükselip büyüyen bir pencere. Salonun ortasında Dorothy'nin hızlandırıcı tüneline yerleştirildiğini gördüğü araçlara benzer devasa araçlar vardı. At-Adam bunun bir nötrino etkileşim deneyi olduğunu açıkladı. Nötrino genlikleri yüksek enerjilerde daha yoğun hala



gelseler bile, bu durum onlara yüklü bir parçacığın uzun menzilli elektriksel etkileşiminin büyük hacimli maddeler üzerindeki etkisi kadar bir etkileşim vermiyordu. Nötrino ışını hızlandırıcının etrafındaki koruma malzemesinden kolaylıkla geçip detektöre ulaşabilir. Orada ise tek tek duran çekirdekler ile bir elektron ışınıymış gibi etkileşime girebilirler.

Pencere şimdi de detektörün içini gösteriyordu, tıpkı Cern'deyken Dorothy'nin ekranda gördüğü gibiydi. Tek önemli fark daha önceki yüklü parçacıklar hiçbir önemli etkileşime uğramadan geçerlerken odacıkta oluşan bir yığın izdi. Şimdi böyle izler yoktu, çünkü nötrinonlar detektör maddesine kaydedilen uzun menzilli etkileşime sahip değillerdi. Tamamen boş görünüyordu ve sonra birden daha önce gördükleri kadar etkileyici bir biçimde bir parçacık grubu ileriye doğru fıskırdı. Bu fıskırma

hiçbir yerden gelmiyor gibiydi. Nötrinolar iz bırakmadıkları için sol tarafta gelen hiçbir parçacığın izi yoktu. Sonra, herhangi bir yerden geliyor gibi görünmeyen bu büyük parçacık fışkırması ilerliyor ve hepsi de garip bir dengesizlik için sağa doğru gidiyorlardı.

"Bu bir nötrino olayı," dedi At-Adam. "Yüksek enerjili nötrinolar çok kolaylıkla etkileşirler."

"Ama kısa menzilli bir etkileşim için gerçek kanıt değişim bozonlarının gerçek parçacıklar olarak salınması ve onların gerçekten ağır olduklarının gözlemlenmesidir," diye belirtti Zayıf Cadı. "Gözlemlenen (3 bozunması hızlarını için gerekli olan bozonların kütleleri, etkileşimin temel olarak elektromanyetizm kadar güçlü olduğunu varsayırsa hesaplanabilir. Bunlar gözlemlenen kütlelerdir." Arkasından, "Anlat onlara!" diye emir verdi At-Adam'a.

"Doğru," diye başladı At-Adam. "Bir proton ışını ile bir karşı proton ışını arasındaki çarpışmalar bu tür bozonlar meydana getirirler. Protonlar kuarklardan ve karşı protonlar da karşı kuarklardan meydana gelmişlerdir. Cadı bir 'aşağı' kuarkın, nasıl negatif yüklü bir değişim parçacığı olan sanal W" bozonunu yayımlayabileceğim ve ardında bir 'yukarı' kuark bırakacağını size anlattı. Bir 'aşağı' kuark ile karşı 'yukarı' kuark arasındaki bir çarpışmanın kendi başına böyle bir bozon bırakabileceğini görebilirsiniz. Çarpışan parçacıklar yeterli enerjiye sahiplerse, sonuçta ortaya çıkan bozona kendi durgun kütlelerini oluşturmaya ve dünyaya gerçek bir parçacık olarak salınmasına yetecek kadar enerji verilebilir. Hem pozitif hem de negatif yüklü W bozonlar bulunmuşlardır ve çok ağırdılar. Sanal değişim bozonu için böyle büyük bir kütle çok kısa bir menzil için zayıf bir etkileşim sağlar ve etkileşim için böyle küçük bir menzil tabii ki zayıf bir $|3|$ bozunmasına neden olacaktır. Artık bana ihtiyacınız kalmadı," diye bitirdi. "Tüm sonuçlar bu makalede sunulmuştur."

Zayıf Cadı'nın tenceresinden başka bir duman kıvrılarak geldi ve At-Adam'm küçük şeklini örttü. Bulut dağıldığında, At-Adam gitmişti ve Cadı'nın masasında teknik bir makale duru-

yordu. Dorothy göz atmak için uzandı ama hiçbir şey anlamadı. Çok teknikti.

"Tabii ki," dedi Zayıf Cadı. "Atom çekirdeğinde neden nötronların bulunduğunu sorabilirsin." Dorothy bunu sormayı düşünmüyordu ama şimdi Cadı bahsedince sorabileceğini düşündü. "Evren hidrojenle doludur, yani proton ve elektronlarla, ama en başta *bulunan* serbest nötronlar bozundu. Artık çekirdeğe yerleşmek için hiç nötron yoksa çekirdeğin içinde bulunan nötronlar nereden geldiler? Bunu da sorabilirsin," diye tekrarladı. "Ve cevabı vereceğim. Ama önce dışarı çıkmalı ve kulübemin arka tarafına gitmelisin. Oraya gidince, AYçiçeklerimi² incelemelisin."

Bu gezinti için hiçbir neden göremeseler de, Dorothy ve arkadaşları Cadılar ile tartışmamanın daha iyi olduğunu öğrenmişlerdi. Buna itaat ederek topluca dışarı çıktılar ve bu esnada Cadıların kaynayan tencerenin etrafında toplandıklarını gördüler. "Üçümüz ne zaman tekrar bir araya geleceğiz?" dedi Zayıf Cadı, garip kişiliğine geri dönerek. "Yaklaşık 10 dakika içinde sanırım," diye cevap verdi EM sevimsiz bir biçimde.

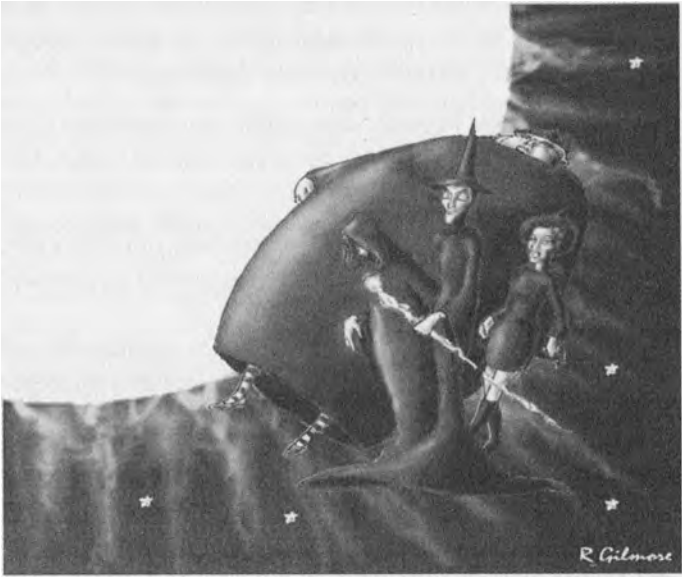
Grup tuhaf kulübenin arkasına geçti. Ormanın içinde büyük bir açıklık vardı ve Cadı'nın AYçiçekleri bu karanlık alanda nokta nokta görünüyordular. Burada dünya kapkaraydı ama yakından bakılınca bunun dünya olduğundan o kadar emin olamadılar. Geniş aralıklarla yerleştirilmiş olan çiçeklerin aralarındaki boşluklar siyah, boş uzay gibiydi. En yakındaki çiçeklerden birine yakından baktılar. Yuvarlak bir yüzü vardı ama normal ayçiçeği gibi bir sarı rengi yoktu. Göz kamaştırıcı bir ışık parlaması gibiydi. Bu parlaklıktan oradaki diskin etrafına büyük taç yapraklar yayılıyordu.

Grup ona doğru yürüdü ve ona yaklaşırlarken çiçek de onlardan uzaklaşıyor gibiydi. Geri geri giderken büyüdü ve onlar da

² AYçiçeği: İngilizcedeki karşılığı SUNFLOVVER. Kitapta bu çiçeklerin parlak olmaları nedeniyle İngilizcedeki Sun (Güneş) kelimesi vurgulanmak istenmiş. Ama kelimenin Türkçe karşılığın Güneş yerine Ay bulunduğu için bu vurgu kayboluyor. Ç.N.

buna karşılık olarak yaklaşmalarını hızlandırdılar. Ta ki sonunda alevden bir yıldızın kızgın yüzeyin etrafında yörüngesinde olduklarını fark edene kadar. Yörüngede süzülürlerken, kendilerini başka şekillere yaklaşıırken buldular. Arkalarındaki uzay kadar siyah kıyafetler giymiş üç şekil vardı ve sabit bir balonun önünde süzöldükleri anlaşıyordu. Bir an sonra, balonun aslında Kütle Cadısı ve üç şeklin de diğer üç cadı olduğunu fark ettiler.

"Burada atomların doğumuna tanıklık edeceksiniz. Yıldızlar, dünyayı oluşturan atomların beşiğidir," dedi Zayıf Cadı. "Herbimiz bu yıldız simyasında üstümüze düşen rolü oynuyoruz."



ÇEKİRDEK SENTEZİ:

ELEMENTLERİN DOĞUMU

Büyük Patlama'nın (Big Bang) hızlı olaylarından sonra, Evren'deki madde çoğunlukla hidrojen ve biraz helyum ile daha az miktar-

daki döteryum oluşturmak için birleşmiş olan proton ve elektrondur. Karbon ya da oksijen ya da yaşamımız için gereken diğer ağır elementler yoktu. Bunlar yıldızların merkezlerindeki fırınlarda dövdüler.

Aşağıdaki belirtildiği gibi, bu olayda çeşitli etkileşimler rol oynar.

- Kütleçekim maddeyi birleştirir ve madde düşerken çekirdeğin merkezini çekirdek süreçleri için yeteri kadar ısıtmaya yetecek potansiyel enerjiyi ortaya çıkartır.

- İtici elektriksel etkileşim çekirdekleri ayrı tutar, böylelikle yalnızca çok yüklü enerjilere sahiplerse "elektriksel bariyeri" geçebilirler. Bundan sonra bile, tepkimelerin olma olasılıkları düşüktür ve bu süreç yavaştır. Yıldızlar uzun süre yaşarlar.

- Güçlü çekirdek kuvveti, daha ağırıklarını meydana getirme hafif çekirdekleri bir arada tutar ama çekirdekleri kararlı tutmak için çok az nötron vardır.

- Zayıf etkileşim bazı protonları nötronlara dönüştürebilir. Ve bu da daha ağır çekirdekleri kararlı hale getirecek bileşenleri verir.

Süreçlerin ayrıntıları karışıktır ama şu ya da bu şekilde elementlerimizin çekirdek kabukları bir yıldızın içinde oluşur. Tabii ki bunlar yıldızların merkezindedir ama ölüm anlarında yıldızlar uzaya madde atarlar ve uzun bir süre sonra bu maddeler bizimki gibi bir gezegen oluşturmak için kullanılabilirler.

"Bizler yıldız tozuyuz"³ denildiğinde kast edilen işte budur, ama bunun yerine belki de "sönmüş bir yıldız ateşinin külleri"z" demeliyiz.

³ We are Stardust. Ç.N.

"İlk önce benim rolüm gelir," diye başladı Kütle Cadısı. "Yıldız oyunu çok olmasa da hidrojen gazı dolu bir uzay ile başlar: Evren'in başlangıcından bu yana var olan ve birbirleriyle çift olmak için yeterli zamanları olan proton ve elektronlar ile. Bazı bölgelerde gaz diğer bölgelerden biraz daha yoğun, biraz daha kalın olabilir. Gazın her atomu diğer her atomla küçük bir kütleçekimsel etkileşime sahiptir ve gazın daha çok bulunduğu yerlerde bu büyük bir çekme oluşturur. Gazı diğer bölgelerden çeker ve daha yoğun hale gelirler ve böylelikle de gitgide daha güçlü çekmeye başlarlar. Bu süreç bir yıldızın ilk aşamalarına kadar artan bir hızla devam eder."

Cadı kolunu salladı ve uzayın karanlık arkaplanına karşı bir pencerede açıldı. İlk başta bu pencere arkaplanın geri kalanından çok farklı değildi. Uzayda sürüklenmekte olan pek çok şey ile meydana gelen bir gaz bulutu görünüyordu ve bunlar yaklaştıkça daha da hızlanıyorlardı.

"Gaz bu protostarın - göksel küçük yıldız - kütleçekimi tarafından aşağıya doğru çekildikçe, enerji kazanır. Tıpkı Dünya'nın yüzeyinden yüksek bir noktadan düşen bir bardağın hızlandıkça daha da enerji kazanması gibi. Bardak yere çarptığında bu enerji dönüşmek zorundadır. Bu örnekte, enerji bardağı oluşturan maddenin bağlarının koparılmasına ve bir parçalanma sesi çıkmasına harcanır. Bir yıldızla doğru düşen gaz daha yoğun olan merkez ile çarpıştığında ise, bu enerji ısıya dönüşür. Yıldızın içindeki parçacıklar daha hızlı hareket ederler ve daha büyük bir enerji ile çarpışırlar. İlk başlarda, çarpışmalardaki enerji çok fazla değildir ve çarpışmalar foton yayımlanması dışında pek bir etki yapmazlar. Protostar kendi ışığı ile parlamaya başlar.

Sihirli pencerede, gaz kütlesi parlamaya başlamıştı. Henüz Güneş kadar parlak değildi, ama enerjiye daha fazla madde katıda bulundukça yoğunluğu artıyordu.

"Yıldız büyüdükçe ve kütlesi artıkça, gelen hidrojen tarafından elde edilen enerji de artar. Sıcaklık artar ve bu da parçacıkların enerjilerinin daha çok büyük olması anlamına gelir. Sonun-

da çekirdek etkileşimlerini başlatacak kadar büyük hale gelirler.

"Benim buradaki rolüm güvenilir bir el sağlamaktır. Tepkileri makul sınırlar içinde tutarım. Yıldızın davranışlarını aklı başında ve ölçülü tutarım," diye belirtti Yük Cadısı. "Protonların hepsi pozitif bir yük taşırlar, çok küçük bir bölgeye yoğunlaşmış bir yük. Birbirlerine çok yaklaştıklarında, benzer yükleri tarafından itilirler ve böylelikle nükleer bir etkileşim doğurabilecek bir çarpışmayı önlerler. Yalnızca yüksek sıcaklıklarda birkaç - sadece birkaç- proton bu itme bariyerini aşmaya yetecek enerjiye sahip olur ve bağlanacakları çekirdek bölgelerine yeteri kadar yaklaşırlar. Böyle bir engelleme mekanizması olmadan, bir yıldız çok kısa sürede patlayabilir, ömrü milyonlarca yıllar yerine dakikalarla ölçülürdü. Bu da hiç uygun olmazdı," diye bitirdi sözlerini yavan bir biçimde.

"Protonların yakın temasa girdikleri yerlerde, güçlü çekirdek kuvvetleri işe karışabilirler." Hikâyeyi Renk Cadısı sürdürüyordu. "Ama bu, elektriksel yüklerin protonlar üzerindeki itmeleri ile içlerindeki renk kuvvetlerinden sızabilen artık çekim arasındaki bir mücadeledir, hiçbir cisim yalnızca protonlardan oluşmamıştır. Durumları dengelemek için nötronlara da sahip olman gerekir, Ama hiç nötron yoktur."

"Öyle olmasalar benim zayıf etkileşimlerimin devreye girebileceği bir durum olmazdı," diye araya girdi Zayıf Cadı. "Nötronlar mevcut olsalardı, bağ durumları güçlü etkileşimler tarafından oluşturulabilirdi. Nötronlar olmadan ise oluşturulamazlar. Bu tür etkileşimler meydana gelecekse, enerji salınması gerekir ve hareket eden parçacıkların kinetik enerjilerini sağlamak için potansiyel enerji salınması doğanın temel termodinamiğinin bir parçasıdır. Sana güneş ışığını veren de işte böyle bir enerjidir."

"Zayıf etkileşim hayat kurtaran bir şeydir. Boş uzayda nötron, proton ve elektrona göre kütesine bağlı daha fazla oluşturabileceği enerjiye sahiptir ve bu yüzden protonlardan çok nötronlar bozunur. Bir yıldızın yoğun ateşi içinde, nötronların varlığı bağ durumlarının oluşmasını sağlayacak ve bu süreçte nötronun

kütlesini meydana getirmek için gerekli olandan daha fazla enerji salacaktır. Böyle özel durumlarda, zayıf bozunma tersine çalışır ve protonlar nötronlar haline gelirler. Bir elektron emip ortaya çıkan nötronun yanında bir nötrino yayımlayabilirler ya da bir pozitron, yani bir karşı elektron, yayımlayabilirler. Bu varlık bir yıldızın içinde bulunmakta olan bir elektron ile yok edebileceği için, uzun vadede bu aym şey demektir. Ve işte, hidrojen evrenini, dünyanı oluşturan atomları meydana getirmek için gerekli olan çekirdekler halinde paketlenmiş yıldız kabuğuna bağlayan bir etkileşimler zincirin oldu. Tüm gereken çekirdeği gelecekteki dünyaların tohumlarını atmak amacıyla uzaya fırlatacak patlamadır. Ama bu başka bir hikâye."⁴

Dorothy ve arkadaşları tatlı kozmik bir koronun bir şarkı söylediğini duyuyorlardı.

Ne zaman bir yıldızla bakıp dilek tutarsın,

Seni sen yapan atomlara varırsın.

Etraflarına bakındılar ve Cadılardan hiçbir iz göremediler, yalnızca yakında bir yıldızın protosferinin cansız parıltısı ve etrafa saçılmış diğer yıldızların benekleri vardı. Kendilerini yıldızdan uzaklaşır halde buldular ve hareket ettikçe uzaktaki ışık beneklerinin gece yanan mumlar ya da uzak bir şehrin ışıklarına benzer bir halde tekrar bir araya geldiklerini fark ettiler. Daha sonra daha yakma, aynı zamanda daha belirsiz hale geldiler. Artık yalnızca en yakında olan seçilebiliyordu. Yoğun bir dumanmış gibi solgun biçimde parlıyordu. Ayaklarının altında yeri tekrar hissedebiliyorlardı ve etraftaki sisle başarısızca savaşıp sıradan gaz lambaları tarafından zayıfça aydınlatılan bir yolda kaldırım taşları üzerinde yürümekte olduklarını fark ettiler. Yakındaki bir duvarda metal bir levha vardı. Üstünde *Şamdan Cad-desi* yazıyordu.

⁴ Bu da gelecekteki bir kitapta diğerleri yanında anlatmayı istediğim bir başka hikâye. Şimdilik Önce Upon a Universe (Bir zamanlar Evren) adını taşıyor.

12. Bölüm



MASSKERVILLE HIGGLERİ

Dorothy ve arkadaşları yakınlarda bir yerde bir kapı açılma sesi dikkatlerini çekene kadar sisle kaplı yolda yürümeye devam ettiler. Kapıdaki pirinç levha burasının '221A Şamdan Caddesi' olduğunu söylüyordu ve açık antrede ciddi bir kâhya kıyafeti ve önlüğü içinde bir kadın görünüyordu.

Kadın, "Lütfen içeri girin, bayan ve baylar," diyerek onlara yanaştı, Dorothy'nin arkadaşlarının ikinci kategoriye girmediklerini görmezden gelmişti. "Bay Ghardens sizi bekliyor."

Hep birlikte kadının peşinden içeri girdiler ve merdivenleri çıktılar. Kadın istekle takip ediyorlardı çünkü hem meraklanmışlardı hem de yoğun sisten çıktıkları için mutluydular. Kılavuzları merdivenlerin sonundaki bir kapıyı itip yana çekildi ve "Beklediğiniz bayan ve baylar, Bay Ghardens."

Oda belirgin bir bekâr kayıtsızlığı ile döşenmişti ve içeride iki kişi vardı. Biri sert, asker görünüşlü bir adamdı ve buna uygun biçimde bir redingot giymişti ve arkası dik bir sandalyede oturuyordu. Daha etkileyici olan diğeri ise ince, kartal gibi yüz hatlarına sahipti ve uzun bir çenesi vardı. Bir kanepeye tembelce uzanmıştı ve üzerinde kimyasal maddeler ile lekelenmiş olan mor, ipek bir sabahlık vardı. Zararlı lületaşı piposunu içerken bir yanda da bir gazetenin sayfalarını boş boş çeviriyordu. Onları gördüğü zaman, ayağa kalktı.

"Ooo, buyurun, buyurun," diye karşıladı yeni gelenleri heyecanla. "Ben Sherlock Ghardens¹, emrinizdeyim. Odadaki diğer kişiyi tanıştırırken "Ve bu da dostum Dr. Jouleson," diye ekledi.



"Sizi bekliyordum. Ayar Teorisi anıtında biraz vakit geçirdiğinizi, Zümrüt (ve Yakut ve Safir) Şehir'den daha henüz geldiğinizi ve Zayıf Cadı'nın AYçiçeği bahçesinden geçerek buraya geldiğinizi görüyorum."

"Sahi mi, Ghardens! "diye bağırdı arkadaşı. "Bu kadarı da fazla. Bunları nasıl biliyorsun?"

Ghardens oturdu piposundan kayıtsızca nefes çekmeye başladı. "Orası gözlerinin gördüklerinden az çok bir çıkarım yapabilen herkese tanıdık gelen bir yerdir. Üzerlerinde titreşen kırmızı, yeşil ve mavi renklerin izlerini kaçırmama imkân yok. Bunlar renk kuvvetlerini varlıklarını gösteren ve uzun süre kaybolmayan izlerdir. Bu da şehri ziyaret ettiklerini ve muhtemelen de Renk Cadısı ile karşılaştıklarını gösteriyor. Ayrıca yürürlerken ayaklarının altındaki zeminin güvenilirliğinden şüphelilermişçesine gibi bilinçsizce takındıkları dikkati fark edeceksin. Böyle bir dikkat kesinlikle Ayar Anıtı'na yapılan bir ziyaret nedeniyle olur."

"Şaşırtıcı!" diye hayırdı Dr. Juoleson. "Muhakeme yeteneğin beni şaşırtmaya asla son vermiyor. Ama Zayıf Cadı'nın bahçesini ziyaret ettiklerini nereden çıkardın?"

"Aslında, bu tür olaylar çok açıktır. Hava son zamanlarda kapalı, ki buralarda genellikle de böyledir, ama bu genç bayamın Güneş'ten belirgin biçime bronzlaştığım hatta bazı yerlerde yıl-

¹ Burada bahsi geçen kişi, birçok okuyucunun da tahmin ettiği gibi ünlü kurgusal detektif Sherlock Holmes'dur. Yukarıdaki 221A Şamdan Caddesi ile ise, öykülerdeki adresi olan Baker Street 221B'ye gönderme yapılmaktadır. Ç.N.

dızların etkilerinden dolayı bakır rengine döndüğünü fark edeceksin. Böyle bir radyasyonu yalnızca AYçiçeği bahçesinde alması olabilir. O kadar açık ki tartışmaya gerek yok.

"Ama sıradan konulardan bu kadar bahsetmek yeter," diye devam etti, "Bu iyi insanların ziyaret amaçları ile ilgilenmek zorundayız."

Dorothy ziyaretinin amacının *ne olduğunu* merak ediyordu. Bunu dile getirdi.

Ghardens tatlı bir şaşkınlıkla bir kaşını kaldırdı. "Zayıf Cadı'nın kütsesiz bozonların olağanüstü davranışlarına dikkatinizi çekmemeye gerek olmadığma eminim," dedi.

"Ama onlar kütsesiz değillerdi ki!" diye karşı çıktı Dorothy.

"Bu kadar olağanüstü olan da bu işte."

"Bunları nereden biliyorsun" dedi iyi Doktor şaşkınlığını gizleyemeyerek. "Tüm bu küçük şeyler, her nasıl adlandırıyorsan. Hayret verici."

Ghardens arkadaşına sevgiyle gülümsedi. "Temel parçacıklar, sevgili Jouleson'ım" dedi kısaca. "Bilgilerimi güncel tutmaya çalışıyorum. Bu tür bilgilerin ne zaman işe yarayacağını asla bilemezsin."

"Beni şaşırtıyorsun. Sana Dünya'nın Güneş'in etrafında döndüğünü söylediğimde,² gerçeği hemen unutmak için çabalayacağını söylediğini hatırlıyorum."³

"Pekâlâ, fikrimi değiştirdim," dedi Ghardens. "Çalışkan öğrencinin öğrenebileceği bilgilerin sınırı olmadığını fark ettim. Her neyse, Jouleson, dramatik hikâyelerimizin birinde isimlen-

² Burada Sherlock Holmes'un "Dünya'nın Güneş etrafında döndüğünü bilmek işime yaramıyorsa, neden bu bilgiyi kafamda tutayım ki" sözüne gönderme yapılıyor. Ç.N.

³ A Study in Scarlet'te, Ghardens, Holmes takma adı ile bu fikri tasvir eder.

dirdiğin gibi Gizemli Kayıp Kütle Konusu'na yoğunlaşmalıyız. Biliyoruz ki," diye devam etti arkasına yaslanıp parmaklarını birleştirerek, "kütlesi olmasına izin verilmeyen ve henüz yeteri miktarda gözlemlenmemiş olan bozonlar ile ilgileniyoruz. Güzel bir problem gibi görünüyor. Bazı parçacıklar kütle ile doğarlar; bazıları ise, kim bilir, kütleyle ulaşırlar ve bazılarının üzerilerinde kütle itişisi vardır. Sanırım bu sonuncuyu ele alacağız."

Ghardens ayağa kalktı, odamn köşesindeki bir dizi rafa doğru gitti ve oradaki kâğıtları araştırdı. "Buralarda bir yerde bu konu ile ilgili bir yazım var. Sanıyorum Edingurh'lu Profesör Higgs tarafından yazılmış. Bu yazıda bir etkileşimin bozonlarını sağlayan parçacıkların kendi kütleleri olamayacağını söyleyen ilginç bir kavramın tohumlarını atıyor. Bu parçacıklar artık profesörün adına ithafen Higgs bozonları olarak biliniyorlar.

Aramayı bıraktı ve koltuğuna döndü. Oturunca net, delip geçen bakışlarla misafirlerine döndü. "Gerçekler olmadan teori oluşturmak çok büyük bir hata. Devam etmeden önce, kütlesi olan ve olmayan parçacıkların bazı özelliklerini düşünelim. Kütle ile eylemsizlik aynı şeydir. Kütlesi olan bir parçacığı hızlandırdığınızı varsayalım. Bu süreçte ona gitgide daha çok momentum verirsiniz. İlk başta, yavaş hareket edecektir ve sonunda ışık hızına ulaşıncaya kadar hız kazanmaya devam edecektir. Daha sonra enerji ve momentumu artmaya devam etse de hızı azalacaktır. Parçacık ne kadar hafifse, o kadar kolay hızlanacaktır. Bu konudaki en uç noktalarda ise kütlesi olmayan bir parçacığın davranışı ile karşılaşacaksınız."

Ghardens arkasına yaslanıp gözlerini kapattı, ama dinleyicilerine hitap etmeyi sürdürdü. "Kütlesiz bir parçacığa enerji ya da momentum verilirse, hemen ışık hızında hareket etmeye başlayacaktır. Bu kütlesiz bir parçacığın hareket edebileceği yegâne hızdır. Fotonların kütlesi yoktur. Bu yüzden de 'ışık hızı'nda hareket ederler. Bu hızın ışık ile hiçbir özel ilgisi yoktur. Durgun kütlesi olmayan her parçacığın doğal ve yegâne hızıdır. Gerçek parçacıklar için durum böyledir," diye devam etti, gözlerini açıp yine delici bakışları ile bir noktaya sabitleyerek. "Doğal kütlesi

olmayan sanal bir parçacık için ise, hız için özel bir sınırdır yoktur. Uç noktada, mevcut olmayan durgun kütlelerini meydana getirmek için enerjiye ihtiyacı olmadığı için, istediği kadar enerji borç alabilir ve istediği kadar ilerleyebilir. Bildiğiniz gibi, kütlesi olan sanal bozonların bir sınırı vardır çünkü borç aldıkları enerjileri geri vermek zorundadırlar. Foton etkileşiminin kapsamı bu yüzden sınırsızdır. Kaynağından uzak noktalarda bakarsanız şiddeti azalmış olacaktır ama bunun nedeni daha büyük bir alana yayılmış olmasıdır.

"Pekâlâ, konuyu toparlarsak," dedi parmaklarını bir kez daha otoriter bir duruşla birleştirerek. "Fotonlar kütleli parçacıklardır. Gerçek fotonlar ışık hızında hareket ederler çünkü onlar ışıktır. Sanal fotonlar ise sonsuz menzilli bir etkileşim verirler ve ..." Birden durdu. "Işığın 'ışık hızı'ndan daha yavaş hareket ettiği ve (bir elektrik alanının) foton etkileşimlerinin menzilinın tıpkı kütleli bir değişim bozonundaki gibi kısa olduğu durumlar vardır."

Durdu ve piposuna tütün doldurmaya başladı. Bu, gerilimi artırmak için yapılan kasıtlı bir hareketti ama Aslan bunu konuşmak için bir fırsat olarak gördü.

"Bize ne söyleyeceğini hayal edebiliyorum..." diye başladı söze.

"Buradaki paralellik gayet açık," diye kesti Ghardens kesin bir biçimde. Aslan'ın sözünü kesebilen birilerinin olduğunu keşfetmek Dorothy'yi etkilemişti. Ghardens yere uzandı ve bir büyüteç aldı. Onu bir şeyi incelemek için kullanmak yerine, Dorothy ve arkadaşlarının bakması için tutuyordu. "Bu faydalı aletin ortada kalın ve kenarlara doğru incelen kıvrımlı bir merceği vardır. Camdan geçen ışık havada olduğundan daha yavaş ilerler. Sonunda, merkezden geçen ışık merceğin dış taraflarından geçen ışıktan daha yavaş ulaşır ve geri kalır. Sonuçta oluşan girişim camın uzak tarafında olan şeyin bozulmuş bir görüntüsünü verir. Camdan geçen ışığın neden daha yavaş ilerlediğini sorabilirsiniz. Işık da nihayetinde fotonlardan meydana gelir ve foton-

lar da kütsesizdir, öyle değil mi? Bunun nedeni fotonların cam atomları içindeki elektrik yükleri ile etkileşime girmesidir ve oluşan etki ışığın geçişini bozup engellemesidir. Fotonlar kendi başlarına yalnızca ışık hızında hareket edebilseler de, bu durumda etraflarındaki kalabalık yüklerin baskısı tarafından alıkonurlar.

"Bir kez daha diğer yüklerin etkisi, elektriksel kuvvetin menzili sınırlandırır. Bir elektrik alan normalde sonsuz bir menzile sahiptir ama elektriksel bir iletkenin dışında bu menzil hızlıca azalacaktır. Bunun nedeni iletkenin içinde elektronların bulunması ve bunların serbestçe hareket edebilmeleridir. İletkenin içinde bir elektrik alan varsa, bu elektronlar üzerinde bir kuvvet uygular ve onları hareketlendirir. Bu yükler hareket ettikçe, elektrik alanını değiştirirler çünkü farklı konumlardaki yükler farklı alanlar meydana getirirler. Elektronların meydana getirdikleri yeni alan onları en başta harekete geçiren ilk alanı yok edene kadar hareket eder. Bu noktada artık bir elektrik alan yoktur. Elektronlar üzerinde başka kuvvet yoktur ve oldukları yerde kalırlar. İletkenin içindeki alan yok olmuştur; etrafındaki yükler tarafından şiddeti sıfıra indirilmiştir.

"Bir iletken içindeki yükler," diye devam etti Ghardens, piposundan belirgin biçimde nefes çekerek. "Yüzeye yakın olan elektrik alanı tamamen yok edemezler, çünkü yüzeyin dışında hareketli yükler yoktur. Bunun yerine, alan metale girer girmez tıpkı kısa menzilli bir etkileşimin kaynağından uzaklaştıkça azalması gibi şiddetini kaybetmeye başlar. Bir kez daha, diğer parçacıkların varlıkları elektrik alanın kütsesiz fotonlarını kütleleri varmuş gibi davranmaya zorlar.

"Bu kadar teori yeter," dedi aniden. "Oyun başladı ve harekete geçmeliyiz!" Telaşla koltuğundan kalktı ve sabahlığımı çıkarıp ağır bir pelerin ile Sherlock Holmes şapkası taktı. Dorothy ve arkadaşları neler olduğunu daha anlayamadan evden dışarı çıkıp bekleyen tek atın çektiği bir arabaya bindiler. Yani Aslan dışında hepsi. Her zamanki gibi arabaya sığamayacak kadar bü-

yüktü ve arkadan koşuyordu. Aslan'ın varlığı arabayı çeken atı iyi bir hıza ulaşmaya yetecek kadar teşvik ediyordu. Kısa süre sonra kasabanın kaldırım taşlarını caddelerini terk ediyorlardı ve daha kısa bir süre sonra kendilerini terk edilmiş bir bataklık boyunca bozuk bir yolda gidiyor bulmuşlardı.

Yol boyunca sarsılmakta olan Ghardens "Etraftaki maddenin fotonlara verebileceği görünen kütle biraz üstünkörüdür," dedi. "Sözde 'gerçek' fotonun meydana gelmek için biraz enerjiye ihtiyacı vardır ve yine de durgun kütleleri yoktur. Bu tür yüklerin bulunduğu bölgeyi terk edince, etraftaki her yükün etkisini kolaylıkla bertaraf edebilir. Zayıf etkileşimin W ve Z bozonları gibi parçacıklarının, *onlara* kütle veren parçacıklar - Higgs bozonları - ile daha yakın bir ilişkileri vardır. Nereye giderlerse gitsinler bu ilişkiden kaçış *yoktur*. Bu Higgs bozonları yalnızca bazı maddelerin sınırlı hacimlerinde bulunmazlar. Boşlukta da bulunurlar yani her maddenin içinde. 'Boşluk' dediğim zaman, içinde maddeleri meydana getiren birkaç önemsiz parçacık bulunsun ya da bulunmasın tüm uzayı kastediyorum."

Araba kasvetli görünen bir yerin ortasında durdu. Ghardens kapıyı açıp büyük bir şevkle aşağı atladı. Diğerlerinin onu takip etmesi için hareket yapıyordu. Yere inerken "İşte Maskerville Bataklığı," diye devam etti ara vermeden." Fark edeceğiniz gibi, parçacıklar genellikle vakum içinde sanal bir durumda kısa bir süreliğine var olabilirler. Var olmaları için gerekli olan enerjiyi kuantum evreninin enerji dalgalanmalarından borç alabilirler. Higgs bozonları ise farklıdır. Bozondurlar ve meydana gelmelerini hiçbir korunum kanunu yasaklamaz. Dahası, enerji borç almalarına gerek yoktur. Birbirleriyle, etkileşimlerindeki enerji negatif olacak şekilde etkileşime girerler. Yani varlıkları boşluğun enerjisini azaltır. Evren de düşük enerjiyi tercih eder görünmektedir. Sonuç olarak, Higgs her zaman bizimledir.

"Higgs bozonlarının varlığı bu yüzden evrensel bir varoluş ve her durumda geçerli bir gerçektir. Onun etkisi etkileştiği parçacıkların doğasının ayrılmaz bir parçasıdır. Hep var olan Higgs



ile olan etkileşimleri bir W ya da Z bozonunun, kütleli bir parçacık gibi görünmesine neden olduğunda, bu görünüşe sahip olmanın tüm sonuçlarını oluşturur. Higgs etkileşimi, doğaları itibarıyla kütsüz olan sanal W bozonlarının tıpkı kütleli parçacıklardan beklediğin gibi kısa menzilli kuvvetler oluşturmalarına neden olacaktır. Fakat dahası da var. Bir W bozonu yaratabilir ve onu sanaldan 'gerçeğe' çevirebilirsin. Bunu yaptığında, Higgs alamna vermek zorunda olduğun enerji, etkileşimin kısa menzilli etkisini meydana getiren bir bozon için beklediğin durgun kütle enerjisi kadar olacaktır. Bu yüzden Higgs etkileşimi bir kez daha kütsüz bir bozonu kütlesi varmış gibi gösterir.

" W ya da Z bozonu serbest kaldığında ve 'gerçek' bir parçacık haline geldiğinde bile, Higgs alanı ile etkileşime girmekte serbest değildir. Bu etkileşim bir kuvvet uygulandığında, hızlanmanın tıpkı gerçek bir eylemsizliği varmış gibi, yavaşlamasına neden olacaktır. Parçacık her zaman Higgs parçacıklarından meydana gelmiş bir alanda ilerlemek zorundadır. Sürüklenip geri çekilir. Bu tıpkı yoğun bir sıvı içinde hareket etmek gibidir. Bu şekilde de kütlesi varmış gibi görünür.

HIGGS MEKANİZMASI

Bu, birkaç rahatsızlık verici gerçeği atlamanın zekice bir yoludur.

1. Sanal bozon genlikleri toplandığında, büyük sonsuzlukları önlemenin yalnızca bir yolu vardır. Bu yerel faz bağımsızlığı ya da "ayar simetrisi"nin gereksinimidir. Elektromanyetik alanın bu şartı zaten sağladığı bilinmektedir.

2. Ayar simetrisi sanal değişim bozonlarının durgun kütleleri olamayacağını söyler. Zayıf etkileşimin çok kısa bir menzili vardır ve bu da *kütleli* bir bozon gerektirir.

Şimdiye kadar hiç serbest Higgs bozonu gözlemlenmemiştir, ama çok ağır olabilirler ve serbest kalmak için çok büyük enerjilere ihtiyaçları olabilir.

Herkes onları arıyor.

"W bozonunun kütlesi olduğunu söyleyip geçmek daha kolay olmaz mıydı?" diye araya girdi Dorothy. "Bu tamamen inanılmaz geliyor. Çok karmaşık."

"Böyle bir seçeneğimiz yok. Ölümsüzler Meydam'nda duyduğun gibi, alanların değişim kuantaları kontrol edilemeyen sonsuzlukların yayılmasını önlemek için 'yerel faz bağımsızlığı'¹ göstermelidirler. Benim son ifadelerimi karmaşık bulduğunu düşünüyorsan, *bunun* ne kadar karmaşık olduğu hakkında hiçbir fikrin olamayabilir. Biraz garip ve yabancı gelse de Higgs kavramı bildiğimiz her şey ile örtüşen tek mevcut seçenektir. Daha önceki bilgiler ile uyuşmayan teorileri ellediğimizde, her ne kadar makul görünmese de elde doğru olarak bu kalır," dedi Ghardens itiraz kabul etmez biçimde.

Daha sonra onları tamamen düz ve şaşırtıcı biçimde masum görünen bir yere götürdü. "Higgs bozonlarımn etkisini göstermek için sizi uygun bir alegorik yere getirdim," dedi. "Burası Bozon Bataklığı. Dikkatsiz parçacıkları karmakarışık hale getirmek için pusuya yatmış ketum Higgsler ile doludur. Senin gerçekliğinde, Higgsler her yerdedir ve tüm parçacıklar hâlihazırda karmakarışık olmuşlardır ama burada her şeyi daha farklı görebilirsin."

"Bu bir tür bataklık kumu mu?" diye sordu Dorothy.

"Ona çok benzer ama kumdan ziyade Higgs'den meydana gelmiştir ve temel rolü hızlıdan ziyade yavaş olmaktır. Bak!"

Bakarlarken bir grup parçacık bataklık boyuna hareket ediyorlardı. Çok hafif belli ki kütleli olan parçacıklar inamlmaz bir hızla oradan buraya uçuyorlardı. Kaygısız oyunlarında farkında olmadan korkunç Bozon Bataklığı'na gidiyorlardı. Hemen ardından da yakalanıyorlardı. Higgs etkileşimleri onları çekiyor ve hareketsiz kütleye doğru sürüklüyordu. Bir daha asla serbestçe hoplayıp zıplamıyorlardı. Artık hantal doğalarımn büyük ağırlıkları ile sınırlıydılar.

Dorothy ve arkadaşları parçacıkların Bozon Bataklığı'nın ölümsüz kucağında mücadele etmelerini üzüntüyle izliyorlardı. Tiz çığlıkları duyanları kederlendiriyordu. "Ah, zavallı şeyler," diye haykırdı Dorothy. "Onları için yapabileceğimiz hiçbir şey yok mu?"

"Hayır, yok," dedi Ghardens. "Doğa böyle işliyor ve bu tamamen bizim denetimimiz dışında. Bizim nasıl kendi yükümüzü taşıyorsak, onlar da kendi kütlelerini taşımak zorundalar. Ama artık Jouleson ve ben gitmek zorundayız," dedi birden. "Başka yerlerde hizmetlerimize ihtiyaç var ve tanışmamız gereken binlerinin Bataklık'tan çok uzakta olmadığı görebiliyorum." Biraz uzaktaki küçük bir grubu işaret etti, onlara el salladı ve sadık dostu ile tekrar arabaya bindi. Araba keskin gözlem ve analiz yeteneğini göstereceği bir sonraki yere gitmek üzere takırdayarak uzaklaştı. Dorothy ile beraberindekiler birbirlerine ve sonra da uzaktaki gruba baktılar ve sessizce omuz silkip onlara doğru yürümeye başladılar.

Yaklaşırlarken, ihtişamlı kıyafetler içindeki birisi onlara doğru geldi. İçinden çelik bir kılıç değil de bir parça tebeşirin çıktığı gösterişli bir kabza sallıyordu.

"Merhaba," diye bağırdı. Tatbikatlarımızı incelemeye mi geldiniz? Ben General Teori⁴ ve bu da Standart Model Ordusu." Etrafında toplanmış olan otuz civarında parçacıktan oluşan grubu gösterdi. "Böyle güzel bir parçacıklar grubu bulmak zordur. Aslında başka herhangi bir parçacık bulmak imkânsızdır. Deneysel kamtlar rütbelere ile karşılaşmalarında asla mağlup olmadılar." General Teori kendinden emin bir halde arkasına yaslandı. "Birazdan altı serseri ile çarpışacaklar, yoksa bilmiyor musunuz?"

General tekrar doğruldu. "Etkileyici görünümlü bir grup, değil mi?" diye devam etti. "İşte en sert fermiyon savaşçılarımız. Sol taraftakiler üç jenerasyon yüklü leptonlar ve nötrinolar içeren lepton hafif piyadeleri. Tau leptonu olması gerektiği kadar hafif değildir, ama bu konuda yorum yapmıyoruz," diye fısıldadı yanındakine. "Böylece üç renk alayınız olur: Kırmızılar, Yeşiller ve Maviler. Her biri altı kuark içerir. Ayrıca fotonların, gluonların, W ve Z bozonlarının ve hatta gravitonların değiş tokuş edilmesini sağlayan hareketli bozon toplarımız var. Dahası, savaşın kurallarını ve şiddetini belirlemek için kütle ve bir dizi uygun bağlanma sabitleri sağlayan Higgs'lerin bulunduğu varıya çavuşu dairemizde de var. Tüm grup biraz büyük ama işe yarıyor gibi duruyor."

STANDART MODEL

Standart Model temel parçacıklar ve etkileşimleri hakkında bilinen ve inanılan şeylerin bir özetidir. Dünyamızdaki maddeyi meydana getirmek bir tür araç kutusu sağlar. İçeriği bazı temel

⁴ General Theory: Genel Teori. Ç.N.

fermionlardan meydana gelir: Altı lepton ve altı kuark (kuarklar üç renkli halindedir). Bunları birbirlerine bağlamak için, etkileşimleri sağlayan bir dizi bozon mevcuttur: Foton, gluon, graviton ile W ve Z bozonları. Bazı bağlanma sabitleri ve birkaç faz faktörü ile bu koleksiyon parçacık fiziğindeki deneyin gözlemlenen sonuçlarına mükemmel biçimde uymakta ve sonuçları yeterli güvenilirlik ve başarı ile tahmin etmektedir.

Teorisyenler modelde görünen kütle ve etkileşim şiddetlerinin karışık çeşitlerini birbirine bağlayan daha temel bir teori bulmak istiyorlar.

Deneysevciler ise kendilerini mutlu etmek için Standart Model'in açıklayamadığı bir ölçüm yapmak istiyorlar.

Şu ana kadar her iki grup da başarısız olmuşlardır.



"Buna nasıl büyük bir ordu dersiniz?" diye karşı çıktı Dorothy inanamaz bir halde. "Buna nasıl bir ordu dediğinizi bile anlamıyorum. Yalnızca bir avuçlar."

General çok kırılmış gibi görünüyordu. "Sanırım çeşitliliği sayılar ile karıştırıyorsun," dedi. "Ben örneğin 'elektron' derken, tüm elektronların ortak doğasından bahsediyorum. Herhangi bir türdeki parçacıklar, mesela elektron, yalnızca benzer değildir; *aynıdırlar*. Bu kimlik, değiş tokuş simetrisinin ve Pauli İlkesi'nin ortaya çıkmasını sağlar. Elektronlar birbirlerinden ayırt edilemedikleri için, *farklı bir elektron* diye bir şey yoktur. Hepsi aynıdır, tamamen ve kesinlikle aynıdırlar ve bu yüzden de sadece elektron diyoruz.

"Ham sayılara bakarsan yeterli olduklarını göreceksin. Alaylarımız kalabalıktır. Bu ordunun yetersiz olduğunu düşünüyorsan bir talimimizi izle."

Emriyle birlikte, küçük bir kuark grubu ileri çıktı ve sarmal bir biçimde birbiri etrafında dönmeye başladılar. Dorothy proton ve nötronlar olarak birleştiklerini görebiliyordu. Elektron, lepton sıralarından bir adım öne çıktı ve bu yürüyüşe katıldı. Artık parçacıkların belirgin biçimde çok sayıda atom oluşturmak için çeşitli biçimlerde birleştikleri görülebiliyordu. Hidrojen, oksijen, azot, tabii ki karbon ve hatta demir ve diğer nadir metal atomları vardı.

Bu atom grubu artık büyük bir hortum içinde birbirleriyle birleşiyorlar ve hesap edilemez sayılara ulaşıyorlardı. Atomlar birbirleriyle moleküller halinde birleşiyorlar; kristaller ve şekilsiz katılar halinde bir araya geliyorlardı. Birleşimlerin çeşitliliği ve kapsamı kafa karıştırıcıydı ve izleyenlerin takip etmesi imkânsızdı. Bu anlaşılmaz etkinlik nihayet durunca, Dorothy ile arkadaşları kendilerini siyah çelikler içindeki şekillerle çevrili buldular. Bir ya da iki tane değillerdi ve Xian'ın pişmiş toprak heykelleri gibi birbirilerine çok yakın duruyorlardı. Ama bunlar pişmiş topraktan değillerdi. Ağır zırhlar giymişlerdi ve jilet kadar keskin büyük kılıçlar takıyorlardı ve üstlerinde başka silahlar da vardı (Tabii bunlar insan ise, zira miğferlerindeki ince yarıklardan bakan gözler insan gözlerine benzemiyorlardı). Büyük, siyah zırhlı şekiller ufka kadar her yeri kaplıyordu, hatta daha da ilerisini bile.

DENEYSEL ÇÖL

Bilim, ve elbette ki parçacık fiziği, deneysel sonuçlara dayalıdır. Evren'in doğasını yalnızca sırf düşünerek belirleyemeyiz. Bugüne kadar keşfettiklerimizin çoğunu asla hayal edemezdik. Temel parçacıkların mevcut teorisi, yeni kanıtların yalnızca çok daha yüksek enerjilerde gelebileceğini söylüyor, güneş sisteminin çapında bir hızlandırıcı gerektiren enerjilerde.

Bunun maliyetini karşılamak zor olabilir.

"Artık galiba bu ordunun pek çok durum için yeterli olduğuna inanıyorsunuz. Bununla birlikte, bileşenleri endişe verecek kadar çeşitlidir. Neden böyle garip kütle çeşitliliği gösteriyorlar? Muhtemelen bunlar bir tür Higgs süreci tarafından sağlanıyorlar, ama eğer öyleyse, neden gözlemlediğimiz garip değerlere sahipler? Neden üç, daha fazla ya da az değil, fermiyon jenerasyonu var? Her şey garip bir keyfilik içinde görünüyor ve bu koleksiyonun ötesinde yer alan ve bu çeşitliliği açıklayabilecek olan daha temel ilkeler arıyoruz. Bugüne kadar hiçbir deneyden yeni bir düzenin gerekli olduğuna dair bir ipucu alınmadı. Standart Model kendisinden önce gelen her şeyi sırtlamış görünüyor. Yeni gözlemler yapılacaksa, şu ana kadar keşfedilenlerden daha yüksek enerji bölgelerinde olmak zorundadırlar. Her yeni sonuç Büyük Deneysel ÇöTde yapılacak uzun bir yolculuk demektir. Burası yeni gözlemlerin gizlenebilir olduğu, sürekli artan bir enerjiye sahip, misafirperver olmayan bir yerdir. Ama yine de hiçbirinin makul bir deneysel yolculuk kapsamı içinde olduğuna dair bir işaret yok. Emir subayım Binbaşı Keşif, bölgeye bir keşif gezisine gitti ama haberler ile dönmesine daha çok ola-

bilir. Eğer varsa," diye ekledi düşünceli bir biçimde.

"Bana çölü geçmek zorunda olduğum söylendi, bu yüzden belki de binbaşımı bulabilirim," diye önerdi Dorothy yardımsever bir biçimde. General pek heyecanlanmış görünmüyordu. Daha fazla bir şey sormadılar. Onu bırakıp Büyük Deneysel Çöl'ün başlangıcını işaretleyen ufuktaki kum çizgisine doğru ilerlemeye başladılar.

13. Bölüm



BÜYÜK DENEYSEL ÇÖL'DE

Yol arkadaşları, önlerinde uzanan geniş uçsuz bucaksız çöl karşısında daha yolun başında şevklerini kaybetmeye başladılar. Çorak kum uzaklara kadar uzanıyor, her ayrımtı yüksek enerji sisleri tarafından gizleniyordu. Atıkları her adım gitgide daha zorlaşıyordu. Önlerindeki yolun onlara sunacağı neredeyse imkânsız enerjiye ulaşmak zorundaydılar. Enerji seviyesi yükselirken, çevrelerindeki sanal âlem daha da güçlü hale geliyor, çevre gözlerine tuhaf oyunlar oynuyordu.

"Burada gördüklerime inamp inanamayacağıma emin olamıyorum," dedi Korkuluk. Gözlem gücünün burada yetersiz kaldığını itiraf etmek onun için kolay değildi. "Seraplar görebiliriz."

Bu cümle herkesin etrafına bakınmasına neden oldu. Gerçekten de, biraz ilerilerinde yeşil ve sarı karışımı bir yer olduğunu gördüler. Daha yakma geldikçe, burası ortada bir su birikintisi ve yanlarda birkaç ağaç ile bir vahaya dönüştü. En büyük ağacın altında ipek bir cüppe ve kendisine daha da hava katmak için ipekten bir başlık giymiş olan genç bir adam vardı. Yanında bir somun ekmek ile ara sıra kendisini serinlettiği bir testi şarap duruyordu. Her iki yanında iki parçacık dizisi vardı. Sağında, fermiyon ve bozon gruplarını görebiliyorlardı: Leptonlar ve kuarklar, fotonlar ve gluonlar ile W ve Z bozonları. Solda ise süpersimetrik çiftler; fermiyon ve bozonlar vardı: Fotinolar, gluonlar,

vvinolar, sleptonlar ve skuarklar. Gruptakiler bu kişinin artık büyümüş olan Süpersimetri olduğunu anlayabiliyorlardı. Kendini beğenmişlik içinde umursamazca uzanıyor ve deneysel doğrulama vahasında dinleniyordu.

"Buna güvenebileceğimden emin değilim," diye fısıldadı Korkuluk. "İlk serabımız olabilir." İlk başta kesin gibi görünen manzara kenarlarından incelmeye başlamıştı. Dorothy ile arkadaşları sırtlarını ona dönüp dişlerini sıkarak (böyle şeyler yapabilenler) uzak ufka doğru yavaş yürüyüşlerini sürdürdüler.

Bir kez daha uzakta bir şekil belirene kadar ne kadar gittiklerini bilmiyorlardı. Sonunda ne olduğu açıkça görüldü. Yaklaşırlarken, zaten Büyük Deneysel Çöl'deki yürüyüşlerinden dolayı şaşkınlık içindelerken, kafalarının içindeki bir sesin bağırdığını duyuyorlardı.

Yapayalnızdır cölde, geniş ve temelsiz TOE¹

Hemen yanında durur GUT^{1 2}

Yalan yanlış teoriler hurdalığında

Söylerler yaratıcılarına

ne kadar ezildiklerini bu hurdalıkta

Her şeyi açıklayan ve hiçbir şey söylemeyen

Ve temelden yoksun şu sözler dökülür ağızlarından: "Son teoriye güven,

ilkine ve sonuncusuna aynı zamanda. Bir bak sade güzelliğime ve katıl bana."

TOE'nın önünde teorisyenler yere kapandılar,

Tapınarak geleceğin bu vizyonuna

¹ (TOE) Theory of Everyting: Bu teori birleşmiş teorilerin Kutsal Kase'sidir. Bütün etkileşimlerin büyük hipotezlerini tek bir başlık altında birleştirir. Buna kütle çekim de dahildir.

² (GUT) Grand Unified Theory: Bu tür çok fazla teori vardır. Bunun amacı, kütle çekimi hariç tutarak bütün parçacık etkileşimlerini tek bir teori altında toplamaktır. Kütleçekimi dahil olursa Theory of Everything oluşur. (TOE)

Başka bir şey kalmaz. Çöküp giderken diğer teoriler

Ve bağışlarken tüm içeriklerini güçlü TOE'ya

Her şey tekliğe dönüşür, sonunda kuma karışıp gider



Dorothy ve arkadaşları birbirlerine baktılar.

"En iyisi bunu hiç düşünmemek!" dedi Aslan.

"Böyle bir şey yaşamadığınızı düşünün," dedi Korkuluk

"Bu benim işlem kapasitemin ötesinde," dedi Teneke Kafa.

Bunu incelemek için bile durmadan, yolculuklarına devam ettiler. Sade ve esrarengiz manzarayı arkalarından bıraktılar. Ara vermeden devam ediyorlar ve Büyücü'nün onlara dediği gibi tüm umutları ve muhtemelen tüm nedenleri arkalarında bırakıyorlardı. Adımlar birbirini izledikçe, enerjileri sonsuzluğun etkisiyle kademeler halinde artıyordu. Ama bu ucu bucağı yokmuş gibi görünen çölün bile nihayet sonu geldi ve kendilerini yeni ve farklı bir bölgede buldular. Bir kez daha normal bir yoldaydılar ve yol kenarında bir tabela vardı:

Tebrikler!

Planck Enerjisi'ne Ulaştınız.

Ulaştığınız miktar

10.000.000.000.000.000.000.000

MeV

(yaklaşık olarak)

"Bunu göreceğimi asla düşünmemiştim," diye iç geçirdi Aslan. Coşkunluğun yerini huşu almıştı. "Bu nihai sınır. Burada farklı etkileşimler birbiriyle karışır ve toplamlarına eş bir güce sahip olurlar. Burası..."

"Kütleçekimin güçlü hale geldiği yer," diye gürledi bir ses, her taraftan geliyor gibiydi, soldan, sağdan ama özellikle de tepelerinden. Yukarı baktılar ve Kütle Cadısı'm gördüler. Şimdi görebildikleri her yeri kaplıyordu. Varlığı nedeniyle görecektir başka bir şey yoktu.

KÜTLEÇEKİM

Bilinen tüm etkileşimler arasında, yalnızca kütleçekim tatminkâr bir kuantum teorisi oluşturma girişimlerine bu kadar dayanabilmiştir. Kütleçekim, uzayı büküp doğrudan enerjiye bağlaması bakımından diğer etkileşimlerden farklıdır. Bu durum, parçacık enerjileri artarken, kütle çekimin de güçleneceği anlamına gelir.

Normal enerji seviyelerinde, kütleçekim son derece zayıftır. Ama yüksek enerji seviyelerinde, kütleçekim güçlü hale gelir ve hiçbir şey ona karşı duramaz, çünkü karşı koymak bir tür itme içerir ve itme de enerji oluşturur. Bu enerji yalnızca kütleçekimini daha da güçlendirir ve böylelikle kütleçekimin çekişine karşı olan her itme aslında kütleçekime yardımcı olur. Bu karşı konulamaz

döngü, diğer güçlerden hiçbirinin etkili biçimde karşı koyamadığı ve kütle çekimin tüm yıldızı - hatta galaksilerin merkezlerini - uzayda tek bir noktaya çökerttiği kara delik oluşumunda görülür.

"Şimdi benim büyük gücümü göreceksiniz," dedi daha yumuşak biçimde ama gücü hala etkileyici görünüyordu. "Üç kız kardeşimden farklıyım. Onları etkileşimlerin her birinin özel yükleri var - elektrik, renk ya da her neyse. Bu yükler etkileşimlerinin uygulayabileceği kuvvetleri her zaman sabit bir büyüklükte düzenler. Benim etkileşimim ise doğrudan kütleye bağlıdır ve kütle de enerjidir. Düşük enerji seviyelerinde zayıfım, ama enerji seviyelerinin muazzam olduğu burada, müthiş bir güce sahibim. Bana kaşı koymak faydasızdır. Aslında, faydasız olmaktan da kötüdür çünkü etkileşimime her karşı koyma çabası itme ve ona eşlik eden bir enerji içerir. Böyle bir enerji yalnızca benim çekim kuvvetimi artırır. Hiçbir şey bana karşı duramaz. Hatta uzayın kendisi bile benim varlığımın etkisine direnemez."

Kütle Cadısı yumruğunu kaldırdı ve boş uzaya doğru indirdi. Vurduğu noktada, uzay kırılıp bozuldu ve maddenin etkileşimi için durgun bir arkaplan olmaktan çıktı. Uzay bir tür köpüğe dönüştü ve üzerinde delikler belirdi. Bu felaket Dorothy ile arkadaşlarını öylesine şiddetli biçimde fırlattı ki Dorothy kendisinin bir solucan deliğinin kıvrılan girişine doğru girmekte olduğunu fark etti. Böyle bir durumda bile, solucan deliğinin girişinde bir metro işareti olduğunu görerek şaşkınlığa düştü. Arkadaşlarına "hoşçakalın" diye bağırıp içeri doğru düşerken bu işareti düşünecek vakti olmadı.

Kendisini bir tür tünelde buldu ve arkaya baktığında, cadılardan birinin gözlerinin tünelden içeri baktığını gördü. Cadı ona göz kırptı ve devasa gözü kapanırken solucan deliği de aynısını yaptı ve Dorothy'yi dış evrene doğru gönderdi.



Kendisini içinde bulduğu geçitte yürümek dışında yapabilecek başka bir şey yoktu.

Kısa süre sonra üniformalı bir memurun durduğu bir geçide geldi.

"Bilet lütfen!", dedi.

"Pardon," dedi Dorothy, "Ne biletinden bahsediyorsunuz?"

"Metro biletinizden tabii ki. Umarım onu kaybetmediniz."

Dorothy ceplerini araştırdı ve gerçekten de teyzesi ve amcası ile yolculuğa çıkarken satın aldığı bileti buldu. Bileti uzattı ve kontrol memuru bileti deldi.

"Burası gerçekten metronun bir parçası mı?" diye sordu, buna inanamıyordu.

"Ah, elbette. Pek çok kişi metronun şehir merkezinden ne kadar uzaklara uzandığını fark edince şaşkınlığa düşer. Yolculuğundan önemli bir ders almış olduğunu umarım."

"Ah, evet. Üzerinde yaşadığım dünyanın sayısız minik parçacığın ve onların müthiş etkileşimleri, garip ve hayranlık verici davranışları üzerine kurulduğunu öğrendim."

"Evet. Ben daha çok 'Metro biletinizi kaybetmeyin' dersinden bahsediyordum ama bu da kesinlikle önemli bir ders. Her neyse, iyi yolculuklar."

Dorothy platforma doğru yürüdü ve orada onu bekleyen bir metro vagonu olduğunu gördü. Vagona bindi ve kendisini ancak uzak sınırlara giden vagonlarda duyulan hüznü bir yalnızlık hissi içinde buldu. Bir sandalye seçti, oturdu ve bekledi.

Yeraltı treninin vagonu bir kez daha sarsıldı...

"Kuarkların Büyücüsü" küçük bir kızın normal olarak görülemeyen ve tanımlanamayan atomaltı parçacıkların dünyasına yaptığı gerçeküstü yolculuğun kitabıdır. Doroty, Kansas'a giden bir yeraltı treninde yolculuk yaparken kendisini aniden başka bir dünyada bulur. Hem de bütünüyle farklı bir dünyada...

Buradaki yolculuğunda kendisini bu yeni dünya hakkında bilgilendirecek yeni arkadaşlar edinir. Maddeyi oluşturan ve bir arada tutan dört cadı ile tanışır; Kütle Cadısı, Elektrik Yüğü Cadısı, Renk Cadısı ve Zayıf Cadı. Maddenin en küçük ölçekte gerçekte ne olduğu hakkında bilgi sahibi olmak ve kendi dünyasına geri dönebilmek için durmaksızın soru sorar ve anlamaya çalışır.

Modern fizik biliminin en karışık ve en az bilinen alanı olan Kuarklar, tanınmış fizikçi Robert Gilmore tarafından okuyucunun daha kolay anlayabilmesi için masalsı bir dille kaleme alınmış, konunun izin verdiği kadar açık bir şekilde anlatılmaya çalışılmıştır.

Keyifle okumanız dileğiyle



ISBN 978-9944-344-37-1

