

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

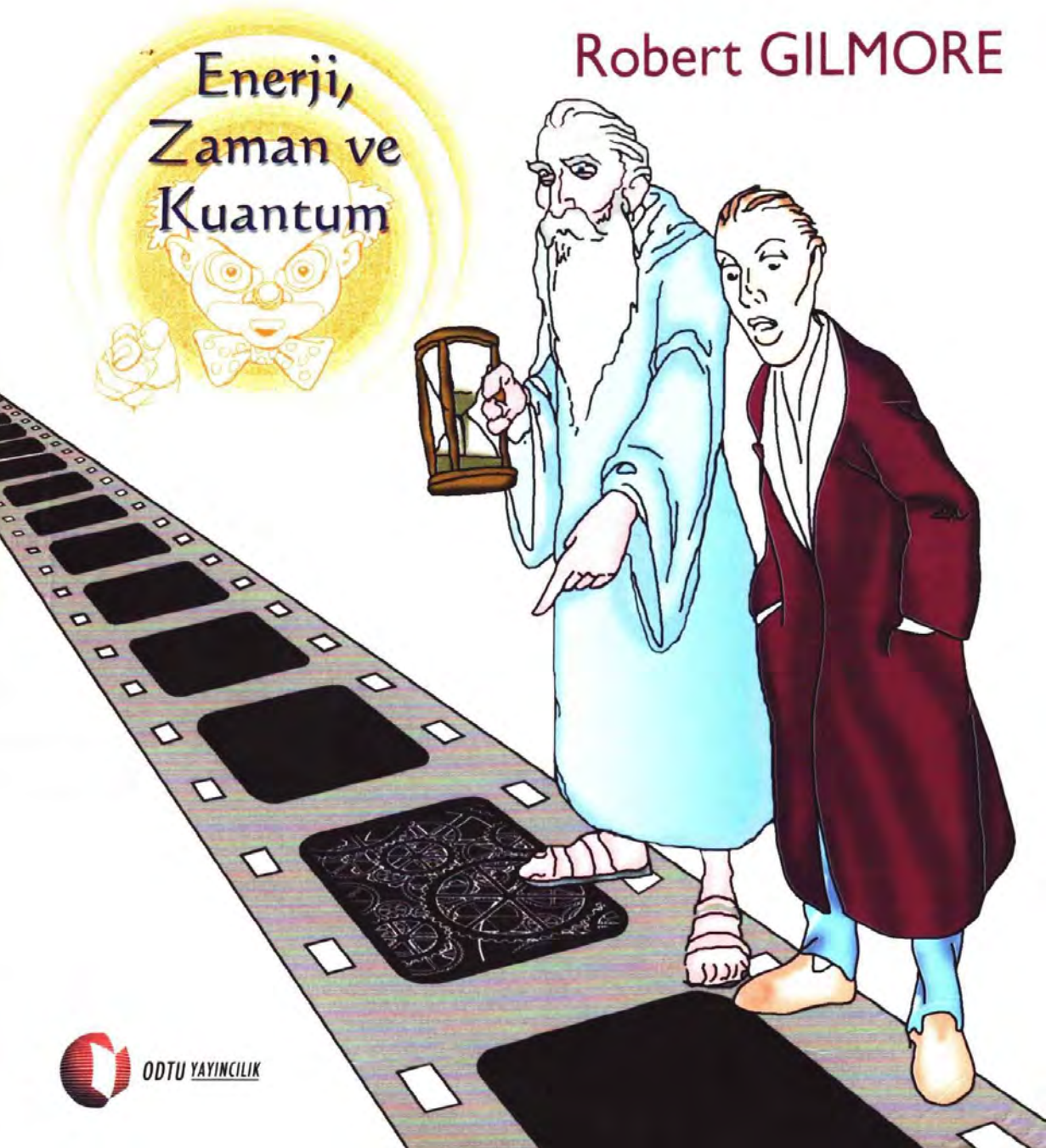
Sitemize erişim engeli gelmesi veya adres değişikliği durumunda aşağıdaki kanallardan güncel giriş adresine erişebilirsiniz:

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

Üç Hayaletten Bilimin Sırları

Robert GILMORE

Enerji,
Zaman ve
Kuantum



ODTU YAYINCILIK

Uganda's Maya Aleten Bilimin Sirlari

Robert Gilmore



Üç Hayaletten Bilimin Sırları

Üç Hayaletten Bilimin Sırları

Robert GILMORE



ODTU YAYINCILIK

Scrooge's Cryptic Carol

Robert Gilmore

Copyright © 1996 by Sigma Press.

Published in the United States by Copernicus, an imprint of
Springe-Verlag New York, Inc.

Üç Hayaletten Bilimin Sırları

ISBN: 978-9944-344-55-5



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

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

Genel Yayın Yönetmeni
Levent GÖNÜL

Çeviren
İlker KALENDER

Editör
Umut UĞUR

Sayfa Düzeni ve Kapak Tasarımı
Emrullah ÖZ

1. Basım Eylül 2008

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

ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıcılık 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

Bristol Fizik Bölümü'ndeki eski ve yeni bütün arkadaşlarıma...

İçindekiler

Giriş

Sırlar Nereye Gitti?

ix

İlk Söz

Marley'in Hayaleti

1

İlk Ziyaret

Bölüm 1: Dünya'nın Sahibi

11

Bölüm 2: Entropinin Gölgesi

33

Bölüm 3: Isı Ölümü

51

İkinci Ziyaret

Bölüm 4: Göreceli Konuşursak

75

Bölüm 5: Işık Engeli

97

Bölüm 6: Bakış Açısı

115

Bölüm 7: Otomatik Evren

141

Bölüm 8: Gideceğin Yeri Boşver,

Manzarının Tadını Çıkart

163

Üçüncü Ziyaret

Bölüm 9: Atomdaki Hayalet

185

Bölüm 10: Sanal Belirsizlik

207

Bölüm 11: Atomda Kuşku Olmaz

233

Bölüm 12: Her Yıldız Bir Genlik

255

Son Söz

Aynı Adam Değildi

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - <https://rantey.org>

279

Giriş

SIRLAR NEREYE GİTTİ?

Scrooge, gayet anlaşılabilir biçimde, sadece kendi işiyle meşgul biriydi. İnsan kendi işiyle meşgul olmazsa, kim olur ki? Ama böyle bir anlayış, velhasıl, yaşadığı dünyayla ilgili sırlar konusunda onu tamamen duyarsız hale getirmemeliydi.

Evren bir sırdır. Muhtemelen her daim, bir noktaya kadar da öyle kalacaktır ama yine de onu anlamak için bir girişimde bulunabiliriz. Evrenle ilgili en etkileyici şeylerden biri, büyük bir kısmının akıl marifetiyle, özellikle de matematik dili üzerinden anlaşılır görünüyor olmasıdır.

Bilim'in (B harfi büyük olan) dünya üzerinde merak uyandıran sırları ortaya çıkarıp, hayatın şiirini yok ediyor olmasından sık sık şikayet edilir. Elbette bunu böyle düşünenler genelde bilim insanlarının arasından çıkmaz. Kişisel olarak, fiziksel dünyanın herhangi bir gerçeğini anlamanın merak duygusunu yok edeceği kanısında değilim. Bazı sırları sır olmaktan çıkartıyor olabilir, evet, ancak bunu yaparken de, aralıksız olarak yeni sırların ortaya çıkmasını sağlıyor. Bilim, dünya üzerindeki bazı olayları anlamamıza yardımcı olabilir ama bu süreçte, hiç farkında olmadığımız için anlamadığımız şeyler olduğunu keşfetmemizi de sağlar. Anlamak yolunda harcadığımız çaba, kendimizi sonu olmayan bir girdabın içine düşer gibi hissetmemize, asla yeterince tatminkâr cevaplar bulamamıza neden olabilese de, çevremizi saran fiziksel dünyayı olabildiğince idrak etmemize de yarar. Hepimiz dünyaya hapsolmuş, burada kısılp kalmış

durumdayız ve en basit kıpırtılar bile (ya da merak uyandıran etmenler diyelim isterseniz) onları anlamak ve kaynaklarını bulmak konusunda bizi meraka düşürür.

Kitabın ilerleyen sayfalarında Scrooge bir takım hayaletler tarafından ziyaret edilip, fiziksel dünyanın anlaşılması yönünde yolculuklara çıkarılıyor ve bu yolculuklar üç farklı hayaletin önderliğinde gerçekleşiyor. İlk yolculuk 'Bilimin Geçmişi' niteliğinde, 19.yy ve öncesinden bugüne dek gayet iyi bilinen kavramlar olan enerji ve entropi kavramlarının anlaşılmasına yönelik bir yolculuk. İlk hayalet daha ziyade 'olmak' durumuyla ilgileniyor, 'dönüşmek' durumuyla değil. Enerjinin korunumu ve termodinamik yasaları üzerine gidilen bu bölümde, evrenin nasıl değişmez bir duruma yaklaştığı anlatılıyor.

İkinci hayalet, geniş bir perspektiften zaman kavramını irdeliyor. Günümüzde bilimin hala tam olarak tarif edemediği 'şu an' meselesinin evrensel bir kavram değil, nesneye öznel, görece bir olgu olduğunu ortaya koyuyor. Bu söylem, hareketle, değişimle ve yaradılışı açıklayan termodinamik eşitsizlikle ilgili fikirleri ortaya çıkartıyor. Viktorya döneminin termodinamik eşitlik tezi bu konuda söylenmiş son söz değil. Belki de bu anlamda bakıldığında son söz; çünkü aslında evrenin Isı Ölümü'yle nihayet edeceği tahminini ortaya çıkartıyor -öyle bir son ki, hiçbir belirgin olay olmaksızın her şeyin kasvetli bir ayniyet noktasına ulaşması durumunu tarif ediyor. Böyle bakınca, aslında termodinamik dengesizliğin, kutsal kitapların yaradılış fasıllarında konu edilen *ilk söz* olduğu bile söylenebilir.

Üçüncü hayaletse doğayı kuantum perspektifinden açıklamaya çalışıyor. Bu bakış pek de geleceğin bilimi olabilecek gibi durmuyor çünkü yoğun olarak geliştirildiği yıllar 1930'lar; ama kesinlikle tuhaflığın bilimi olmaya namzet. Kuantum fiziği günümüz bilimsel hesaplamalarında kullanılan güvenilir bir araç haline gelse de, eğer evrenin bir sır olarak kalması isteniyorsa, başka bir araç aramaya hiç gerek yok.

Kitap genel olarak bir anlatıcı edasıyla yazılmış bulunuyor. Hayaletler Scrooge'yi alıp evrenin her yerine götürüyor ve ona güncel fizik teorilerinin uygulamalı örneklerini gösteriyorlar. Bunu yaparken de her zaman tutarlı olamıyorlar çünkü açıkladıkları dünya, bugün bizim geliştirmiş olduğumuz bilimin ışığı

ğında tarif edilen bir dünya. Bu dünya zaman zaman küçük de olsa değişiklikler gösteriyor ve Scrooge'nin yeni ziyaretçileri de önceki ziyaretçilerinin anlattıklarını biraz daha geliştirerek konuları açıklıyor. Bu durum, bilimin kendi doğasında olan bir durum zaten. Geçmiş zamanlarda dünyanın açıklanması üzerine geliştirilmiş eski teoriler, zamanında çok alkış almış olsalar bile, modern zamanların yeni teorileri tarafından özel koşullar altında ele alındıklarında sadece bir yaklaşıklık sağlıyor gibi görünüyorlar. Bütün bu ziyaretlerde edinilen bilgiler ışığında belki de akla gelecek soru, "Peki ,sonuçta gerçek ne?" olabilir. Bu soru gayet mantıklı görünüyor elbette ama bunun cevabını ben nasıl bilebilirim ki?

Scrooge çeşitli hayaletlerle birlikte yaptığı yolculuklarda sık sık uzay ve zamanda çok büyük mesafeler kat ediyor veya ihmal edilebilir küçüklüklere iniyor. Bu olanların hiç biri aslında mümkün değil. Hayaletlerin ona bütün gösterdiği sadece hayal mahsulü görüntüler ancak bu sunumlarda konu edilen içerik, bildiğim kadarıyla kesinlikle gerçeği yansıtıyor.

Kitabın bölümleri arasına dağıtılmış, kutu içerisinde bulunan, kısa, açıklayıcı notlar bulunuyor. Bunlar, daha doğrudan, sıkıcı ve yavan bir formda, içerisinde yer aldıkları bölümde işlenen konuların bilimsel açıklamalarını barındırıyorlar.

MATEMATİK

Kitabın ana metni içerisinde matematiksel denklemlere yer verilmiyor ancak yukarıda sözü geçen açıklayıcı not kutucuklarında az da olsa matematiksel formüller bulunuyor. Bilimle ilgili uzman olmayan okura yönelik hazırlanmış kitaplarda matematiksel formüllerin bulunmasının, okur için tam bir kabus olduğu sıkça dile getirilen bir gerçek. Keşke böyle olmasa çünkü bilim insanları matematiği bilinmeyenleri ortaya çıkartmak için kullanıyor, kafa karışıklıklarına yol açmak için değil. Matematiksel formüller konularla ilgili bütün değerlerin bir araya getirilip ilişkilendirilmesini ve derli toplu biçimde okurun önüne konmasını sağlıyorlar.

Söz gelimi $p = mv$ formülü, kütleyi gösteren m değeriyle hızı gösteren v değerinin, bir cismin momentumunu gösteren p büyüklüğünü saptamada nasıl bir ilişki içinde olduklarını kolay-

ca ortaya koyuyor. $E = \frac{1}{2} mv^2$ formülü, kinetik enerjiyi gösteren

E miktarının yine kütle ve hız değerlerini içerdiğini ancak v ile gösterilen hız değerinin burada belirleyici bir role sahip olduğunu anlatır. Bir anlamda, $v \times v$ yazmak yerine, değer kendisiyle çarpıldığını gösteren v^2 ifadesinin kullanılması gibi bir pratiklik formüllerle ifade edilenler.

Bu kitapta matematiksel formüllerin kullanımı, ancak yukarıdaki örnekte görüldüğü kadar karmaşıklıkla sınırlandırılmıştır. Yoksa istenirse, son derece kapsamlı hesaplamaların yapılabileceği matematiksel formüllerle de konular açıklanabilir. Örneğin şu ifade çok miktarda bilgiyi içinde barındırır:

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint \Delta_t P(r,t) d^3r = \iint_{S_\Delta} Jp \cdot \hat{n} dS$$

Ancak böylesi bir ifade sadece matematiksel formüllere alışkın kişilere hitap etmektedir, bize değil.

Hepsinden öte, kitapta yer alan sınırlı matematiksel formüllerin varlığı her tarafa sirayet etmiş, bulaşıcı bir niteliğe sahip değildir. Eğer istemezseniz, var olan formüllerin hepsini okumak ve anlamak zorunda değilsiniz. Aynı şekilde, formülleri açıklayan metinlerin tümünü tam olarak anlayıp idrak etmeniz de bir ön koşul değil. Yani, eğer isterseniz bu bölümleri es geçebilirsiniz, dikkate almaksızın parmaklarınızın ucunda etrafından dolaşabilirsiniz. Bunun için, böylesi bölümlerin bazılarında



‘**Dikkat matematik**’ uyarısı da bulunmaktadır.

Üç Hayaletten Bilimin Sırları

İlk Söz

MARLEY'İN HAYALETİ

Her şeyden önce, Marley ölmüştü. Buna şüphe yoktu. Kariyerinde hızla yukarı doğru yol almakta olan genç mali müşavir Kevin Marley, yeni Porsche'si ile bir virajı çok hızlı aldı ve birdenbire kendisini beklediğinden çok daha süratli giderken buldu. Fakat etrafında bu hareketliliğin yukarı mı yoksa aşağı doğru mu olduğunu söyleyecek kimse yoktu.



Marley kesinlikle ölmüştü. Bir çivin ölüyken özelliklerinin nasıl olduğunu bilmesem de, Marley bir çivi kadar cansızdı. Belki de Marley söz konusu olduğunda, ödenmemiş primli bir polişe kadar ölüydü denilebilir. Ortağı Scrooge onun ölü olduğunu biliyordu. Onun vasiyetini yerine getiren tek kişi, tek mirasçısı, tek dostu ve matemini tutan tek kişi o olmuştu. Böyle bile olsa, artık "Marley ve Scrooge" firmasının tek ortağı olduğunu bildiği için, bu elim olay karşısında fazla da üzülmemişti.

Bir akşam Scrooge geç bir saatte ofisinde oturmuş çalışıyordu. Çok kârlı bir gün geçirmişti, aslında diğer günlerinin çoğunda da öyle olduğunu düşünürdü ve şu anda da gün içindeki iş-

lemelerin kayıtları arasında boğulmuştu. Güzel ve kullanışlı masasında buzdan oyulmuş bir heykel gibi oturuyor, kendi yaptığı kusursuz bilgisayar ekipmanının ekranında günün kâr-zarar tablosunu gözden geçiriyordu. Her zaman olduğu gibi, çok kar ve az zarar buluyor ama o yine de her bir hesap kalemini aynı soğuk dikkat ile inceliyordu. İnsanlar sık sık bilgisayar ile Scrooge'nin benzer olduklarını söylerlerdi; ikisi de amaçlarına aynı soğuk ve hesaba dayalı yöntemlerle ulaşıyordu. Bilgisayarların oyun oynadıkları da bilinirdi ama Scrooge asla bu oyunları oynamazdı. Sekreteri az önce çıkmıştı, bu nedenle birisi yanına aniden yaklaşıp kadar bir ziyaretçisi olduğunu anlamamıştı.

"İyi akşamlar kuzen!" diye bağırdı neşeli bir ses. "Hala para kazanıyorsun. Bunların birazını iyi bir neden için bağışlamak ister misin?" Bu ses, Scrooge'nin bir okulda fen öğretmeni olan kuzeninin sesiydi. Görünüşü Scrooge'ninki ile belirgin bir tezat teşkil ediyordu. Scrooge'nin tasarımcı elinden

çıkma gömlek ve terzi dikimi takım elbisesine karşın kuzeni şalvar gibi bir spor pantolon ve dirsekten yamalı tüvit bir ceket giyiyordu. Scrooge yaşamının böylesine şen şakrak olması için kuzeninin hiçbir şey yapmadığını düşündü.

"İngiliz Bilim Vakfı Kurlarılınsın fonuna katkıda bulunmak ister misin?" diye devam etti, kötü durumdaki kuzen. "Bilimsel ilke-



lerin hemen hemen hiç kavranmadığı geri kalmış bir ulus olmamızı engellemek amacıyla bilime olan ilgiyi teşvik etmek ve bilimsel araştırmalar ile eğitimi desteklemek için bir hareket. Büyük yaratıcılık ve çabalar ile gerçekleşmiş olan geçmişin büyük keşiflerinin yarının insanları için kayıp olmamasını istiyoruz. Hadi kuzen, küçük bir katkının bile bu çabaya bir faydası olacaktır ve buna gücünün yetebileceğini biliyorum. Yeteri kadar zenginsin."

“Bu benim işim değil,” diye yanıt verdi Scrooge. “Kişinin kendi işini bilmesi ve başkalarının işlerine karışmaması gerekir. Benim işim beni ziyadesiyle meşgul ediyor. Kıymetli bilimini desteklemek için para istiyorsan, piyasaya çıkıp kazanmalısın. Kendi kariyerine yoğunlaşsan daha iyi edersin. Fakirsin. Sizin gibi insanlar uzun süredir fildişi kulelerinizde yaşıyor ve diğerlerinin sizleri desteklemesini istiyorsunuz. Korkarım bu sefer gerçek dünyada yaşamayı öğrenmen gerekecek!”

Bu konularda bir kaç nasihatten sonra kuzeni umudunu yitirmiş bir halde çıkıp gitti. Dışarıda karanlık bastırırken, Scrooge, itirazının gayet anlamlı olduğunu düşünerek işlerini bitirdi. Kısa süre sonra ofisini kilitleyip, daha çok iş için sürekli tetikte olmak adına faks ve telesekreteri açık bırakıp çıktı. Binanın kapısından çıkıp bir süre yolda yürüdü ve her zamanki gibi Londra Metro’sunun ona en yakın istasyonuna doğru ilerledi.

Diğer pek çok akşam olduğu gibi, metro, istasyonun bir ucundaki tüpten fırlayarak görüne kadar platformda hareketsiz bekledi. Tren tam yanından geçerken, gözü trenin önünde gittiği yeri gösteren tabelaya ilişti ve bir an için son durağın HEATHROW değil de HEAT DEATH (İngilizcede “Isı Ölümü” anlamına geliyor) olarak yazıldığına yemin edebilecek kadar emin olduğunu idrak etti. İrkildi çünkü bu tür hayallere eğilimli bir insan değildi. Muhtemelen çok fazla çalışıyordu. Belki de biraz ara vermeliydi; güneşli bir diyarda, beş yıldızlı lüks bir otelde mesela...

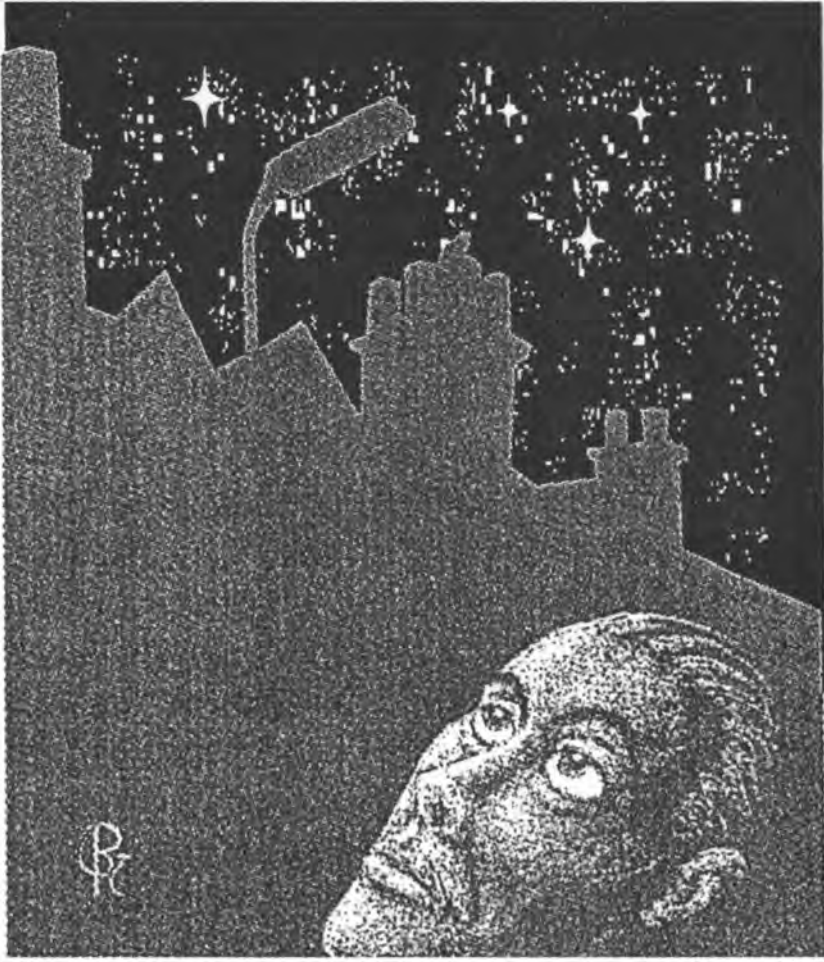
Metrodaki yolculuğu olaysız geçti ve kısa süre sonra modern apartman dairesine en yakındaki istasyondan, karanlık gökyüzü altında sıra sıra sokak lambalarıyla aydınlatılmış sokağa çıktı. Evine giden yolda önünden geçtiği ve şu anda gece olması nedeniyle kapalı olan bir mağazanın vitrinindeki bütün mallar yaldır yaldır aydınlatılmıştı. Vitrinde en fazla göze çarpan şey, hepsi de aynı programı gösteren bir dizi televizyon ekranıydı. Birbiri üstüne konmuş ve vitrin boyunca sıralanmış bütün bu televizyonlarda, camdan ses geçmediği için söylediği duyulmaksızın konuşan bir kafanın görüntüsü hareket ediyordu. Çok tanınmamış bir politikacının yüzüydü bu ve duyulamayan bir takım sözleri tekrar edip duruyor, muhtemelen bu sözler de, gelip geçenler için pek önemli bir kayıp sayılmıyordu. Gözleri bu uzayıp gi-

den duvar kağıdı üzerinde boş boş ilerleyen Scrooge, birden yüzlerden birinin farklı olduğunu fark edip sarsıldı. Ona en yakın ekrandaki yüz, ölü ortağı Kevin Marley'in yüzüydü.

Marley dosdoğru Scrooge'ye bakıyordu ve en ciddi haliyle konuşuyor gibi görünüyordu ama Scrooge her ne kadar çabalasa da sesi camın ötesinden duyamıyordu. Artık acilen bir tatile ihtiyacı olduğuna tamamen ikna olmuş bulunan Scrooge hızlandı ve hızlanan adımlarla vitrin boyunca ilerlerken, Marley'in yüzünün de ekrandan ekrana atlayarak onunla birlikte ilerlemekte olduğunu fark etti.

Bir an önce evde olmaya can atar biçimde büyük adımlar atıyordu. Kısa süre sonra evine giden sokağın köşesinden döndü. Sokak dardı ama uzaklara kadar giden sokak lambaları sayesinde iyi aydınlatılmıştı. Bunlardan ilkinin altından geçerken, lamba birden söndü. Önündeki yol hala parlak biçimde aydınlık olsa da, sönen lamba Scrooge'yi bir gölgeler havuzunda yürür halde bıraktı. Kararlıkla yürümeyi sürdürüp bir sonraki ışığın altına geldiğinde, kafasında yerel yöneticilere yazacağı şikayet mektubunu şekillendiriyordu. Birden o lamba da söndü ve aynı anda Scrooge, sokağın diğer ucundaki bir lambanın daha söndüğünü fark etti. Biraz daha endişelenmiş bir halde hızla ilerliyor ve her bir lambanın altından geçerken sönen lambalara, aynı anda sokağın diğer ucundaki bir lamba daha ekleniyordu. İlerledikçe, kendi evinin kapısında son bulan ve giderek daralan bir ışık havuzu şeklindeki tuzağa düştüğünü fark ediyordu.

Tam son ışıklar söner ve onu uzun zamandır hiç karşılaşmadığı bir karanlıkta bırakırken, hızla kapısının önüne varmış bulunuyordu. Anahtarını kilide sokmayı başardı fakat kapıyı açmadan hemen önce başını kaldırıp yukarıya, gökyüzüne doğru bakacak fırsatı buldu. Başının üzerinde, yapay ışıkların parıltıları ile maskelenmeyen, kapkaranlık ve sonsuzluk kadar derin ve temiz bir gökyüzü olduğunu gördü. Belki de gecenin yegane mucizesi buydu; Londra'nın üstündeki gök asla bu kadar temiz olmazdı. Gördüğü gökyüzü bir Arizona Çölü kadar ya da Hawaii'deki dağların üzerindeki gökyüzü kadar temizdi ve belirgin biçimde parıldayan yıldızlarla doluydu. Bazıları parlak, pek çoğu ise soluktu ama hepsi de muazzam sayılarda görüş açısı içinde ilerlemeye çalışıyorlardı. Soluk olsalar da, donuk, puslu,

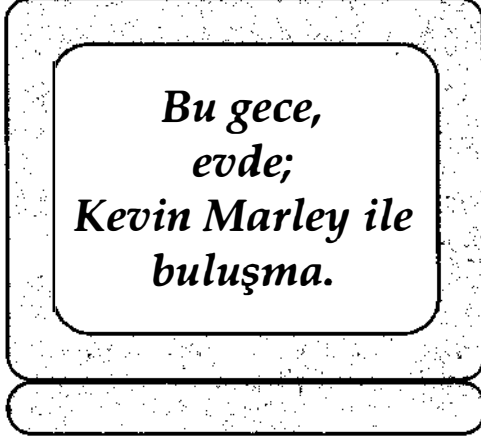


uzak galaksi parçalarını görebiliyordu (gerçekten temiz bir geceydi) ve Scrooge manzarayı izlerken bir göktaşının parlak kuyruğu belirip kayboldu. Bir süre bu manzara karşısında korku ve hayranlık duydu ve kısa bir süre tüm bu mucizevi gök manzarasının anlamının ve doğasının ne olabileceğini düşündü.

Ama biraz sonra normale döndü. Aklını başına topladı ve aslında bir tatilden daha fazlasına ihtiyaç duyduğunu hissediyorsa da, tek bir müşteri için bile olsa, işin tam olarak yapılmasının önemli olduğunu kendi kendine tekrar etti. “Saçmalık!” dedi Scrooge ve sokak kapısından içeri girdi.

İçerisi, yani Scrooge’nin dairesi, sıcak ve davetkârdı ve masraftan kaçınılmadan yatıştırıcı renklerle bezenmişti. Biraz gergin olarak girdiği evinde her şeyin yolunda olup olmadığını görmek için odalara tek tek baktı. Oturma odası, yatak odası, küçük mutfak; her şey olması gerektiği gibiydi. Masanın altında kimse yoktu, kanepenin altında da kimse yoktu. Oturma odasına döndü. İçeriği çok zengin içki dolabından kendisine bolca içki koydu ve biraz yatıştırıcı bir müzik açtı.

Otururken, koltuk gibi sandalyesinin rahatlığı ile uyuklamaya ve gevşemeye başlarken, bilgisayarı tarafından **uyandırıldı**. Birden bir sinyal sesi duyuldu ve bilgisayarın ekranında, bir ajanda programından gelen mesaj belirdi:



Scrooge şaşkınlıkla ekrana bakıp irkildi; kendisi böyle bir not yazmamıştı. O anda telefonunun çalmaya ve telesekretere bırakılmış mesajların iletmeye başlaması da garip, açıklanamaz ve dehşet verici olaylardı. "Merhaba Scrooge, birazdan orada olacağım," şeklinde, huzursuz edici mesajı bırakan ses, bir zamanlar ortağı olan Kevin Marley'in uzun zamandır aşına olduğu sesiydi ve Scrooge hiç şüphe duymadan sesi tanıdı.

Aşağılardan bir yerlerden madeni bir ses duydu; birileri bodrumdaki merkezi ısıtma boruları üzerinde ağır bir zincir sürük-lüyor gibiydi. Sonra ağır bodrum kat kapısı bir patlamayla havaya uçtu ve ardından Scrooge aşağı katlardan gelen sesi daha çok duyar oldu; merdivenlerden yukarı çıkan; kapısına doğru gelen sesi...

"Yine de saçmalık" dedi Scrooge. "Bu tür şeylerin gerçek dünyada yeri yoktur."

O şey durmaksızın, gözlerinin önünde, Scrooge'nin daire kapısından da geçip odaya kadar girmişti. Neredeyse **resmiyetin** doruğunda görünen Kevin Marley'in hayaleti, İtalyan ayakkabıları ve ağır süet otomobil montu ile Scrooge'nin önünde belirdi ve tamamen saydamdı. Scrooge ortağının her zaman sinsisi biri olduğunu biliyordu ancak şimdi sinsilik yapamazdı çünkü dos-doğru içini görebiliyordu.

Hayalet elinde tuttuğu zincir tam ortasından sıkı sıkı kavranmıştı. Oldukça uzun bir zincirdi ve bir kısmı vücuduna sarılmış,

ucu da arkasından kuyruk gibi etrafında sürükleniyordu (ki Scrooge bu zinciri yakından incelemişti) ve zincirin halkaları da cep telefonları, ajandalar ve hesap cüzdanlarından yapılmıştı. Zincirin kenarlarından dışarı fışkıran bolca kredi kartı vardı ve elbette hepsi tanınmış kartlardı ve yakından bakıldığında tüm parçaların altından yapıldıkları ve inanılmaz şekilde ağır oldukları belli oluyordu.

Scrooge, önünde dikilen eski ortağının hayaletine bakarken hala gözlerine inanmıyordu. Zihninde, bütün bu gördüklerinin aşırı çalışmasının bir sonucu olarak ortaya çıkan halüsinasyonların inandırıcı kanıtları olduğuna inanıyordu. “Nasıl?” dedi Scrooge oldukça sakin bir biçimdi. “Benden ne istiyorsun? Her kim ya da her ne isen?”

“Hayattayken ortağın Kevin Marley’dim fakat bana inanmıyorsun. Bana hiç inanmıyorsun, değil mi Scrooge?”

“İnanmıyorum,” diye yanıtladı Scrooge. “Sadece kendi yaptıklarına ve başka bir kaç şeye daha inanırım. Her zaman dediğim gibi, bir kişi için kendi işini anlaması ve kendi çıkarını gözetmesi yeterlidir. Kendi işim beni sürekli meşgul ediyor, tıpkı gerçek dünyada olması gerektiği gibi.”

“Hayattayken ben de senin kadar kördüm,” diye karşılık verdi hayalet. “Kendimce kendi çıkarım için durmaksızın çalıştım ve dünyayı, evreni, yaşamı anlamak için zamanım yoktu. Şimdi benim ne olduğumu sorma, sevgili Scrooge. Anlamanın hiçbir yolu yok; özellikle de içinde yaşadığı dünyayı bile doğru dürüst anlayamamış senin gibiler için. Senin dünyan, yani gerçek dünya, Scrooge bey, tüm insanlığın yaşadığı bir dünya - onun hakkında gerçekte ne biliyorsun? Uzayın enginliği içinde dönüp duran bu kürenin yüzeyindeki hayatını yaşamaya ve içinde yaşadığın evreni anlamaya çalışmamaya nasıl tahammül edebiliyorsun?”

Hayaletin soğuk ve derin sesi giderek daha sıcak ve daha enerjik hale gelmiş ve biraz da duygusallaşmıştı. Kendisini iyice sakinleştirdi ve devam etti: “Dünyayı anlamanı sağlamaya geldim. Gerçek dünyanın, canlı her şeyle birlikte üzerinde yaşadığın bu dünyanın harikalarından ve mucizelerinden bir şeyler göstermeye geldim. Seninle etrafındaki fiziksel dünyanın bilgisini paylaşmaya geldim. Sanırım seni şaşkınlığa düşürecek pek

çok şey duyacaksın ve buna rağmen istersen okuyarak elde edebileceğin bilgilerin dışında bir şey de öğrenmeyeceksin. Özel hiçbir açıklama olmayacak. Duyacağın her şey bilimsel olacak, hani bugün ofisinde fütursuzca defettiğin bilim tarafından çoktan keşfedilmiş şeyler.

“Bu gece,” diye devam etti Marley’in hayaleti. “Bu gece sana dünya ve onun gerçekliğini açıklayacak Ruhlar tarafından, tam üç defa ziyaret edileceksin.”

“Beni mazur görürsen, bu söylediğini pek istediğimi sanmıyorum,” diye yanıtladı Scrooge. “Eğer gece rahat etmezsem ertesi gün asla iyi çalışmıyorum. Bak ne diyeceğim, bunun yerine *Scientific American*’a abone olsam nasıl olur? Bu tür şeyler için gerçekten zamanım ya da enerjim yok.”

“İlk hayalet, yarın saat biri vurduğunda sana gelecek,” diye devam etti ziyaretçisi, Scrooge’nin söylediklerini dikkate almadan. “Diğerleri de ondan sonra sırayla gelecekler. Sana fiziksel dünyadaki enerji, zaman ve yeni-gerçeklikten bahsedecekler.”

Marley’in hayaleti ondan uzaklaşmaya başlayarak içeri girdiği kapalı kapıyı geçip kaybolmak üzereyken, Scrooge umutsuzluk içinde dalgın dalgın bakıyordu. “Bekle!” diye bağırdı Scrooge. Huzursuz edici ve beklenmedik ziyaretçisi ile olan görüşmesine devam etmeye can atmıyordu ama neler olacağı konusunda daha fazla şey bilmek istiyordu. “Bekle! Gelecekten haber verebildiğine göre, beni kimin ya da neyin ziyaret edeceğini de söyleyemez misin?”

Hayalet tam kapının ağzında durdu. “İlk olarak Dünya’nın Sahibi ve onun Gölgesi tarafından ziyaret edileceksin. Sana geçmiş zamanların biliminden, geçmiş yüzyıllarda gelişen fikirlerden bahsedecekler. İyi dinle.”

Hayalet daha fazla durmadan kapıdan süzülüp gitti ve oda tekrar normal haline döndü; konforlu, cazip şekilde döşenmiş, Scrooge’nin rahatlamak üzere evine geldiğinde durum nasılsa, yine o duruma dönmüştü. “Saçmalık!” dedi Scrooge. Bunu öyle sessizce söylemişti ki. Yaşadığı deneyimden çok huzursuz olduğunu hissediyordu ve bu gece dinlenebileceğinden hiç emin değildi; doğaüstü ziyaretçileri olmasa da. Bu yüzden elbiselerini çıkarıp yatağına girerek neler olacağını beklemeye hazırlanırken, aslında çok uykusu olduğunu fark ederek oldukça şaşırdı.

İlk Ziyaret

Scrooge, Geçmiş Bilimin Hayaletleri olan Enerji ve Entropinin ruhları tarafından ziyaret edilir. Bu gölgeler, Scrooge'nin ünlü atası Kraliçe Victoria devrinde kendilerini evlerinde gibi hisseden tiplerdir ve ona bu dönemin biliminden bahsederler.

Scrooge'ye enerjinin nasıl fiziksel dünyanın temel birimi olduğu gösteriliyor. Evrende var olan toplam miktarın değişmediği, böylelikle de enerjinin korunduğu ama bununla birlikte büyük bir çeşitlilik olduğu çünkü enerjinin bir biçimden diğer bir biçime dönüşebildiği söyleniyor. Düşen bir cismin, enerjinin kütleçekim potansiyelinden doğan kinetik enerjiyle hızlanacağı ve sonunda da tüm enerjinin ısıya dönüşmeye başlayacağı ama sürecin tüm aşamalarında toplam enerji miktarının, şu ya da bu biçimde, her zaman aynı kaldığı gösteriliyor.

Ayrıca, toplam enerji miktarı sabit olmakla birlikte, faydalı işler için mevcut bulunan miktarın sabit olmadığı da anlatılıyor. Herhangi bir aşamada, kullanılabilir faydalı enerji miktarı azalabilir ve düzensizlik artabilir. Atomların görünmez rastgele hareketlerinde giderek daha fazla enerji ısıya dönüşür, ta ki evrendeki tüm enerji bu şekilde nihai Isı Ölümü'nü meydana getirmek üzere rasgele bir formda toplanana kadar.

1. BÖLÜM

Dünya'nın Sahibesi

Scrooge, o gece yatarken, her ne kadar uyumasının mümkün olmadığını sandıysa da, birden bire kendini rahatsız bir uykudan uyanırken buldu. Onu uyandıran neydi? Bu sorunun yanıtını bulmak için yatak odasında dikkatle etrafına bakındı.

O gece, neredeyse olabilecek her şeye hazırlıklı biçimde, aslında hiçbir şeye hazırlıklı falan değildi ve hiçbir kahraltı ya da gölge olmadığı halde, bütün bedenini saran şiddetli bir titreme krizi yaşarken gözünün önüne hiçbir şey gelmiyordu. Uyanık vaziyette yatağında uzanırken beş dakika, on dakika, on beş dakika geçti ve yine hiçbir şey



olmadı. Bir düzine hayaletten bile daha dehşet verici görünen ve yatağının üzerine vuran belirgin ışık konisinin orta yerinde uzanırken, bu ışığın ne olduğunu anlayamadığı için, “Saçmalık!” diye mırıldandı kendi kendine. Sonunda bu hayaletvari ışığın kaynağının diğer odada olabileceğini düşündü ki gerçekten de aydınlık oradan geliyor gibiydi, bu fikri kafasında kesinleştirmiş olarak kalktı ve yatağın yanında duran ipek sabahlığını giyerek terliklerini sürüye sürüye kapıya doğru ilerledi.

Eli tam kapının tokmağındayken, garip bir ses ona adıyla seslendi ve büyük bir otorite ile odaya girmesini emretti. Scrooge itaat etti.

Odasının ortasında duran sandalyede heybetli bir şekil oturuyordu. Heykel gibi ve görkemliydi. En azametli halini takınmış ve normal boyutlarından oldukça büyük, yetişkin bir kadın şekliydi gördüğü; kraliyet soylusu kostümleri içerisinde ve sorgulanamaz, otoriter bir havaya sahipti. Devasa boyutlarıyla, kadının bu asil duruşu, Kraliçe Victoria’nın ideal bir heykelini andırıyordu. Scrooge’ye ise, en zorlu müşterilerinden birini hatırlatıyordu. Kafasının etrafında, çevreye yaydığı ışıkla her şeyi görünür kılan, soğuk alevlerin parlak ısımasıyla göz alıcı biçimde yanıp parıldayan ve üzerinde mücevherler olan bir taç vardı. Işık, kadının tacındaki çok yüzlü taşlar tarafından kırılıp bükülerek, Scrooge’nin oturma odasının duvarlarında hareketli ve kayan garip şekiller ile parlak ışık noktaları meydana getiriyordu.

“Gel,” dedi başını Scrooge’ye doğru eğen kadın hayalet. Bu tek kelime, hiçbir iradi direnç göstermeden, Scrooge’yi odaya tamamen girmeye zorladı.

Scrooge, “Kimsiniz ve nesiniz?” diye sordu. Tarzı kibarlıktan biraz uzaktı ama aniden uyanmış olmasından dolayı asabı hala biraz bozuktu ve evinin bu heybetli istilacısını keşfetmiş olmaktadır dolayısı da henüz sinirlerinin yatışmış olduğu söylenemezdi.

“Ben Dünya’nın Sahibesiyim,” diye yanıtladı hayalet, kendinden emin bir şekilde. “Ben Enerjiyim; yaşadığın bu küreden ve aslında diğerlerinden de gelip geçen, her şeyin en temel özüyüm. Gelin bayım, benden enerjiyi öğrenirseniz bu dünyanın nasıl çalıştığı hakkında da çok şey öğrenmiş olursunuz.”



“Aslında,” diye karşılık verdi Scrooge, her zaman bu tür insanlarla arasına belli bir çizgi çekmeyi gerekli bulan biri olarak, “enerjinin gerçekten önemli olduğunu ve enerji sektörünün çok iyi bir yatırım mecrası olabileceğini biliyorum ama neden söylediğiniz kadar hayati bir öneme sahip olduğunu anlamıyorum.”

“Dünyadaki her etkinliği yöneten nedir?” diye devam etti iri şekil. “Neyin olabileceğine ve neyin olamayacağına, neyin mümkün olduğuna ve neyin gerçekleşmesinin tamamen imkansız olduğuna karar veren nedir?”

“Basit,” diye yanıtladı Scrooge, net bir biçimde. “Para, tabii ki. Para ne yapabileceğinizi ve ne yapamayacağınızı belirler. Yeteri kadar paranız varsa her şeyi yapabilirsiniz; paranız yoksa hiçbir şeysiniz. Korkarım gerçek dünyada işler böyle.”

“Öyle değil!” diye bağırdı kendinden emin Sahibe, çok kesin bir dille. Sandalyesinden kalkarak Scrooge’dan daha uzun boylu olduğunu da ortaya çıkarmış oldu. Tüm bedeninin etrafında yanmakta olan aurası Scrooge’nin gözlerini alıp kamaştırıyordu. “Öyle değil! Şu senin para dediğin, acaba okyanusun suyunu bulut olarak gökyüzüne yükseltip, sonra yağmur olarak yere boşaltabilir mi? Bir çığı dağın eteğinden aşağı indirip ya da okyanus kıyılarında kabaran dalgaları kontrol edebilir mi? Peki, Dünyayı Güneş etrafındaki yörüngesinde tutup, aynı Güneş’ten enerji alarak, üzerinde hayatlarını sürdüren canlılara yaşamlarını devam ettirme gücü verir mi? Sanmıyorum! Dünya uzun bir süredir var, küçük adam, ve senin paran ortaya çıkmadan çok uzun zaman önce, onun üzerinde pek çok şey oldu ve senin paranın hükmünün kalmayacağı gelecek çağlarda da olmaya devam edecek. Para, siz insanlar için önemli olabilir ve aslında ona olan sevginiz bazen dünyanızı paylaştığınız diğer yaratıkların nesillerinin ortadan kalkmasına neden oluyor. Para dediğiniz mefhum, üzerinde hayatınızı sürdürdüğünüz gerçek dünya için pek önemli değildir aslında.

“Haydi gel,” diye devam etti cana yakın bir şekilde. “Enerji hakkında ne biliyorsun? Doğasını biliyor musun?”

“Kesinlikle,” diye yanıtladı, bu mütehakkim kadın karşısında yılmamaya kararlı görünen Scrooge. “Enerji evlerimizi ısıtmak ve araçlarımızı sürmek için ihtiyaç duyduğumuz şeydir. Toprakten çıkardığımız ya da belki doğrudan Güneş’ten aldığımız bir şeydir. Tüketildikçe, toplumumuzun varlığını sürdürebilmesi için daha fazla enerji kaynağı aramamız gerekecektir.”

Kadın, “Söylediklerinde bir miktar doğruluk payı var,” dedi. “Biraz doğru var ama doğru olmayanlar da var. Dünya üzerinde enerji ve enerji değişimi içermeyen ya da ona bağlı olmayan hiçbir şey yoktur dediğimde, sana yalın gerçek dışında hiçbir şey söylememiş olurum. Sana enerji ve dünyadan bahsederken beni dinle, bayım. Enerji hareketin temelidir. Atomların dur durak bilmeyen danslarındaki değişmeyen sabittir. Hareket eden ya da değişim gösteren her kütlede bulunur. Dış görünüş itibarıyla sık sık değişen dünyada, enerji çarpanı her zaman sabittir.

“Hareketi düşün,” diye devam etti sözlerine, durduğu yerde biraz dönüp boş bir duvarın karşısına gelirken. Sonra sandalye-

sine oturup birazcık öne eğilerek duvara bakarken, “Hareketin ne gerektirdiğine bir bak,” diye devam etti. Scrooge, onun baktığı yere doğru baktı ve ağır ağır birleşen ve tanımlanabilir şekillerle beliren ışık ve gölgelerin düzensiz oyununu izledi. Aniden duvardaki desenler daha da belirgin hale geldi ve buzdan bir zemin üzerinde oraya buraya giden, parlak kıyafetler giymiş buz patencileri belirdi. Scrooge’nin yüksek çözünürlüklü geniş ekran televizyonundaki kadar net bir görüntü değildi ama yine de etkileyiciydi.

“İşte hareket,” dedi Sahibe, Scrooge’ye göre oldukça gereksiz bir açıklama yaparak. “Sence gördüklerinin en belirgin yanı ne?” Scrooge’nin cevap vermesine fırsat vermeden “Hız,” diye sürdürdü sözlerini. “Patencilerin buz üzerinde hareket etme hızları. Eğer hız, hareketli bir cismin en belirgin özelliği ise, hareketin en önemli ve en temel elementi olduğu söylenebilir mi peki? Öyle olduğu çok açık görünüyor olabilir ama bir cismin hareketinin gerçek şiddetine nasıl karar verebiliriz?” Bir kez daha Scrooge’nin cevap vermesine fırsat bırakmadan, kendi sorusunu kendisi yanıtladı. “Hareket paylaşıldığında, yani iki hareketli cisim birbiriyle çarpıştığında neler olduğunu gözlemleyebiliriz.”

Uzak mesafeden görülen çok sayıda patencinin yer aldığı duvardaki resim, yavaşça kayan, hızlanmaya başlamadan önce dinlenmekte olan bir buz patinajcısı kıza odaklanacak şekilde değişti. İzlerlerken, başka bir patencinin daha, hızla sahneye girdiği ve duran kıza çarptığı görüldü. Kız, yeni gelenin hareket etmekte olduğu yönde, geriye doğru fırlarken, diğeri öncesine göre daha yavaş bir hızla yoluna devam etti. Görüntüler sessizdi, suratlarındaki ifadelerden fikir çıkarmak gerekiyordu. “Daha hızlı olan cismin, yavaş olanla nasıl kendi hızını paylaştığını ve böylelikle de yavaş olanın kendi hızı yerine diğeri hızı yönünde hareket ettiğini görüyorsun. Ama ilgili olan şey yalnızca hız mı? Bir kez daha izle!”

Bir kez daha hayali görüntü, etrafındakilerden daha yavaş hareket eden başka bir patinajcıya odaklandı. Bu seferki adam, devasa kütlesi tarafından ezilmiş patenleri üzerinde hantalca kayan biriydi. Daha önce olduğu gibi, yine ikinci bir kişi sahneye girdi. Bu yeni giren esnek bir zarafetle, dosdoğru iri patenciye doğru kayan ve omzunun üzerinden dönmüş, kendisini takdir-



le izleyen kız arkadaşına bakan zayıf bir gençti. Çarpışma sonrasında dengesini korumak için kollarını sallayarak hızla geri seken genç patinajcıya karşın iri patinajcı, ileri yöndeki yavaş ilerleyişinde çok ufak hızlanan bir değişikliklerle yoluna devam ediyordu.

“Çok farklı kütleleri olan iki cisim arasında bir çarpışma ve daha düşük hıza sahip olsa da, büyük kütlenin baskın geldiğini gördün. Hız, cisimlerin kütlelerinden daha belirleyici değildir. Aslında önemli olan, bu iki değerin çarpımı, yani kütle çarpı hız demek olan ve *momentum* adı verilen büyüklüktür. Toplam momentum miktarı, bir zamandan başka bir zamana değişiklik göstermez. Çarpışan cisimler, momentumun aralarında paylaşılma değerlerini değiştirebilirler; tıpkı hareketli patencinin momentumunun bir kısmını, neredeyse hareketsiz olan kıza verdiğinde

görüldüğü gibi. Ama ne olursa olsun, mevcut toplam momentum her zaman aynıdır.

“Momentum korunan bir büyüklük olması bakımından önemlidir. Toplamı asla şimdi olduğundan daha az ya da daha çok olmayacaktır. Bu tür bir değişmezlik momentumun bazı bakımlardan tek başına hızdan daha önemli olduğunu gösterir. Çünkü bu büyüklük, evrenin temel yapısına, keyfi biçimde artıp azalan hız değişkenine göre daha bağlıdır.

“Herhangi bir grup cismin sahip olduğu *toplam* momentum aynı kalmak zorunda olsa da, bu miktar grup üyeleri birbirleriyle etkileşip çarpışırken aralarında farklı biçimlerde paylaşılabilir. Toplam sabit kalmak zorundadır fakat bazen tek tek cisimlerin hepsi yüksek momentumlara sahip olabilirken, bazen de çok az miktara sahip olurlar. Bu çeşitlilik mümkündür çünkü momentumun bir yönü vardır ve bu nedenle farklı yönlerdeki büyük momentumlar birbirlerini yok edeceklerdir. Bak!”

Şimdi ekrandaki manzara hızla sağa doğru kaymakta olan bir kıza odaklanmıştı ve sonra manzara yana kaymış ve aynı kararlılıkla sola doğru kaymakta olan bir başka kızın üstünde durmuştu. Görüş açısı ikisini de içine alacak şekilde kamera geriye doğru çekildiğinde Scrooge, iki patinajcının çarpışacaklarını görebiliyordu. İkisi de bu durumu görüyor olmasına karşın, hiçbirini diğerine yol vermedi.

“Her ikisi de büyük birer momentuma sahip iki cisim, görüyorsun. Her birinin momentumu diğerininki kadar ama farklı yönlerde,” dedi Hayalet. “İkisinin toplam momentumu bir pozitif ile bir negatifi toplamıdır; bu nedenle de sıfırdır. Bir çift olarak düşünülecek olurlarsa, bir araya geldiklerinde herhangi bir momentuma sahip değildir.”

Görüş açısı, giderek birbirlerine yaklaşan iki kızın üzerine odaklandı. Her biri de artık çok geç olana kadar yollarından ayrılmadılar ve kafa kafaya çarpıştılar. İkisi de yüzleri birbirlerine dönük olacak şekilde geriye sekti. Artık buzun üzerinde hareketsiz duruyorlardı fakat bu duruşun bir bedeli olduğu besbelliydi. “İşte, ikisinin de nasıl hareketsiz kaldığını görüyorsun. İkisinin de hiç momentumu yok şimdi ama toplam hala korunuyor çünkü toplam daha önce de zaten sıfırdı.”

MOMENTUM

Momentum, cisimlerin hareketlerini tanımlarken işe yarayan *dinamik büyüklüklerden* bir tanesidir. Düşük (göreceli olarak-yani birbirlerine göre) olmayan hızlarda, bir cismin momentumu p , cismin kütlesi m ve hızı v nin çarpımı olarak gösterilir.



$$p = mv$$

Bu denklem, momentumun cismin hızı ve kütlesine eşit oranda bağlı olduğunu gösterir.

Hızın büyüklüğü yanında bir de yönü vardır. Hız vektörel bir büyüklük olarak adlandırılır. Soldan sağa doğru hareket eden bir parçacık, aynı hızla sağdan sola doğru hareket eden bir parçacığın momentumunun eksi işaretlisine sahiptir.

Momentum önemlidir çünkü **toplam miktarı sabittir**: Momentum korunur.

Bununla birlikte, parçacıklar zıt yönlerde hareket ediyorsa, her biri büyük miktarlarda momentuma sahip olsalar da, toplam, küçük bir miktar ya da sıfır olabilir.



$$mv + (-mv) = mv - mv = 0$$

“Ama momentum, patinajcılardan biri tekrar hızlanmaya başladığında değişir,” diye karşı çıktı Scrooge. Evinin beklenmedik biçimde istila edilmesi konusundaki ilk hoşnutsuzluğuna rağmen, konuştukları bu problem ona ilginç gelmeye başlamıştı. “Bir patenci uzaklaşırken, momentumu artmaktadır çünkü kütlesi değişmeyecektir ve bu momentumu çarpışarak dengeleyecek başka kimse de yoktur. Toplam değişmek zorunda.”

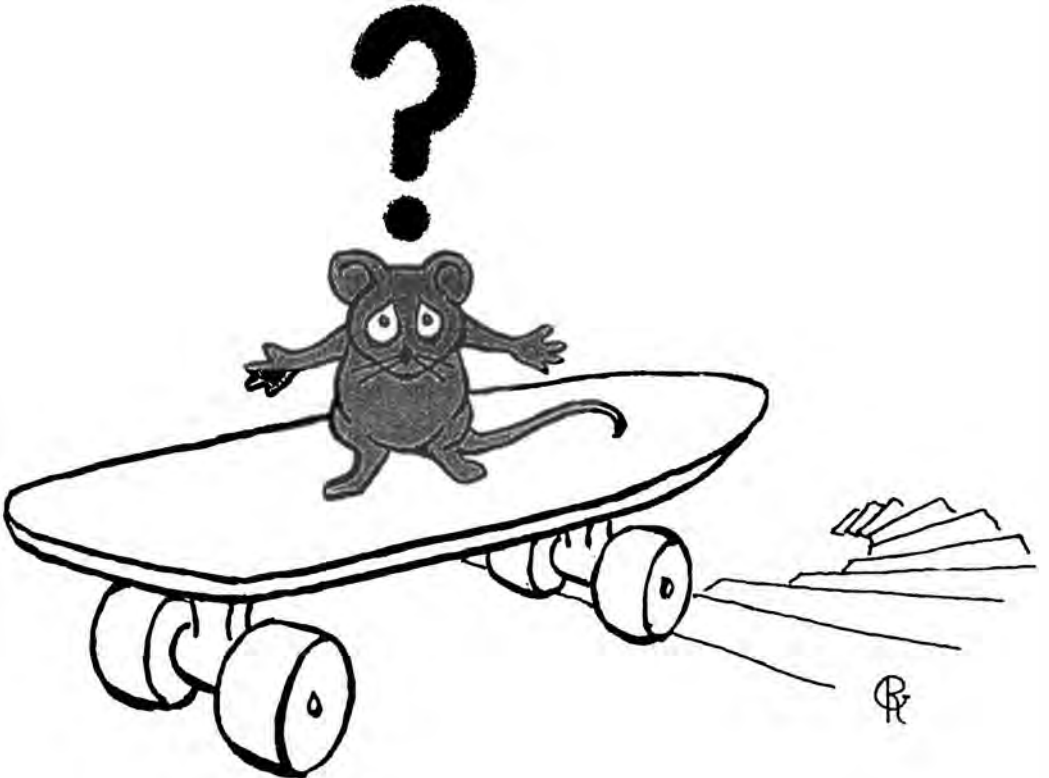
“Fakat öyle değil!” diye karşılık verdi Sahibe. “Başka bir kişi olmayabilir ama bir patenci buzu itmeden hızını artıramaz. Kendisini ileri ittirdikçe buzu da geriye doğru iter ve ileri yöndeki

momentumu buza verilen aksi yöndeki momentum ile dengele-
nir.”

“Ama buz zemine sabitlenmiştir!” diye karşı çıktı Scrooge.

“Kesinlikle öyle. Bundan dolayı, yerin momentumu da değişmek zorundadır! Eğer doğuya doğru koşarsan, dünyanın dönüş hızı azalacak ve eğer batıya doğru koşarsan artacaktır. Tabii ki dünyanın kütlesi senin kütlenden çok daha büyük olduğundan, dünyanın hızındaki değişim algılanabilir boyutta değildir, ama *değişecektir*. Bu etkiyi, iki kütle birbirinden çok farklı olmadığında daha açık biçimde görebilirsin.”

Hayalet elindeki aparatla duvara doğru bir hareket yaptı ve Scrooge bakarken resim bir kez daha değişti. Bu sefer yalnızca içerik bakımından değil tarz bakımından da değişiklik olmuştu. Gördüğü manzara, her biri kalın siyah çizgilerle ayrılmış renkli düz alanlar halindeydi. Çok cilalı bir yüzeyi olan dik bir merdivenin hemen kenarındaki korkulukların üzerinde, ön tekerlekleri dönmüş bir kaykay görüyordu. Merdiven uzaklara gittikçe, ortaya baş döndürücü bir perspektif görüntü çıkıyordu. Kaykayın üzerinde, kocaman yuvarlak kulakları, sevimli gözleri olan küçük, gri bir fare vardı. Scrooge aynı sahneyi ya da buna çok benzeyen bir sahneyi bir çocuk programında gördüğünü düşündü.



Fare bu korkunç düşüşten kaçmaya çalışıyor ve bunu yaparken de ayaklarının altındaki kaykayı ön tekerlekleri kenardan sallanacak şekilde diğer yöne itiyordu. Fare birden durdu, kaşları başından daha yükseğe kalktı ve farenin üstünde büyük bir soru işareti belirdi. Söylenerek, geldiği yönde geri doğru gitti ve böylece kaykay da kenardan biraz uzaklaştı. Parmakları üzerinde dikkatlice güvenli tarafa doğru ilerledi fakat o bunu yaparken kaykay kenara daha da yaklaştı. Fare bunu fark ederek daha önce geldiği konumda durdu ve Scrooge'ye doğru bakıp umutsuzca omuzlarını silkti.

“Daha hafif olan cismin ağır olandan fazla ve daha hızlı hareket ettiğini görüyorsun fakat eğer her ikisi de serbest konumdalarsa, ikisi de hareket etmek zorundadır. Eğer cisimlerden biri başka bir şeye sabitlenmişse ki bu dünyanın kendisine bile olabilir, sabitlendiği şey de hareket etmek zorundadır. Her durumda, sana söylediğim gibi, momentum korunacaktır. İşte gördüğün gibi, momentum hızdan daha az belirgin bir özellik olsa da, *korunan bir büyüklük* olması bakımından gerçekten önemlidir ve değeri de basit kurallara bağlıdır. Önemi hemen görünmese bile, momentum bu kadar önemli bir değerse, enerji için ne demeli, bir düşün? Enerji de korunan bir büyüklüktür ve çok daha önemlidir.”

Scrooge enerji hakkında kendisine başlangıçta söylenenleri unutmuştu bile. Artık giriş kısmı bitmişti.

“Hareket eden her şeyin enerjisi vardır,” diye devam etti, Dünya'nın Sahibesi, sandalyesine iyice kurularak. Scrooge bu açıklamanın vakit alacağını anlamıştı.

“Hareket eden her cisim, hareketsiz duranların sahip olmadığı belirli bir miktarda enerjiye sahiptir,” diye devam etti sözlerine. “Bu enerji, yalnızca hareketten dolayı ortaya çıkar ve *kinetik enerji* olarak adlandırılır. Hızdan ve hatta momentumdan çok farklıdır ve momentum gibi, kinetik enerji de hareketli cismin *kütlesine* bağlıdır ama momentumun aksine, cismin hangi yönde hareket ettiğine bağlı değildir. Soldan sağa hareket eden bir cismin momentumunun, sağdan sola hareket edeninkinin zıttı olduğunu gördün ve eğer bu tür iki hareket birleşseydi, toplam momentumun sıfır olacağını da anladın.

“Enerji ise farklıdır. Enerji hareketin yönüne bağlı değildir. İki hareketli cismin enerjisi asla birbirlerini yok etmez, yalnızca

eklenirler. Enerji hızın karesine bağlıdır, anlıyor musun?” Açıklamak için durdu. “Yani hız kendisiyle çarpılır. Böyle olunca da eksi değer ortadan kalkar ve sonuç pozitif olur. Yani, iki parçacığın kinetik enerjilerinin toplanması, enerjinin sonucunu asla azaltmaz.”

“Fakat bu durum, hareketli patinajcılarının da kinetik enerjiye sahip olmaları gerektiği anlamına gelmez mi?” diye sordu Scrooge, duyduklarındaki belirgin bir kusuru işaret etmiş olduğunu hissederek.

“Kesinlikle öyle.”

“Ve söylediklerinize göre, sahip oldukları toplam enerji miktarlarının sabit olması gerekmez mi?” diye sürdürdü sözlerini, kaçamak cevaplarla atlatılmamaya kararlı olan Scrooge.

“Gerekir. Öyledir de.”

“Öyleyse nasıl oluyor da çarpışmadan önce bu iki kız hızla hareket halinde ve tarif ettiğiniz kinetik enerjiye sahipken, sonrasında durduklarında hiç enerjiye sahip olmuyorlar? Bu durum enerjinin korunmadığı ama aslında onun geçici olduğu ve bir an varken, bir an sonra kolaylıkla yok olabildiği anlamına gelmiyor mu?”

“Hayır, gelmiyor? Kabul etmek gerekir ki *kinetik* enerjinin miktarı bu örnekte değişmiştir ama kinetik form, enerjinin alabileceği tek biçim değildir. Enerjinin evrensel önemi pek çok görünümünün olmasından kaynaklanır. Yakından bak.”

Sahibe’den gelen bir hareketle, bir masanın üzerinde durmakta olan iki tenis topu havaya yükselip, duvarlardan ve mobilyalardan sekerek odanın içinde hareket etmeye başladılar. Scrooge’nin gözleri önünde birbirlerine doğru ilerleyip çarpıştılar. Çarpışırken, Scrooge topların küresel biçimlerini kaybettiklerini gördü ve bir an için hareketsiz kaldıklarında ikisinin de krep şeklini alıp yamulduklarını fark etti. Bir anda tekrar ilk hallerine geri döndüler ve ilk baştaki kadar hızlı biçimde zıplamaya devam ettiler.

“İşte bu tenis toplarının kinetik enerjilerinin kısa bir süre için yapmaları gereken işi depolayan ve böylelikle şekillerini bozan başka bir enerji şekline dönüştüğünü gördün. Bu enerji toplarının içinde depolanmıştır ve ilk baştaki şekillerine döndüklerinde ortaya çıkmış ve hızla birbirlerinden ayrılırlarken bir kez daha kinetik enerjiye dönüşmüştür.

“Enerji, yapılan iş ile yakından ilişkilidir; aslında enerji iş yapma yeteneği olarak da tanımlanır.” Scrooge çalışmaya, gayretle ve sebatla çalışmaya çok inanan birisi olduğundan, Sahibe’nin son söylediklerini duyduğuna sevinmişti ve işin, evrenin doğasında temel bir önemi olması düşüncesi onu heyecanlandırmıştı.

“Bu tabii ki fiziksel anlamdaki iştir,” diye açıkladı Hayalet. “Karşı koyan bir kuvvetin direncine rağmen hareket etmek olarak tanımlanır. Bu bakımdan, yer çekiminin aşağı yönlü çekimine karşı, yoldaki bir delikten çöpleri dışarı çıkartarak süpürmeye çalışan bir adam iş yapıyordur fakat korkarım sen, bütün gün masanda oturarak, bu anlamda bir iş yapmıyorsundur!”

Scrooge bu yorum karşısında kendisine saldırıldığını hissetti fakat yeteri kadar çarpıcı bir yanıt oluşturamadığından, Hayalet aldırmadan sözlerine devam etti. “İş ve kuvvet kavramları insanların fiziksel dinamikleri ve cisimlerin hareket etme biçimlerini anlama çabalarında çok önemli olmuşlardır: Direnç uygulamazsan, bir kuvvet seni istediğin yere itebilir ya da karşı koyup gideceğin yere ulaşmanı engelleyebilir. Bu tür kuvvetlerin etkisine karşı koymak fiziksel anlamda iş yapmanı gerektirir ve enerjiye sahip olmak da bunu yapmanı sağlar. Enerji aslında fiziksel dünyanın birimidir. Enerjin pek çok şeyi yapmanı, istediğin yere gitmeni, karşı koyan kuvvetlere karşı hareket etmeni sağlar; eğer enerjin olmasaydı, tamamen dış kuvvetlerin insafına kalmış olurdun.”

KİNETİK ENERJİ

Kinetik enerji, hareketin tam olarak anlaşılması için faydalı bir büyüklüktür. m kütleli ve v hızlı bir cismin kinetik enerjisi E olarak gösterildiğinde ortaya şu formül çıkar:



$$E = \frac{1}{2} mv^2$$

Momentum gibi, bu da hem kütleye hem de hıza bağlıdır ama artık karesi alındığı için hızın etkisi daha fazladır. Bu durum ayrıca,

hareketin yönü ne olursa olsun, kinetik enerjinin pozitif olduğu anlamına gelir. Karesi alındığında artı ya da eksinin sonucu da-
ima artı olur. Bir grup hareketli parçacığa başka hareketli bir par-
çacık eklemek her zaman toplam kinetik enerjiyi *artıracaktır*.

Enerji korunan bir büyüklüktür. Herhangi bir sistemin toplam enerjisi sabittir: bu *termodinamiğin birinci kuralı* olarak bilinen çok önemli bir sonuçtur.

Bununla birlikte, kinetik enerjinin sabit olması gerekmez. Baş-
ka enerji biçimleri de vardır ve bir tür diğerine dönüşebilir. Ve tüm enerji türlerinin toplam miktarı her zaman sabittir.

“Her enerji kendisini hareket olarak göstermez,” diye devam etti Hayalet. “Enerji pek çok biçimde depolanabilir; kinetik ener-
ji gibi, potansiyel enerji olarak da korunabilir. Kinetik enerji gö-
rülmesi kolay bir biçimdir çünkü ona sahip olan nesneler etrafta
çılgınca dolanıp dururlar. Potansiyel enerji ise daha sakın ve giz-
lidir. Bu enerjinin bulunduğu yerlerde tekrar harekete dönüşme-
si muhtemeldir. Potansiyel enerjiye pek çok biçimde sahip olabi-
lirsin: Yediğin yemeklerdeki ve arabanda yaktığın yakıttaki kim-
yasal enerji ya da çarpışırken gördüğün tenis toplarındaki gibi
şekli bozulan cisimlerdeki gerilme enerjisi gibi. En belirgin biçi-
mi de kendini kütleçekimi enerjisinde gösterir. Kütlesi olan her
cismin potansiyel enerjisi dünyanın yüzeyinden yükseldikçe ar-
tar. Ağır bir yükü kaldırırken iş yapman gerekir ve bu iş ile sağ-
lanan enerji, ağırlığın potansiyel enerjisinin daha da artırılması-
na harcanır. Ağırlığı serbest bıraktığındaysa artan bir hızla aşağı
doğru düşmeye başlar ve yükselmeden doğan potansiyel
enerjiyi kinetik enerjiye dönüştürerek azaltır.

“Burada tekrar edip duran dönüşümü görüyorsun,” diye de-
vam etti hayalet, sandalyesinden kalkıp Scrooge’ye doğru iler-
lerken. Scrooge kendisine doğru yaklaşan hayaletin muazzam
varlığı karşısında ezildi. Scrooge’dan daha uzundu ve bir karşı-
laştırma yapmak gerekirse bir çocuk gibi hissetmesine neden
oluyordu ve bu da hiç hoşuna gitmeyen bir histi. Hayalet Scro-
oge’nin kolunu tuttu ve onu, iç mimarının bu oda için uygun
bulduğu ayaklı, antik duvar saatine doğru çevirdi. Cam kapısı-

nın ardında bir yandan öbür yana doğru salınan kocaman bir sarkaç görülebiliyordu.

“Burada kinetik enerjinin potansiyele ve tekrar kinetiğe dönüştüğünü görüyorsun. Bu süreç saatin günün saniyelerini sayarken tekrar edip durduğu bir döngüdür. Salınımının en alt noktasında sarkacın topuzu en hızlı hareket ettiği noktadadır ve kinetik enerjiye sahiptir. Yükselirken ise, kinetik enerjisi tamamen yok olana kadar yavaşlar ama şimdi daha yüksektedir ve enerjisi kütleçekimi potansiyel enerjisi olarak depolanmıştır. Bu geçici yükseklikten aşağı doğru düşmeye başlar ve potansiyel enerjisi tekrar kinetik enerjiye dönüşür. Bir kez daha topuz hızla hareket etmektedir. Daha öncekinin aksi yönde hareket etmektedir ama. Kinetik enerji topuzun hareket yönüne bağlı olmadığından bu durum önemli değildir. Ardından tekrar yükselecek ve salınımı diğer tepe noktasında duracaktır. Sonra yine düşecektir: enerjisi sonsuza kadar kinetik ve potansiyel biçimleri arasında gidip gelerek yükselip düşecektir. Senin bu saatinde ise gerçekte sonsuza kadar ya da eğer sallamazsan çok uzun bir zaman sürmeyecektir çünkü her sallanmada sarkaç enerjisinden az bir kısmını sürtünme etkileri ve hava direncinden dolayı etrafına verecektir. Buna rağmen, çok miktarda enerji taşıyan büyük bir sarkaç uzun bir süre sallanmaya devam edebilir.”

Scrooge ikna olduğundan emin değildi. Yeni kurallar yalnızca öne sürdüğü her tutarsızlığı açıklamak için icat ediliyor gibi geliyordu ona. “Enerji bir şeyden diğerine bu kadar sık değişirken korunduğunu nasıl bu kadar emin biçimde söyleyebilirsiniz ki? Kinetik enerjinin yok olabileceğini ve başka bir şeyin belirebileceğini söyleyebilirsiniz ama bunların herhangi bir şekilde aynı şey olduğunu söylemeniz için başka bir neden var mı?”

ENERJİNİN KORUNUMU

Bu fiziğin önemli genel ifadelerinden biridir. Herhangi bir kapalı sistemdeki toplam enerji miktarı değişmez: *Korunur*.

Bu durumda, bir enerji biçimi diğerine dönüşebildiğinden dolayı, kinetik enerji sabit kalmak zorunda değildir. Yükselen bir topun kinetik enerjisi top yükselir ve yavaşlarken kütleçekimi potan-

siyel enerjisine dönüşür. Dönen bir dinamomonun kinetik enerjisinin bir kısmı elektrik enerjisine dönüşebilirken, bir kısmı da mil yataklarındaki sürtünme nedeniyle ısı enerjisine dönüşebilir: Malzeme ısınır.

Bu süreçte enerji korunur. Dönüşüm için değişim gerekir ve tüm biçimler arasında dağıtılan enerji miktarı sabittir. 10. Bölüm'ün sonunda, enerjinin her biçiminin bir bakıma parçacıkların enerjisi olduğunu, bu nedenle de farklı biçimlerin aslında aynı şey olduğunu göreceğiz.

Farklı formlarda enerjilerin eşdeğer olduklarını görebilirsin çünkü enerjinin farklı biçimleri birbirlerine dönüşürler ve her bir formda da aynı birimde bulunurlar. Bunda keyfiyet yoktur. Sarkaç her salınımında en alt noktasında daima aynı hıza sahiptir ve her bir uçta da aynı yüksekliğe kadar çıkar. Farklı biçimler birbirlerine kesin bir eşitlik ile dönüşürler; dövizler arasında komisyon alınmadan yapılan işlemler ya da ilk başta neyiniz varsa tümünü geri aldığınız bazı dönüşümler gibi. Ne kadar çok dönüşüm gerçekleşirse gerçekleşsin, enerji hiç kaybolmaz. Saatin sarkacı hava sürtünmesi nedeniyle enerji kaybettiğinde, sana ve amaçlarına bir miktar kayıp gibi gelebilir ama eğer istersen bunu işlemdeki bir komisyon olarak düşünebilirsin; fakat her zaman başka bir kaleme dahil olur. Asla yok olmaz. Defterdeki hesap tamamdır ve Doğa enflasyondan etkilenmez.

“Gel!” derken hayalet, Scrooge ile ilk karşılaştığındaki gibi emrediciydi. “Benimle gel, bayım ve enerjinin senin bu şehrinde ne kadar önemli olduğunu gör.”

Dışarıya çıkmak için hazırlık yaparken, sandalyesinin yanında duran ve bir yangın söndürücü ya da ahmak şapkasına (Eskiden okullarda tembel öğrencilere ceza olarak takılan kağıt külah) çok benzeyen başlığı alıp kolunun altına sıkıca yerleştirdikten sonra, diğer koluyla da Scrooge'yi çekti. Fazla yüklenmemişti ama yine de Scrooge, dünyanın dönüşüne karşı koyabileceğinden daha fazla karşı koyamıyordu. Etraflarındaki oda yok oldu ve boş duvarları gökyüzüne doğru yükselen geniş bir salona geldiler. Bir yanda, üstündeki gri gökyüzüne yükselen ve yoğun

buhar bulutları çıkartan garip gri kuleler vardı. Diğer yanda ise, kömür karası renginde ve peşi sıra dizilen vagonlarla yük taşınan büyük bir tepe görölüyordu.

“Bu bir elektrik üretme santrali. Şehir hayatında akan enerjinin büyük kısmı elektrik ortamında taşınır. Elektrik evden eve sokakların altındaki kablolar ile kolaylıkla taşınır; uygulanması rahat ve pek çok şey için uygundur fakat diğer enerji türlerinin dönüştürülmesiyle elde edilmek zorundadır.” Scrooge, kendisini devasa bir binaya doğru sürükleyen Hayalet’i takip ediyordu. Kömürün kocaman fırınlara verildiği ve içinde depolanmış olan kimyasal enerjiyi ısıya dönüştürmek üzere yandığı yeri görüyordu. Isının dev kazanlarda nasıl üretildiğini ve hareket halindeki buharın kocaman türbinleri nasıl döndürdüğü ve böylelikle de ısının dönmekte olan kanatların kinetik enerjilerini nasıl artırdığını görüyordu. Kanatlar da başka büyük makinelere öncülük ediyorlardı ve merkez şaftın dönmesiyle şehre gönderilen elektrik enerjisinin üretildiği jeneratörler hareketleniyordu.

Binayı terk ederlerken Scrooge buhardan tüyleri olan uzun, gri binalar hakkında bir yorum yaptı. Kömürün içindeki enerjinin elektrik biçimine çevrildiği sürecin her bir adımında bir miktar enerjinin ısı olarak kaybolduğunu öğrenmişti. Bazı aşamalar diğerlerinden daha fazla ısı salıyordu fakat her aşamada bir miktar ısı mutlaka üretiliyordu. Bunu önlemek için ne yapılsa yapılsın, bu ısı eşanjör kulelerindeki kaynayan su tarafından uzaklaştırılıyor ve atmosfere buhar olarak salınıyordu.

Elektriği enerji santralinden şehre taşıyan bağlantı fincanlarına takılı yüksek kabloları takip ettiler ve oradan da yolun altından ilerleyen ve her ofise, dükkana ya da konuta girmek için dallanan kabloları izlediler. Elektriğin, bir konser salonundaki uzun avizelerin şiddetinden bir bebek odasındaki gece lambasının zayıf parlaklığına kadar nasıl ışık enerjisine dönüşebileceğini gördüler. Enerjinin, öğrencilerin yatak ya da oturma odalarındaki elektrik sobalarının parlayan telinde bu kez tercihan ısıya dönüştürüldüğünü gördüler.

İnsanların evlerinin içindeki elektriği pek çok amaca yönelik kullandıklarını gördüler. Bir işçi için elektrik, dönen matkabının kinetik enerjisini sağlıyor, aşçı için bir fırındaki ısıyı ve vakti geldiği zaman fırını açıp kapayan devredeki daha zayıf akımı sağ-

liyordu. Eğlenmek için harcanan vakitte ise odanın köşesindeki televizyondan gelen ışığı veriyordu. Bir müzik setinin hoparlörlerinden gelen sesi de o sağlıyor, çocukların bilgisayar oyunlarını çalıştıran gücü de besliyordu. Bunların tümünde elektrik tarafından sağlanan enerji pek çok biçime dönüştürülüyordu -ısı, ışık, ses ya da hareket- ama her durumda bir miktar ısı salınıyordu.

Kullanılan enerjinin tümü elektrik biçiminde tüketilmiyordu elbette. Pek çok evde ısınma, her ne kadar bunu elektronik devreler denetlese de, bazı yakıtların yakılmasıyla elde ediliyordu. Sokaklardaki insanlar hareketlerinin kinetik enerjisini, rafine edilmiş petrolün yanmasından elde eden araba ya da kamyonlarla sağlıyorlardı. Etrafındaki tüm bu etkinliklerde, besinlerden gelen enerji ile beslenen insan vücutlarının hareketlerinde bile, Scrooge biçimden biçime dönüşen enerjinin karmaşık dansını görüyordu.

Şimdi ise Hayalet'ten hiçbir uyarı gelmeden Scrooge yükselmeye ve şehrin üstünde, sokak ve evlerin tüm faaliyetlerinin yuvarısında hızlanarak irtifa kazanmaya başlamıştı. Hızlandı, hızlardı - ta ki dopdolu şehirden uzaklaşana kadar- ve kendisine göre giderek alçalan gökyüzünün altında, ayaklarının altında yayılan bir sayfiye alanının üzerinde süzülüp, donuk, düz ve hiçbir belirgin özelliği olmayan bir alanın tepesine kadar uçtu. Şimdi önündeki manzarada, içerisinde büyümemiş ağaç ve çalılıklar olan, alçak tepelerle çevrelenmiş, sığ bir vadi vardı. Ve Scrooge kendini bu tepelerden birinin üstünde bulmuştu.

"Enerjinin yaşadığın şehrin etkinlikleri doğrultusunda nasıl kullanıldığını gördün," dedi Sahibe. "Şimdi ise Doğa'nın salabileceği yıkıcı enerjiyi göreceksin." Bunu söylerken, bir kez daha Scrooge'yi kavradı, ancak bu sefer onu kollarıyla değil fakat bir şekilde bilinciyle sardı ve vücudu tepenin üstünde, onun yanında duruyor olsa da, Scrooge kendisini göğe yükseliyormuş gibi hissetti. Gri bulutlar arasından geçerek yükseldi ve üst yüzeylerinin tüylü halısına vuran güneş ışınlarını gördü. Daha da yükseldi, dünya yüzeyinin eğriliğini görmeye başlayana kadar bulutların üstüne çıktı.

Hala da yükseliyordu. Dünya altında bir top haline gelirken, yüzeyindeki tanıdık kıtalar, girdap gibi dönen bulut kümelerinin parlak örtüsü arasından bir an için belli belirsiz görünmüştü.



Daha da ilerledi: Dünya çok küçük bir boyuta inmişti ve uzayın soğuk karanlığı içine çekilmişti. Bir an için, dünyanın etrafındaki yörüngesinde dolanan Ay'ın yarı aydınlanmış küresinin yanından geçti fakat kısa süre sonra Ay'ı da ardında bıraktı ve uzayın karanlık boşluğunda tek başına süzülüşüne devam etti. Kendisini tamamen tecrit edilmiş ve kaybolmuş hissediyordu. Hala dünyadan uzaklaşıyor muydu? Bunu söylemenin hiçbir yolu, hiçbir referans noktası, hatta zamanın geçtiğine dair bir his bile yoktu.

Sonunda etrafını saran boşlukta tamamen yalnız olmadığını anladı. Bir tarafında iri bir kaya parçası gördü. Bundan başka bir şey yoktu. Uzaktaki güneşin ışığı ile aydınlatılmış olan ve uzayın enginliği içinde yavaşça hareket eden soğuk, sessiz bir kaya parçası. Küçük ve elini uzatıp dokunacağı kadar yakın mı, yoksa çok büyük ve çok uzak mı olduğunu söylemesinin bir yolu yoktu; bu kaya parçasına bakınca herhangi bir türde daha az enerji ya da etkinlik belirtisi gösteren bir kütle düşünmek zordu.

Bilinmeyen bir süre boyunca hiçbir hareket hissi olmadan ve kendi varlığını bile hemen hemen hiç hissetmeden bu donuk, cansız taşla birlikte sürükleniyor gibi hissetti. Nihayet bir süre sonra ki zamanla ilgili tüm bildiği saatler ya da yüzyıllar geçmiş olabileceğiydi, önündeki karanlığın içinden beliren bir cisim gördü. Scrooge bu gördüğünün üzerinden ayrıldığı dünyanın parlak küresi olduğunu anlayana kadar görüntü genişledi. Yüzeyi, bulut girdaplarının altındaki kara ve deniz şekilleri genişleyip her yeri kaplayana kadar giderek büyüyordu.

Aşağı doğru düşerken, sadık ve donuk yol arkadaşı olan kaya parçasına baktı ve ardı sıra oluşmaya başlayan zayıf, titrek bir huzme gördüğünü düşündü. Zaman geçtikçe ve kaya parçası dünyanın atmosferinin ilk sınırı ile karşılaştıktan sonra arkasından gelen gaz ve buhar çizgileri ile bu kuyruk açıkça görünür hale geldi. Kaynayan kuyruk, düşmekte olan kayanın aşağıdaki gezegene doğru daha da hızlandığı her dakika uzuyordu. Kayanın ön yüzü de şimdi yavaşça parlamaya başlamış, tıpkı yanan bir kömürde olduğu gibi görünür olmuştu.

Parlaklık gitgide artıyor ve ardı sıra yanan gazdan kuyruk, kaya parçası dünyanın kütleçekimi kavrayışı altında hızlandıkça daha da yoğun hale geliyordu. Kısa bir süre sonra kaya parçası, merkezi alevler içinde kaybolmuş, ortaya çıkan ısıнын yoğunluğu ile gaza dönüşmekte olan göz alıcı bir gaz topu haline dönmüştü. Scrooge kaya parçasının üzerinde olsaydı anında kör olacağını düşündüyse de, gayet net anlaşılabileceği gibi, eğer orada olsaydı anında buharlaşacağı için, bu durum onu o kadar da rahatsız etmedi.

Görülmez ve yok edilemez biçimde, Scrooge bu alevli meteorun garip yol arkadaşlığı ile dünyanın yüzeyine doğru hızla ilerliyordu. Kaya dünyaya doğru düştükçe, salınan kütleçekimi enerjisi uçuşunun kinetik enerjisine dönüşürken, atmosferin bu saldırı karşısında direnmesi ve çok hızlı olan düşüşünü sürtünme direnciyle yavaşlatma çabası, kaya parçasının enerji harcamasına neden oluyor ve onu bir cehennem fırını sıcaklığına getiriyordu.

Kütlesi daha küçük bir taş parçası bu yolculuktan sağlam çıkmaz ve tüm kütlesini hava içindeki geçişi esnasında atmosferin daha üst tabakalarında kendisini alevler içinde yakıp tüket-



rek kısa sürede dağılırdı. Ancak bu meteor küçük bir çakıl taşı değildi ve dünyanın yüzeyine ilerleyişine dayanabilmesine yetecek kadar kütle barındırdığından, alevlerden oluşan plazma kını içinde kütesinin bir kısmını saklayarak, yolu üzerindeki dünya yüzeyine sonunda çarptı.

Yere yaklaşırken bile, bünyesinde barındırdığı inanılmaz yükseklikteki sıcak gazlarla etrafındaki havayı birdenbire ısıtmıştı. Hava her yönde genişliyordu ve etrafta bulunan gelişmemiş ağaçları parçalayarak, her birini dümdüz ederek ve bu esnada onları yanan birer meşaleye dönüştürerek, geniş bir alana alevler içinde bir rüzgar olarak yayılıyordu.

Meteorun düşüşüne tüm yolu boyunca dünya atmosferinin giderek incelen mantosu tarafından kararlılıkla karşı koyulmuş, bu karşı koyma kinetik enerjisinin büyük kısmını ısıya dönüştürmüş ve kayayı boyutları giderek küçülecek şekilde törpülemişti. Fakat ne olursa olsun, hava yalnızca havaydı. Meteor, sonunda yere çarptığında ilerleyişindeki gerçek dirençle karşılaştı. Kısa bir süre içinde, bu korkunç kinetik enerji ısıya dönüşmüş ve düşmekte olan kayanın tüm kütlesi dünya yüzeyinde eriyip buhara dönüştürülmüştü.

Enerjinin tamamı ısıya dönüşmemişti. Bir kısmı da kayanın malzemesinin sıkışmasına harcanmış ve ardından kaya çılgınca geri sekmiş ve tıpkı bir su birikintisine düşen taş gibi dünya yüzeyinde dalgalar yaymıştı. Bu dalgalar katı zemin boyunca ilerlemiş ve ilerlerken de yüzeyin üstünde ne varsa havalandırmıştı. Meteorun çarptığı yüzeyden çok miktarda çamur ve toz havaya kalkıyor ve bunlar Güneş'in ışınlarını engelleyecek biçimde atmosferde bir tabakaya dönüşüyordu.

Scrooge kendisini yine vücudunun içinde bulduğunda etraflarını çeviren şiddet tarafından yok edilmiş olabileceğini düşünürken, yanı başındaki Hayalet'in onun etrafına bedensel zarar almasını engelleyen bir kalkan tuttuğunu gördü. Etrafı kaplayan yoğun toz tabakası nedeniyle ortalık karanlığa boğulduğundan, Hayalet, başının üstündeki ışık fıskiyesiyle etrafındakileri aydınlatma çabasındaydı. Bir kez daha Scrooge'ye hitap etmek için döndü.

"İşte," dedi, "önemsiz bir taş parçasının dünyaya düştüğünde saldırdığı kütleçekimi potansiyel enerjisinin nasıl diğer biçimlere dönüşebildiğini gördün. İlk başta, taş giderek hızlanarak düşerken kinetik enerjisi yükseldi, fakat hava direncine karşı hareket ettiğinden, bu enerjinin büyük kısmı diğer biçimlere dönüştü. Çoğunluğu ısıya dönüştü ve bu ısının bir kısmı taşın içindeki atomları bir arada tutan bağları kıran kimyasal enerjiler açığa çıkartırken, enerjinin bir kısmı da katı zemini sıkıştırmaya harlandı ve büyük bir kısım enerji de, uluyan rüzgarları oluşturan devasa miktarlardaki havayı ve yerden yükselen toprağı hareket ettirerek tekrar kinetik enerjiye dönüştü."

Bir süre, etraflarını saran felaketin ortasında, doğada bozulmadan kalan yegane nesneler olarak, yanan rüzgarları izleyerek

orada kaldılar. İnleyen rüzgarlar yavaş yavaş kesilirken yanan ağaçlar da kül olup yıkıldı ve altüst olan dünya yeniden gelişimini sürdürdü. Daha fazla zaman geçtikçe küller soğudu ve düşen meteor, oluşturduğu kraterin çukurunda donuk bir kayaya dönüştü. Başlangıçta olduğu gibi, önlerindeki manzara bir kez daha güzelleşti; karanlık, toz yüklü gökyüzü altındaki soğuk çukur ve küle dönmüş hareketsiz ağaçların kıvrılmış dalları, kısa süre önce meydana gelen gürültülü olaylardan hiçbir izi taşımayan bir hale dönüştü.

“Pekala, artık her şey, öncesinde olduğu gibi sakin. Tüm bu enerji nereye gitti?” diye sordu Scrooge. “Rüzgârlar, yakıcı sıcaklık, sarsılan dünya nerede? Hepsi gitti! Adlandırdığınız her enerji türü yok oldu. Enerjinin korunumu hakkında söylediğiniz her şeye rağmen, işte enerji bitti! Artık daha fazla aldanmayacağım,” diye bağırdı ve ani bir öfke ile yangın söndürücüyü andıran Sahibe’nin şapkasını kavrayıp başından aşağıya, ışık fışkiyesine doğru bastırdı.

Hayalet, şapkanın altında kalmış ve yangın söndürücüye benzeyen şapka tüm bedenini kaplayacak şekilde aşağıya doğru esnemişti ve Scrooge onu aşağı doğru bastırdıkça, altından durmaksızın bir ışık seli yayılıyordu. Scrooge tüm ağırlığını verip olabildiğince yüklendi ve sonunda şapkanın kenarları ile yer arasındaki parlak halka söndü. Ziyaretçinin parlaklığı nihayet büyük oranda sönmüştü fakat yine de bir miktar ışık hala dışarı kaçıyordu çünkü şapka onu tamamen kaplamıyor ve kenarlarından parlaklığın sızmasına meydan veriyordu. Sızan ışık etrafı yeterince aydınlatmaya yetmiyordu ve Scrooge çevreyi kaplamış olan grilikten başka bir şey göremiyordu. Etrafına bakınırken, bu griliğin bir parçasının geri kalan kısmından biraz daha karanlık bir biçim aldığını ve ona doğru yaklaştığını fark etti.

2 . B Ö L Ü M

Entropinin Gölgesi

Scrooge, etrafını sarmış bulunan koyu karanlıkta görebilmek için gözlerini zorladı. Gerçekten kendisine doğru gelen daha yoğun bir gölge olup olmadığından ve eğer bu hayal gücünün bir oyunu değilse, ayrıntılarını ortaya çıkarıp çıkaramayacağından emin olmaya çalışıyordu. Havada asılı duran toz bulutundan perde açılmaya başlamıştı ve gelen gölgenin bir insan hatlarına sahip olduğu görülüyordu. Bununla birlikte, bu hatlar hala belirsizdi. Gölge durmaksızın Scrooge'ye doğru ilerliyordu ve sonunda ikisi karşılıklı durdular. Bu sırada tozun büyük kısmı yere inmiş ve etraftaki manzara artık net olarak görülebilir hale gelmişti. Scrooge kavrulmuş ağaçları ve uzaklardaki çalılarını açıkça görebildiği halde, kendisine o kadar yaklaşmış olmasına rağmen karşısında duran gölgeyi içi yoğun pusla dolu bir siluetten öte seçemiyordu. Şeklin dış hatları belirgin olmaktan çok uzaktı fakat uçuşan bir elbise giymiş ve bir tür başlık takmış, uzun boylu ve karizmatik bir kadını andırıyordu. Kısacası, Sahibe'nin gölgesi gibiydi.

“Enerjinin nereye gittiğini soruyordun.” Gölgenin sesi o kadar donuktu ki, Scrooge’nin aslında kendisine hitap edildiğini anlaması biraz vakit aldı. Ses, Scrooge’nin çocukken zorla tahammül etmeye çalıştığı, sıkıcı ve çoktan unuttuğu okul derslerinin anlatıldığı seslerin tümünden damıtılmış gibiydi. Konuşması yankı yapan bir istasyonda duyulan uzak bir anonsun ve rakip bir parti için yapılan bir dizi siyasi yayının netliğine sahipti. Yani, duymazdan gelinmesi kolay bir sestir ama kısa bir süre önce yıkıma uğramış çevre manzarası karşısında Scrooge, söylenen her mesaja özellikle açık olduğundan gayet net duyuyordu.



“Kimsiniz ve nesiniz?” diye sordu Scrooge karşısındaki solgun şekle. “Beni bilgilendirmek için gönderilen başka bir Hayalet misiniz?”

“Ben,” diye geldi bulanık gölgenin yanıtı, “enerjinin nasıl aktarıldığını yöneten büyüklük, Entropinin Gölgesiyim. Pek çok insan için entropi kavramı hayal gibi olsa da, onun etkileri önemli ve uzun erimlidir. Bu gece bir sistemin sahip olduğu enerjinin neler yapabileceği, nasıl kontrol edileceği hakkında bilgi aldın. Entropi ise olasılıkları kontrol eder; geleceğin neler *getireceğini*.”

“Pekala,” diye karşılık verdi Scrooge. Gelip giden bu hayaletler ile konuşuyor olmaktan çok rahat olduğu söylenemezdi fakat giderek bu fikre alışıyordu. “Eğer entropi dediğiniz kadar önemliyse, devam edin anlatmaya. Anlatın bana; Entropi nedir?”

“Bu hızlıca cevaplanabilecek bir soru değil,” diye yanıtladı Gölge, oldukça kaçamaklı bir biçimde. “Bazen entropi düzensizliğin bir ölçütü olarak adlandırılır fakat korkarım böylesi bir tanım pek bir şey ifade etmez. Entropi hakkında bir şeyler anlamak için önce *olasılıktan* bahsetmeliyiz.

“Enerjinin nereye gittiğini soruyordun,” diye sürdürdü konuşmasını. “Hiçbir yere gitmedi; hala etrafta. Aslında enerji ko-

rundu, tıpkı sana söylendiği gibi. Şu anda çevremizdeki enerji tam olarak daha önceki miktarını koruyor fakat artık varlığının farkında değilsin çünkü ısı olarak eşit biçimde dağıldı. Etrafımızdaki her bir parçacık daha önce olduğundan birazcık daha sıcak, fakat yalnızca birazcık, çünkü mevcut enerji bu kadar büyük bir alana dağıldığında çok düşük bir yoğunluğa sahip olur. Her şey daha önce olduğundan biraz daha sıcak şimdi. Yer, hava, ağaçlar, sen bile biraz daha sıcaksın. *Hepsi* daha sıcak olduğu için de her bir parçacık etrafındaki diğer parçacıklarla aynı sıcaklıkta ve bu nedenle değişiklik olduğunun farkında değilsin.

“Etrafında herhangi bir değişiklik olduğunu fark etmedin ya da emilen enerjinin ne etki oluşturduğunu görmedin çünkü yalnızca cisimlerin dış görünüşlerine bakıyorsun. Madde dünyasının içini görmüyorsun çünkü meydana geldikleri *atomları* göremiyorsun. Şimdi yere yakından bakarsan, maddenin doğasını gözlemlemene yardımcı olacağım.”

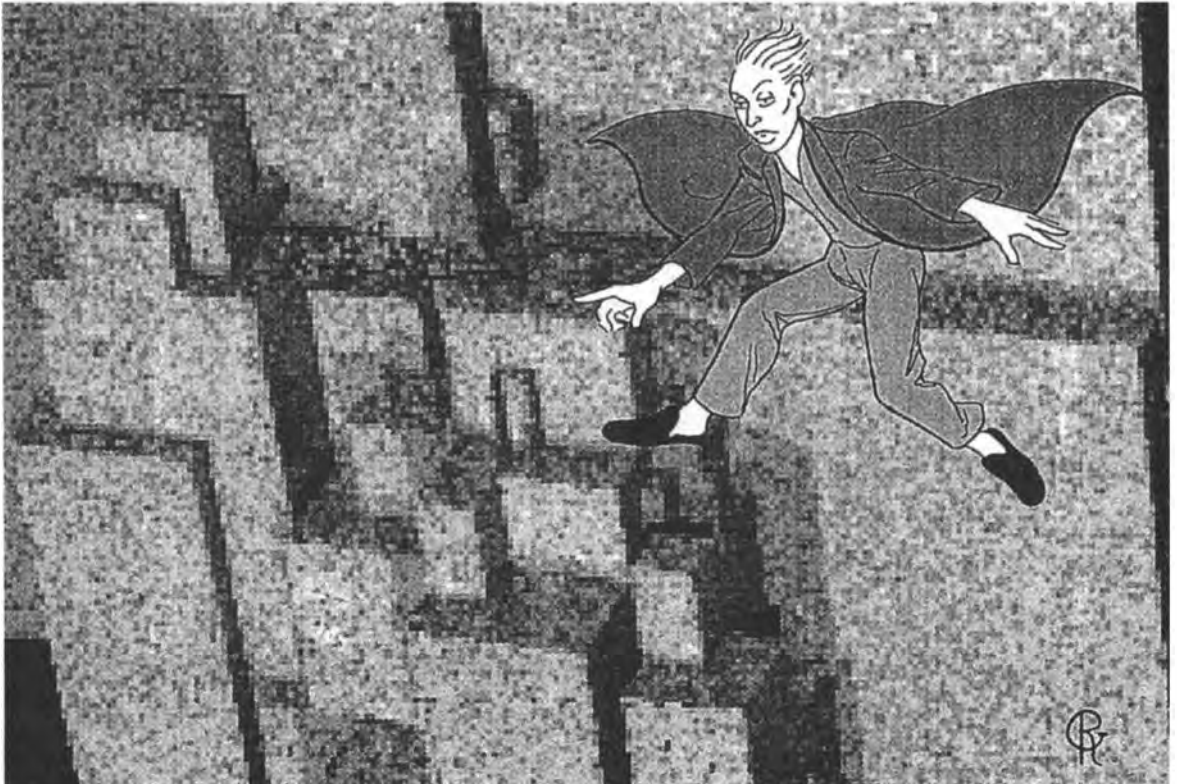
Scrooge söylendiği gibi yere baktı ve ayağının yanındaki bir taş parçasına odaklandı. Bu tamamen önemsiz bir taşı ve gördüğü başka yüzlerce taştan herhangi bir farkı ya da belirgin bir özelliği yoktu. Taş parçasına dikkatlice bakarken onu normalde görmeyi beklediğinden daha net görmeye başladığını fark etti. Giderek daha fazla yüzey özelliği belirirken ayrıntılar da daha belirgin hale geliyor ve sanki taş ona doğru yaklaşıp görüş açısını yaklaştırıyor ve detaylar keskinleşiyor gibi görünüyordu. Taşın yüzeyinde renkli büyük lekeler görüyor ve bunların yeri kaplayan bir bitki örtüsü gibi, taşa yaklaştıkça giderek büyüdüğünü fark ediyordu. O sırada taşın üzerinde yürüyen bir karınca gördü ve yaklaştıkça karınca devasa ölçülerde büyüdü. Karınca, görüş açısından çıkıp gitmeden önce, zırhlı kafasını Scrooge’ye doğru sallayıp, kocaman bileşik gözleriyle ona meraklı bakışlar atıyormuş gibi görünüyordu.

Yaklaşmaya devam ettikçe önündeki taş yüzey daha da büyüydü. Taştaki küçük bir çatlak, büyük kayalık bir kanyonu andırır hale gelmişti. Taşın en alt noktasında Scrooge bir göl görüyordu ve aslında bu su birikintisi taşın üzerindeki bir çiy tane-sinden başka bir şey değildi. Sarp duvarlar her iki yönde de yükselirken, yarıktan aşağılarına inmeye devam ediyordu. Kısa sürede, en alta yaklaştı ve uçurum ve tepeler yığını arasında dur-

du. Bunlar garip ve düzenli bir görünüme sahiptiler ve köşeli kenarlarında sivri küçük çıkıntıları olan tepeler oluşturacak şekilde bir dizi yapı taşı bir araya kaynaklanarak oluşturulmuş gibiydiler.

“Şimdi taşın altında yatan kristal yapı tarafından oluşturulan geometrik düzenliliğin ilk izlerini görüyorsun,” dedi Gölge, çıkıntılardan birinin arkasında dururken. Scrooge, yol arkadaşı Gölge’nin de bu büyütülmüş algısında onu izlediğini fark etmişti. “Maddenin bu düzenliliği, kristaldeki atomların düzenli bir sıra oluşturmalarının bir yansımasıdır. Kısa süre sonra algın, bizzat atomların kendilerini fark edebileceğin bir seviyeye ulaşacak.”

Gerçekten de köşeli biçimler büyürken giderek daha az katı halde görünüyordular. Bazı büyük depolarda olduğu gibi düzensiz sıralar halinde paketlenmiş ve net görülemeyen plaj topları gibi, sonu gelmeyen puslu küre dizileri haline geliyordular. Scrooge, doğru bir tahminle bu kürelerin atomlar olduklarını varsayıyordu. Ayrıntıları seçemiyordu fakat hareket halinde oldukları açıktı ve her bir dizideki toplar kendi konumlarında titreşiyorlardı. Bazıları şiddetli biçimde, diğerleri daha sakin biçimde titreşiyor fakat hepsi hareket ediyordu.



“İşte maddenin içindeki atomları görüyorsun. Aslında atomların kendileri de *maddedirler*. Etrafındaki dünyada gördüğün her şey atomlardan yapılmıştır. Çeşitli kombinasyon ve türlerdeki muazzam sayıdaki atom, karşılaştığın bütün maddeleri meydana getirirler ve bu atomların hepsi de hareket halindedir. Burada da gördüğün gibi, katı maddelerin atomları değişmeyen konumlarda titreşmektedir. Çok fazla yer değiştiremezler ve hareketleri oraya buraya titreşmekten ibarettir.

“Sıvılarda ise durum farklıdır,” diye devam etti Gölge. Scrooge, bakış açısını taşın içindeki düzenli atom sıralarından yana kaydırarak, orada bulunan su birikintisine odaklanmıştı. Burada da puslu küreler vardı ve neredeyse katılardaki gibi birbirlerine oldukça yakın biçimde paketlenmiş gibiydiler. Ancak tek farkları herhangi belirli bir konumda olmamaları ve birbirlerinin yanından geçerek serbestçe hareket ediyor halde bulunmalarıydı. Her biri farklı bir hızda olan sıvı madde atomları olası bütün yönlerde hareket ediyorlardı; bir alışveriş merkezindeki yoğun kalabalık gibi *birbirlerine dokunup aldırış etmeden* dolanıyorlardı.

“Görebileceğin gibi, sıvılardaki atomlar nerdeyse bir katıda olduğu gibi sıkı olarak paketlenmişlerdir fakat oldukça serbest biçimde hareket edebilirler ve bu hareketleri yaparken de birbirlerine dokunabilirler. Gazlarda ise atomların araları daha açıktır ve her bir atom başka bir atomla çarpışmadan önce uzun bir mesafe kat eder. Çarpıştıklarında ise sekerler ve bu esnada da birbirlerine enerji aktarırlar. Taşın ve suyun üzeri, bir gaz olan havayla kaplı olduğu için, dikkatli bakarsan bunu da görebilirsin. Tüm yapman gereken havadaki atomları görebilmek için biraz geri çekilmek.”

Scrooge görüş alanını genişletirken, odağının sudan çıkıp havayı da kapsar hale geldiğini fark etti. Burada da aynı atomlar vardı ya da en azından diğer atomlara benziyorlardı. Bu atomlar yakın temas halinde değillerdi ve aralarında büyük boşluklar olduğu halde yayılmışlardı. O kadar çok ayrılmışlardı ki Scrooge atomların tamamen yalnız başına olmadıklarını, daha ziyade çiftler halinde dolandıklarını görebiliyordu. “Bunlar moleküllerdir,” diye fısıldadı kulağına tanıdık bir ses. “Atomlar moleküller halinde gruplanırlar. Çok fazla farklı atom türü yoktur ve bunlar molekül adı verilen atom toplulukları halinde birleş-

me eğilimindedirler. Oluşturdukları farklı kombinasyonlar da bildiğin engin madde havuzunu meydana getirir. Hava molekülleri çok basittir; bir araya gelmiş iki oksijen atomu ya da iki azot atomundan oluşurlar.”

Scrooge bu atom gruplarını tanıyıp akla gelen her yönde hareket ettiklerini görüyordu. Çeşit çeşit hızlarda, bazıları hızla hareket ederken diğerleri çok yavaş biçimde yollarına devam ediyorlardı. Atomların araları bu kadar açık olduğu için de düz bir çizgi üzerinde herhangi bir engelle karşılaşmadan gidebiliyorlardı. En azından uzun bir süre gidebiliyorlardı. Arada sırada, bir tanesi başka bir tanesine çarpıyor ve ikisi de farklı yönlere savruluyorlardı. Bu durum meydana geldiğinde, yavaş olan molekül çarpışmadan sonra daha hızlı gidebilirken, hızlı olan da hızının bir kısmını kaybediyordu.

Bazen de hızla ilerleyen bir molekül, katı madde sınırındaki sıralı atomlar dizininin içine dalıyordu. O zaman da molekül, genellikle gazın içine doğru geri sekiyor ve hareket ile momentumun yönü ters dönüyordu. Bu durum, dengeleyici bir momentumun katıya aktarılmasına neden oluyor ve moleküllerin bu sürekli yağışı esnasında gaz, katı üzerinde bir basınç uyguluyordu.

KİNETİK TEORİ

Kinetik teori, maddelerin, özellikle de gazların pek çok özelliğini, oraya buraya hareket edip cisimlere çarpan çok sayıdaki küçük parçacıktan – atomlardan ya da moleküllerden – meydana geldikleri varsayımına dayanarak açıklar.

Gazdaki toplam ısı, tüm atomların kinetik enerjilerinin toplamı olarak gösterilir. Tek tek her bir atom için ortalama kinetik enerji, gazın sıcaklığının bir ölçüsüdür. Atomlar gazın içinde bulunduğu hacmin duvarlarından sektikçe, duvarları dışarı doğru iterler ve bu da gaz basıncını meydana getirir. Kinetik teori, gazların temel özelliklerini çok başarılı biçimde açıklamaktadır.

Scrooge atom ve moleküllerin gösterildiği farklı durumların hepsinde hep bulanık olduklarını, ayrıntıların görünür olmadıklarını fark ediyordu. Atomların orada olduklarını görüyor olmasına rağmen, doğalarına dair hiçbir ayrıntıyı göremiyordu. “Görüşümü daha fazla yaklaştıramaz mısınız?” diye sordu Gölge’ye. “Birazcık daha büyütürseniz, bu atomların doğasını daha iyi görebilirim. Şu anda kesinlikle anlayamıyorum.”

“Hayır, bunu yapamam,” diye bir yanıt geldi Gölge’den. “Görüşün ne kadar büyürse büyüsün, atomlar daha net hale gelmezler. Şikayet ettiğin bu bulanıklık onların temel bir özelliğidir. Küçük kardeşlerimden biri daha sonra sana bu ölçeğin kuantum belirsizliklerinden bahsedecek.

“Onları net olarak göremiyor olsan da, her durumda atomların hareket halinde olduklarını fark etmemiş olamazsın. Madde- nin içindeki her bir atomun hareketinde kinetik enerji söz konusudur. Bu enerji, yani hareket halindeki sayısız atomun tümünün kinetik enerjisi, ısı olarak bildiğin büyüklüğü gösterir. Atomlar ne kadar hızlılarsa, o kadar çok ısı depolanır ve madde- nin sıcaklığı da o kadar yüksek olur.

“Genel olarak atomların birbirlerinden farklı yönlerde hareket ettiklerini fark edeceksindir. Bazıları hızlı hareket ederken, bazıları daha yavaştır. Bazıları bir yönde giderken, bazıları başka yönde giderler. Hareket ederlerken sık sık çarpışırlar ve bu çarpışmalar sonucunda enerjiyi kendi aralarında yeniden dağıtırlar. Meteorun sahip olduğu enerji de işte bu hareketlere gitmiştir ve meteor, ayağının altındaki toprakta bolca bulunan tüm bu sayısız atom hareketlerinin ortaya çıkarttığı *ortalama* enerjiyi birazcık artırmıştır.”

Gölge konuşmasını bitirdiğinde, Scrooge önündeki manzaranın bir kez daha katının içindeki uygun konumlarında az ya da çok miktarda salınan atomlara doğru kaydığını gördü. Atomların sonu gelmez dizilerinin her yönde gittiğini görüyordu ve her biri hareket halindeydi. Açıkçası bu kadar çok atomun hareketinde çok fazla enerji mevcuttu.

Birden görüş açısında ani bir değişim oldu ve Scrooge kendisini tekrar yıkıma uğramış alanda, ayağının yanındaki önemsiz taş parçasına yeni bir anlayışla bakar halde buldu. Normalde bu taş, daha önce gördüğü diğer taşlardan farklı değilken şimdi

başka görünüyordu. Scrooge başını kaldırıp yanına gelmiş olan Gölge'ye baktı. Gölge'de de görülecek özel bir şey yoktu; aslında Scrooge onun *hiçbir şey* gibi göründüğünü düşünüyordu. Gölge'nin bir kez daha her zamanki sıkıcı ses tonuyla kendisine hitap ettiğini fark ettiğinde bu düşünceyi kafasından attı.

"Katının içinde gördüğün atomlardan her birinin çok da önemli bir şey yapmadığını, sabit bir konumda saat sarkacı gibi bir o yandan bir bu yana salındıklarını göreceksin." Tam sözünü bitirmişti ki yanmış bir ağaç gövdesinin yanı başında, tıpkı Scrooge'nin evindeki büyük duvar saatine benzer bir saat belirdi.

"Burada bir sarkaç görüyorsun. Bütün sarkaçların yaptığı gibi bir o yandan bir bu yana salınıyor ve bu hareketi hiçbir belirsizlik fark olmaksızın tekrar edip duruyor. Şimdi soruyorum sana, neden bu şekilde bir hareketi tekrar edip duruyor ki? Böyle bir sarkacı en alt konumundan, yani durgun halde bulunduğu konumdan harekete geçirirsen neden bu şekilde salınmaya başlar?"

"Yerçekimi kuvvetinin onu en alt konumuna çektiğini düşünmüşümdür hep," diye cevap verdi Scrooge aniden. Pek çok konuda en bilgili ikinci kişi olduğunu göstermeye kararlıydı.

"Ah, evet, yerçekimi kuvveti," diye mırıldandı yanındaki. "Cevabın, kendi içinde tabii ki doğru. Evet, yerçekimi kuvveti sarkacı hareket ettirir, gerçekten de öyle. Peki kuvvet nedir?"

Scrooge "Bir şeyi hareket ettiren şey," şeklinde bir cevap vermek üzereydi ki son anda fikrini değiştirdi. Her nedense bu cevabın tartışmaya pek bir şey eklemeyeceğini hissediyordu. Bunun yerine saldırıya geçti ve karşısındakini zorlamaya karar verdi: "Pekala, bu konuda söyleyecekleriniz olduğu besbelli. En iyisi siz söyleyin bana; kuvvet nedir?"

"Sorduğun soru her ne kadar benim soruma benziyorsa da güzel bir soru. Uzun vadede kuvvetler, enerji konusunu anlamana yardımcı olacak. Bir sarkacı bir tarafa çektiğinde uçtaki ağır topuzu durgun haldekinden biraz daha yüksek bir konuma yükseltirsin. Bu da topuzun yerçekimi nedeniyle sahip olduğu potansiyel enerjiyi artırır. Cisimler dünyanın merkezinden ne kadar uzaklaşırsa, yerçekiminden dolayı kazanacakları potansiyel enerji de o kadar fazla olur.

"Sarkaç dünyanın merkezinden çok uzaklaşmamış olabilir ama yine de bir miktar uzaklaşmıştır ve aşağıya doğru düşer-

ken, hareket eden sarkaca kinetik enerji kazandıran da bu potansiyel enerjidir. Her fizikçi yerçekimi kuvvetinin potansiyel enerjinin değişim oranına eşit olduğunu söyleyecektir. Bunlar tamamen aynı şeylerdir. Bir kuvvet tarafından hareket ettirilen bir parça gördüğümüzde, Doğanın potansiyel enerjiyi azaltmayı ve onu kinetik enerjiye dönüştürmeyi sevdiğini anlarız.”

“Fakat her zaman bu böyle olmuyor,” diyerek karşı çıktı Scrooge, kulağa garip gelen bu iddiayı dikkatle dinledikten sonra. Dediğiniz gibi, sarkaç salınımının en alt noktasına *kadar* düşerken potansiyel enerji kaybedip kinetik enerji kazanıyor olsa da, ondan sonra yine yükselmeye başlayıp, bu sefer kinetik enerjiyi tekrar potansiyel enerjiye dönüştürüyor. Bu durum da, az önce söylediğimize tamamen zıt bir gelişme olarak görünüyor.”

“Doğru, öyle görünüyor. Aynen dediğin gibi oluyor. Kuvvetler üzerinden konuşurken de aynı güçlüğü yaşadığını söylemeliyim. Sarkaç en alt noktaya kadar düşüp tekrar yükselmeye başladığında yerçekimi kuvvetine *karşı* hareket ediyor ve aslında sarkaç bunu yapmaya zorlanıyor çünkü *kısıtlanmıştır*; seçenekleri gerçekten çok azdır. Bir mile sabitlenmiştir ve yalnızca bir yol üzerinde hareket edebilir durumdadır. Yolu üzerindeki en alt noktadayken, en büyük değerdeki kinetik enerjiye sahiptir ve dolayısıyla da bu noktada duramaz. Hareket halinde olduğundan, sahip olduğu enerjinin yanında bir de momentumunu korumak zorundadır ve bir mile sabitlenmiş olduğundan tekrar yükselmek durumundadır. Yükselirken hem kinetik enerjisini hem de momentumunu kaybeder. Kinetik enerji artık tekrar potansiyel enerjiye dönüştürülür çünkü sarkaç yükseliyordur; başka bir seçeneği yoktur. Momentum da mile ve mili tutan noktaya aktarılır çünkü toplam momentum bu şekilde korunur. O da sarkacın salınımının aksi yönünde olacaktır fakat hareket ettiği mesafe çok kısa olacaktır çünkü çok daha ağırdır.

“Bir cisim hızlandığında ya da yavaşladığında ya da bir tarafa doğru çekildiğinde, aslında cismin üzerine etkiyen bir kuvvet olduğundan bahsetmek mantıklı ve faydalıdır. Bir kuvvetin iş yapmakta olduğunu düşünmenin zor olduğu başka durumlar da vardır. Etrafına ışık saçan bir alev buna bir örnektir. Kuvvetin atomdan ışık çıkarabileceğini düşünebiliyor musun? Hali hazırda atomun içinde bulunan ve yalnızca saklandığı yerden çı-

karılmaya ihtiyacı olan bir ışık dışarıya mı itiliyor? Hiç sanmıyorum. Bu örnek, kuvvet kavramının işe yaradığı bir örnek değildir ve bu tür durumlarda kuvvetlerden bahsetmek anlamlı değildir. “Kuvvetin her zaman seninle *olmadığını* kesinlikle söyleyebilirim.”

Gölge Scrooge’ye ders verirken yukarı aşağı yürümeye başladı. Garip bir manzaraydı. Gölge’nin bulanık hatları, her dönüşünde yeri süpüren uzun bir etek gibi dalgalanıyor ve yayılıyor-du. Scrooge, karşısındakinin sahip olması beklenen kişisel özelliklerin neden kendisinden bu kadar saklandığını düşünmekten kendini alamıyordu.

“Daha önce yere yakından bakarken atomlardan yapılmış olduğunu ve her bir atomun davranışının çok basit olduğunu gördün. Pek çok durumda atomlar merkezi bir konum etrafında durmaksızın salınım yaparlar; tıpkı sarkacın yaptığı gibi. Tüm grup için farklı hareket durumları verecek şekilde enerjilerini birbirlerine aktarırlar. Enerjinin bu kadar serbestçe paylaşıldığı bir yerde, aynı miktarda enerjiye sahip olan bu durumlardan *herhangi* birini kolayca oluşturabilirsin. Bu parçaları birbirlerinden ayırt etmenin bir yolu olmadığı için, olası durumlardan herhangi birini elde etme ihtimalinin eşit olduğunu varsayabilirsin.

“Enerji bir atomdan diğerine aktarılabilir. Kolaylıkla tekrar ilkinde de dönebilir. Enerjinin korunumu fikrinde, enerjinin *hangi yönde* korunduğu gibi bir konu yoktur. Atomlar arasında meydana gelen etkileşimler simetrik ve

tam olarak ters çevrilebilirlerdir. Bir o yana bir bu yana düzenli biçimde salınan bir sarkaç ele alındığında, geçmiş ve gelecek hareketleri arasında belirgin bir fark bulman zordur.

“Tek tek atomlar arasında meydana gelmekte olan tüm etkileşimler ve enerji aktarımları bu bakımdan ters çevrilebilirlerdir.



Enerjinin bir şekilde aktarılması ile başka şekilde aktarılmasının olasılıkları aynıdır. Tercih yapacak hiçbir şey yoktur. Bak sana iki atomun çarpışmasını göstereyim.”

Scrooge, Gölge'nin vücudundaki -eğer bu sahip olduğu şey bir vücutsa tabi- puslu sis içinden parlak ışık huzmeleri gelen bir pencerenin belirdiğini gördü. Bu pencere daha ziyade küçük bir televizyon ekranı gibi görünüyordu ve içinde hızla çarpışıp seken iki elektron görünüyordu. Çarpışıp sektikten sonra elektronlardan biri daha önce olduğundan belirgin biçimde daha hızlı giderken, diğeri daha yavaş gider hale geliyordu. Scrooge bu çarpışmanın televizyonunda sıkça gördüğü araçlar arasındaki dramatik çarpışmalar ile karşılaştırıldığında garip bir şekilde hayal kırıklığına uğrattıcı olduğunu düşünmeden edemiyordu.

“Şimdi de aynı çarpışmanın başka bir görüntüsüne bak,” diye ünledi yanındaki. Scrooge itaat ederek izledi. Çarpışmadan önceki ve sonraki hareketlerin hızları ve yönleri ilk seferkinden biraz farklı gibi görünüyordu ama bu fark pek de belirgin değildi. Hatta Scrooge iki görüntü arasında ayırım yapmanın imkanı olmadığını bile düşündü. “Bunların ikisi de aynı çarpışmayı gösteriyor fakat bir tanesini tersten oynattım. Bu ikisinden hangisinin doğru oynayan görüntü olduğunu söyleyebilir misin?”

“Hayır, söyleyemem,” diye karşılık verdi Scrooge. “Aralarında fark yokmuş gibi görünüyor. Her birindeki atom öbürüyle çarpışıyor ve tüm gördüğüm bu.”

“Doğru görüyorsun. Hangisinin doğru olduğunu söyleyemezsin. Ters olan, beklendiği üzere, tıpkı doğru olan gibi hareket ediyor. Bir ya da iki atoma baktığında, davranışlarında geçmiş ile gelecek arasında bir ayırım yapmanı sağlayacak bir fark yoktur. Elbette ki değişiyorlardır ve farklı zamanlarda farklı biçimlerde davranıyorlardır ama bir ileri gidiş, gelişme veya geçmişleri yoktur. İki atomun çarpışmasında *zaman okunu*, ya da *da* *ima* geleceği işaret eden hiçbir şey göremezsin.”

Gölge yürüdü ve saatin yanında durdu. Muhtemelen saate bakıyordu fakat bunu tam olarak söylemenin bir yolu yoktu. “Gerçek bir saatteki gerçek sarkaç, ondan beklediğimiz kadar düzenli hareket etmez. Sonsuza kadar sağa sola, ya da yukarı aşağı gidip gelmeyecektir. Bu saatler sonsuza kadar durmadan çalışacak olsalardı onları kurmamıza gerek kalırmıydı ki? İdeal

bir sarkaç tek bir atomdan çok daha karmaşık bir yapıdadır. Pek çok atom içerir ve bunların her biri toplam enerjinin az bir kısmını kullanır. Her atom enerjinin bir kısmını alabilir ve her biri bu enerjiyi farklı bir biçimde kullanabilir. Gerçek bir saat de enerji kaybedecek ya da daha ziyade kaybediyor görünecektir. Aslında bu enerji atomların algılanamayan rasgele hareketlerine harcanacaktır. Enerji mil yataklarındaki sürtünme ve hatta sarkacın hareket ettiği havanın direncinden dolayı bile çevreye dağılıyor olacaktır. Şu sarkacı dikkatle izle.”

Scrooge kendisini zorladı ve algılarının hassasiyeti karşısında şaşkınlığa düştü. Sarkacın salınımlarının yarattığı esintinin hışırtısını bile duyabilir hale gelmişti. Destek noktasından gelen gıcırtılı iniltiyi ve hatta mil yataklarındaki sürtünme sonucunda salınan sarkacın ısındığını, böylece çevresindeki sıcaklıktaki küçük artışları bile hissedebiliyordu.

“Şu anda algılamakta olduğun tüm etkiler sarkacın hareketine karşı koymaktadır. Hepsi de ondan enerji alıyor. Her bir salınımda sarkacın hareketi, sonunda en alt noktada hareketsiz kalıp durana kadar yavaş yavaş azalacaktır. Salınımda ortaya çıkan tüm enerji harcanacaktır çünkü diğer biçimlere dönüşecektir. Nereye giderse gitsin, enerji sonunda ısı haline gelecektir. Bu etki genellikle entropinin artması olarak bilinir,” diye ekledi Gölge. “Başlangıçta sahip olduğun her türlü faydalı ve ilginç enerji, eninde sonunda rasgele bir arka plan ısısı olmaya yazgılıdır.

“Entropinin bu düzenli artışı, enerjinin ısı olarak rasgele kaybolmasına ve çevre kısıtlamaları sonucunda enerjinin pek çok farklı biçim arasında serbestçe dönüşmesinin artık mümkün olmadığı durumda meydana gelir. Pek çok atomun ve bir kaç kısıtlamanın olduğu karmaşık durumlara bakarsan, gelecek ile geçmiş kolaylıkla ayırt edebileceğini görürsün. Daha önce izlediğin düşen meteoru düşün. Meteor dünyaya çarptığında, kinetik enerjisi pek çok farklı biçime dönüşmüştü; ses olarak, ısı olarak, rüzgarın ve yerin hareketi olarak. Bununla birlikte her bir biçimde, enerji sonunda ısı haline gelir ve tüm toplam etki, sıcaklıktaki küçük bir artışa neden olur. Bu ısının tekrar kinetik enerjiye dönüştürülmesi mümkün olamaz mı? Enerjinin giderek azaldığı tüm bu aşamalar, atomlar arasındaki etkileşimlere bağ-

lıdır ve bu tür etkileşimler geçmişî gelecekten ayıramaz niteliktedirler. Sürecin her adımı tersine çevrilebiliyorsa, tüm süreç de tersine çevrilemez mi? Olaylar şimdi sana göstereceğim gibi olmaz mı? Bak ve izle!"

Gölge konuşmayı kesti ve bir süre için sessizlik oldu. Scrooge kendisine söylendiği gibi etrafı izliyor fakat önemli hiçbir şey göremiyordu. Sonunda yakındaki kavrulmuş ağacın bir dalındaki çok küçük bir değişim dikkatini çekti. Fark edilmesi neredeyse imkansız bir biçimde, külle kaplı ağacın ucunda koyu siyah, küçük bir nokta ortaya çıkmıştı. Yavaş yavaş bu siyah parça büyüyüp genişledi ve üstünde küçük alevler belirmeye başladı. Alevler yanıp sönüyor ve titreşiyorlardı fakat oldukça donuk görünüyorlardı. Normal bir alevin verdiği ışığı bunlar vermiyordu. Scrooge bir süre sonra aslında bu alev ışımlarının *ışığı emdiklerini* fark etti. Bu 'anti-alevler' çevrelerinden ışık alıyor ve bu enerjiyi yeni canlı ağaçların oluşturulmasına harcıyorlardı. Karanlık alevler giderek yayılıp genişliyordu. Diğer dallar da siyah alevlere bürünmüşlerdi ve etraflarını saran havada hafif bir kıpırtı başlamıştı. Scrooge olayları izlerken, havanın esintisi meteorun çarptığı noktaya doğru sertçe esen bir rüzgara dönüşmüştü. Bu rüzgar ile baştaki titremeler, dalları yutan, çatırdayıp duran siyah örtülere dönüşmüşlerdi. Scrooge, normal alevlerin altında çatırdayıp patlayan ağaçlardan kaçan gazların, alevlerin etkisini ileri doğru taşıyor olsalar da, aslında gövdelerden içeri doğru ilerleyerek yanan dallar tarafından emildiklerini ve bu esnada da kararmış hallerini yavaş yavaş kaybettiklerini görünce şaşkınlığa düşmüştü.

Scrooge bir kez daha titreşen toprak üzerinde ilerlerken, zeminin meteorun çarpmış olduğu noktaya doğru hareket ederek dalgalandığını hissetmişti. Zemindeki titreşimler azalırken devrilmiş ağaçların hantal bir biçimde yerden ayrılıp tekrar kökleri üstünde sıkı bir biçimde dikildiklerini görüyordu. Ağaçların yanlarında yerlere düşmüş olan yanan dallar da birer birer havaya yükselip kendilerini ağaçlara ilâştiriyor ve bir kez daha bir bütün haline geliyorlardı.

Düzenli bir biçimde merkeze doğru hareket eden duman ve toz bulutu manzarayı kapatıyordu. Uzak bir yıldırımın yükselip kulakları sağır eden bir gürültüyle son bulan sesi duyulabiliyor-

du. Üzerine yağın tozlardan temizlemek için kafasını sallayan Scrooge, karmaşanın tam merkezine bakıyordu ve dumanla tozun atmosferden tamamen çıkıp gittiğini ve ağaçların hepsinin dimdik ayakta ve zarar görmemiş biçimde durduklarını gördüğünde şaşırıp kalmıştı. İlk baştaki karmaşanın merkezinde de düşmüş olan meteoru görüyordu; artık düşmüş gibi değil de yerden yavaşça yükselmiş gibi görünüyordu. Yoğun bir biçimde *siyahtı* ve yükselirken çevresinden muazzam miktarda ısı ve radyasyon emiyordu. Scrooge, söz konusu karanlık şeklin, bu tersine hareket eden alevli geçiş evresi boyunca ışığı nasıl emildiğini ve kısa sürede giderek solgunlaşıp bir bulut kümesinin ardında görünmez olana kadar nasıl gökyüzüne yükseldiğini izledi.

“İşte, bu” dedi yanındakinin sönük, kuru sesi: “Pek sık görmediğin bir şeydir herhalde bütün bu olup bitenler? Aslında hiç görmediğin şeylerdir belki de. Bu gösterim, zamanın tamamen tersine akmasının büyük ölçekte nasıl olacağını gösteriyor. Böyle bir olayın gerçekten meydana gelmesinin çok da olası olmadığını kabul etmek zorundayız.”

“Olası olmak mı?” diye karşılık verdi Scrooge. “Bu tamamen *imkansız*. Böyle bir şey asla olmaz.”

“Hayır, *imkansız* değil; yalnızca *olası değil*,” diye yanıtladı Gölge. “Böyle bir şey olmaz, seni temin ederim, fakat olmamasının nedeni tamamen *imkansız* olması değildir. Olmaz, çünkü enerjinin biraz önce gördüğüne benzer bir felaket sürecini geri çevirecek şekilde aktarımını önleyen bir takım evren kanunları vardır.

“Böyle bir şey için sadece ‘olası değildir’ diyemeyiz çünkü olası değil denen olaylar zaman zaman, seyrek de olsa meydana gelebilirler ama burada gördüğümüz gibi bir şey asla olamaz,” diye ayak diretti Scrooge. “Olası *değilden* ziyade, *imkansızdır*, ben de sizi temin ederim!”

“Senin yerinde olsam bu kadar emin olmazdım. Söylediğin konu, olası olmayan bir şeyin *nasıl* olduğuna bağlıdır. Bir piyango bileti satın aldığını düşün. Büyük ikramiyeyi kazanman pek olası değildir, ama *birisi* onu kazanacaktır. Bir sahilde kumlar içinden rastgele tek bir kum tanesi seçerek işaretli bir taneyi bulmayı denersen, başarılı olman pek olası değildir. Bu durumda, aynı şeyi deneyen başka birinin de başarılı olması olası değildir.



Biraz önce sana gösterdiğim tersine akış ise çok daha zor bir olasılıktır. Bunun gerçekte evrenin yıldızları arasında *herhangi* bir yerde, tüm geçmişi boyunca *herhangi* bir zamanda olmasının olasılığı, dünyanın *tüm* sahillerindeki kumlar arasından belirli bir kum tanesini bulabilme olasılığından *çok daha* azdır. Dediğim gibi, bu durum olası değildir.”

Scrooge’nin yanında duran gölge şekil muazzam sayıları düşünebilmek için bir süre konuşmasına ara verdi. Sonra derin bir iç çekip devam etti. “O kadar olanaksızdır ki, gerçekleşmeyeceğinden gayet emin olabilirsin fakat bunun nedeni hala olasılığın düşük olmasına bağlıdır. Bir şeyin olmaması *olamayacağıının* kanıtı değildir; yalnızca olasılıksız olduğunun ve bu nedenle de *meydana gelmediğinin* kanıtıdır. Peki imkansız olanı son derece olasılıksız olandan ayıran sınır nerededir?”

“Öyleyse,” diye söze girdi Scrooge, “enerjinin bir yöne aktarılması tıpkı diğer bir yöne kolaylıkla aktarılması kadar mümkün görünüyorsa ve bana gösterdiğiniz türden bir tersine çevirmenin aslında *olası* olduğunu da kabul ediyorsak, neden böyle bir tersine işleyiş olasılıksız ki? Temel süreçler tamamen ters çevrilebilirse, ki bana öyle olduklarını söylediniz, herhangi bir olayın bir şekilde olma ihtimali başka bir şekilde olma ihtimali-

ne eşittir diye düşünürüm. Öyleyse enerjinin ısı olarak dağılma olasılığı neden meteorun kinetik enerjisini aktarabileceği başka bir enerji formundan daha fazla?”

TERMODİNAMİK'İN İKİNCİ KANUNU

Termodinamiğin ikinci kanunu, yalıtılmış bir sistemde düzensizliğin her zaman artacağı şeklinde ifade edilir. Fiziksel bir kanun olarak bu kural genellikle doğru olsa da, bunu bir benzetme olarak kullanmak ve her şeyin yıkımla sonlanacağını söylemek tehlikelidir.

İstatistiksel mekanikte bu kanun, etrafımızda olanların büyük kısmından tamamen bihaber olmamıza dayanmaktadır. Her şey hareket halindeki atomlar ve moleküllerden yapılmıştır. Maddeyi tamamıyla tanımlayabilmek için (klasik, yani kuantum olmayan bakış açısından) *her bir atomun* hareket etmekte olduğunu söylememiz gerekir. Bu durum teknik olarak bir mikrodurum olarak adlandırılır fakat uygulamada bir mikrodurumdan başka bir mikrodurum hiçbir şekilde çıkartılmaz. Tek tek atomların neler yaptıklarıyla *ilgilenmeyiz*.

Enerjinin bir olası mikrodurumdan diğerine hızla aktarılmasının kolay olduğunu söylediğimizde, bu aktarımın her iki yönü de olasıdır. Termodinamiğin temel fikri, her olası mikrodurumun denge adına eşit miktarda olası olduğudur. Tek tek mikrodurumların farkında değilizdir ve onları aynı fiziksel sistem olarak büyük gruplar halinde görürüz. En olası sistem en çok sayıda mikrodurumu bir araya getirendir. Bu nedenle de en muhtemel nihai durum, çoğunluğun durumudur fakat işin içindeki sayılar o kadar büyüktür ki *en olası* durum aynı zamanda *tamamen belirsiz* olan da çıkabilir.

Temas halindeki sıcak ve soğuk cisimler için mikrodurum seçeneklerinin, aynı sıcaklıktaki iki cisim için olandan çok daha az olduğu gözlemlenebilir. Isı sıcak olandan soğuk olana akar. Süreç içinde sıcak olan soğur ve soğuk olan da ısınır, böylelikle sonunda sıcak ya da soğuk olan kalmaz ve her şey *aynı sıcaklıkta* olur. İşte bu da **Isı Ölümü**'dür.

“Yani aslında hiçbir durum diğerlerinden daha olası değildir,” diyerek bitirdi konuşmasını donuk sesli Gölge.

“Saçmalık!” diye karşılık verdi Scrooge. “Kendinizle çelişiyorsunuz. Önce bana tüm enerjinin meteorun uçuşuna geri verilmesinin hiç olası olmadığını söylüyorsunuz ki bu tür bir şeyin meydana geldiğini hiç görmediğim için buna bir nebze inanabilirim. Ama şimdi, tutmuş bu tür bir dönüşümün tüm enerjinin ısı olarak dağıldığı nihai bir durumdan daha az olası olmadığını söylüyorsunuz. Bu bana hiç mantıklı gelmiyor. Hem deneyimlerim hem de sizin önceki ifadelerinizle çelişiyor.”

“Muhtemelen öyle görünüyor fakat söylediğim şeyler doğru. Enerjinin ısı olarak dağıldığı *belirli* bir nihai duruma ulaşma ihtimali, olmuş bitmiş bir olayın başlangıç koşullarına dönme ihtimalinden daha fazla olası değildir. Bununla birlikte, böyle bir durumda da etraftaki *bütün* atomların hareketliliğini sürdürdüğünü söylemek zorundayız. Bu tür bir durum, her bir atomu ve mikroskobik seviyede nasıl hareket ettiklerini *tam* olarak tanımlamak zorundadır. Söz konusu ayrıntılı tanım genellikle *mikro-durum* olarak adlandırılır. Çok kesin biçimde tanımlanmış böyle herhangi bir an hiç olası değildir. Bununla birlikte, bu tür çok, pek çok olası durum vardır ve hepsi de sana tamamen aynı görünürler. Ayrıntı düzeyinde ya da ona yakın bir düzeyde neler olduğunun asla farkında olmazsın. Böyle bir rasgelelik durumuna gelmiş olan her cisim için birbirinden ayırt edilemeyecek olası pek çok durum vardır.

“Cismin iç koşulları bir durumdan diğerine ne kadar çok değişebilse ve herhangi bir durum bir başka durum kadar olası olmasa da, cismin ayırt edebileceğin *nispeten çok az* sayıdaki tanıdık durumlarından birine geri dönmesi ihtimali düşüktür. Bunun olması *imkansız* değildir fakat olası değildir çünkü koşullar böyle bir gelişmenin çok aleyhinedir.

“Enerjinin bütün atomların rasgele hızlanmış hareketleri anlamına gelen ısı olarak dağıldığı koşul, açık ara *en olası* ihtimaldir. Pratikte de bu durum, tüm enerjinin er ya da geç ısı olarak dağılacağı anlamına gelir ve bu aşamaya gelindiğinde de genel olarak madde *öylece kalır*. **Isı Ölümü** evrenin nihai kaderi gibi görünmektedir.

3 . B Ö L Ü M

Isı Ölümü

Isı Ölümü” diye tekrarladı kelimeleri Scrooge, korkuyla. Bunun bu geceki tren yolcuğunun son durağı olduğunu hayal etmişti kafasında ve şimdi tekrar duyduğu bu deyim oldukça ürkütücü geliyordu. “Bu deyim korkunç. Mahşer gününü andıran bir geleceğin görüntüsü gibi geliyor bana. Bilimin bizler için alevli bir son tahmin ettiğini mi söylüyorsunuz yani? Cehennemin ortaçağdaki alevleri gibi..?”



“Asla,” diye yanıtladı yanındaki derin ses. “Bu deyim o anlama gelmiyor. Yoğun bir ateşle ani bir ölümden bahsetmiyorum bunu söylerken. Daha ziyade ısının ya da en azından sıcaklıkta-

ki her farkın kendisinin ölümünden bahsediyorum. Evrenin şu andaki halinde sıcak ile soğuk arasında büyük bir çeşitlilik bulursun ve yaşamın kendisi de dahil olmak üzere, dünya üzerindeki tüm devinim çeşitliliğini sağlayan da bu farklılıklardır. Nihai Isı Ölümü'nde bu farklılıklar ortadan kalkacak ve Isı Ölümü'nü 'Ilık bir ölüm' olarak adlandırmak daha doğru olacaktır.

"Senin şu dünyanın üzerindeki yaşamın ve deviniminin temel kaynağı Güneş'tir; ışınlarını dünya üzerine gönderen şu yanan top. Güneş'ten gelen ışık bitkilerin gelişmesini sağlar. Hayvanlar, bu bitkileri ve bazı durumlarda da bitkileri yiyen diğer hayvanları yer. Her iki durumda da onların hareket etmesini ve yaşamasını sağlayan enerjinin kaynağı Güneş'ten gelir. Güneş'ten gelen enerjinin bir kısmı da, geçmiş zamanlarda bitkilerin içine hapsolmuş olan ve bu bitkilerin daha sonra fosil yakıtları, kömür ve petrol olarak adlandırdığın maddeleri oluşturacak şekilde çürümeleriyle ortaya çıkar. Bu tür yakıtlar şimdilerde arabalarınızı ve endüstriyi çalıştıran ve böylesine bolca kullandığınız elektrik enerjisinin büyük kısmını üretecek gücü sağlamaktalar."

"Enerjimizin tamamı bu tür yakıtlardan gelmiyor ki," diye karşı çıktı Scrooge. "Sizi temin ederim, büyük bir kısmı oradan geliyorsa bile bir kısmı da güneş santrallerinden ya da hidroelektrik santrallerinden, rüzgar tesislerinden ve nükleer enerjiden geliyor."

"Bu bahsettiklerinden ilk üçü yine Güneş'ten besleniyor. Bunların elde edilmesinde Güneş enerjisinin söz konusu olduğu çok açık. İlk ikisi havanın durumundan besleniyor, yani dünyanın etrafındaki rüzgarların ve suların hareketlerinden. Bu hareketlere de sıcaklıktaki farklılıklar neden oluyor; örneğin Dünyanın Güneş tarafından ısıtılan gündüz tarafı ile karanlık içindeki gece tarafı arasındaki ısı farklılıklarından.

"Son örneğin olan nükleer enerji ise oldukça farklı bir kaynak. Bu kaynak Güneş'ten gelen enerjiden beslenmiyor. Güneş ışığındakinden çok daha fazla bir enerji konsantrasyonun bulunduğu atom çekirdeklerinin içindeki enerji seviyelerinden besleniyor. Bu durumdaki etkin enerji, Güneş ışınlarının sahip olduğu enerjiden çok daha yüksektir."

Gölgenin iri silueti, etrafı aydınlatan soluk güneş ışığının altında ayağa kalktı. Işık üstüne düşüyor ve hiç yansımada tama-

mıyla kayboluyordu. Yeni öğrenmiş olduğu bilgilerle Scrooge, Güneş'ten gelen ışık ve gücü tamamen bünyesine alan Hayalet'in, her zaman daha fazlasını istiyor olmasını, Dünya'nın bir alegorisi olarak algılıyordu. Scrooge'nin bu düşünceleri soluk görünümlü Gölge tarafından da tekrar edildi:

“Gördüğün gibi enerji sürekli daha yüksek sıcaklıklardan daha soğuk alanlara akar. Bu nedenle de bu süreçte sıcak bölgeler daha soğuk ve soğuk bölgeler de daha sıcak hale gelir. Sonunda hepsi aynı sıcaklıkta olacaklardır. Bu durumda tüm bölgeler denge halinde olacaktır ve böylelikle aralarında net bir enerji akışı olmayacaktır. Er ya da geç her şeyin aynı sıcaklıkta olacağını beklemek en doğru çıkarımdır. Bu durum her maddedeki atomların ortalama olarak aynı enerji ile hareket edeceği anlamına da gelir.”

Gölge Scrooge'ye daha da yaklaştı ve genellikle donuk ve vurgusuz olan sesi neredeyse canlı bir tona kavuşmuş gibi çıktı: “Büyük ölçekte, yani farkında olduğun makroskopik ölçekte, her şeyi nihai, korkunç, toplu bir ayniyet bekliyor. Geleceğe bakıp bunu görebilirsin; can sıkıcı olacak.

“Söz konusu durum mikroskobik ölçekte her şeyin aynı olacağı anlamına da gelmez. Böylesi bir seviyede herhangi bir cismin içindeki atomların tümü aynı enerjiye sahip olmayacaklardır. Enerji değiş-tokuşuna devam edecekler, kimisi enerji alacak, kimisi kaybedecek ve böylece durmadan bir dahili hareket durumundan diğerine geçecekler fakat bütün bunlar senin için tamamen fark edilmez olacaktır.

“Durağan haldeki ve aynı sıcaklıktaki madde blokları sana tamamen hareketsiz görünebilir. Hiçbir şey yapmıyorlar ve değişmiyorlardır ya da en azından öyle görünüyordur. Bununla birlikte bu durum yalnızca dışarıdan görünüşdür. Meydana geldikleri maddeler hala hareketlidir; aslında her bir atom, kendilerinde büyük değişimler meydana geldiğinde görülebilen derecede hala etkin olacaklardır. İçeride, maddenin atomları birbirleriyle çarpışmaya da devam edeceklerdir. Bir atom enerji kaybedecek ve bir başkası kazanacaktır. Bu durum, enerjinin sonsuza kadar değişim içindeki atomlar arasında paylaşılmasıyla durmaksızın devam eder. Her şey sabit sıcaklıkta olduğunda da, atomlar arasında, şu meteorun Dünya'nın yüzeyine çarptığında

aktardığı kadar çok enerji yine olacak fakat bu enerji daha fazla yayılmış durumda bulunacağından etkileri sana böylesine açıkça görünmeyecektir.”

Gölge bir an durdu ve Scrooge’ye dikkatlice baktı. Scrooge’ye daha önce anlaşılmaz bir siluet tarafından böylesine dikkatle hiç bakılmadığından, bu deneyimi her nedense hala ürktücü buluyordu. “Enerji sonunda tüm atomların rasgele hareketleri arasında aşağı yukarı eş bir biçimde dağılacak. Bu söylediğim, mutlak bir kanun nedeniyle olmayacaktır. Bunun nedeni, böyle bir sonucun gerçekten başka bir biçimde ortaya çıkma imkanı olmayan ve sistemin içerisindeki diğer pek çok birbirinden ayırt edilemeyen mikrodurumları kapsayabilecek yegâne sonuç olmasıdır.

“Nihai durum için her bir mikrodurumun aynı olması olanaksızdır. Her atomun nasıl hareket etmesi gerektiğini tanımlayacaksan, tahminlerinin doğru çıkması *inanılmaz ölçüde* olasılık dışıdır. Çok büyük sayıdaki olasılıklar arasından herhangi belirli birinin gerçekten meydana gelmesi son derece ihtimal dışıdır. Fakat yine de *bir şeyler* meydana gelecektir -bunu garanti edebilirsin. Hangi durum meydana gelirse gelsin, çok uzun sürmeyecek ve diğerlerine dönüşecektir çünkü enerji hala aktarılmaktadır. Atomların nasıl hareket edeceklerini ayrıntılı biçimde tahmin edemezsin fakat sahip oldukları enerjiyi bir şekilde aralarında bölüşerek hareket etmeyi sürdüreceklerdir. Dünya’nın mikrodurumları her zaman olduğu kadar sık değişmeye devam etse de sana hepsi aynı görünecektir. Bu değişimlerin belirgin bir dış etkisi de olmayacaktır. İşte burası önemli olan nokta; tek tek atomların davranışlarını izleyemezsin, yalnızca onların *ortalama* davranışlarını, sıcaklık olarak adlandırdığın *ortalama* enerjilerini fark edersin ve bu da hemen hemen hiç değişmeyecektir.”

“Bir dakika durun,” diye karşı çıktı Scrooge. “Enerjinin düzgün biçimde dağılacığını çünkü bunun olabilmesinin pek çok yolu olduğunu söylüyorsunuz fakat neden böyle olması gerektiğini tam olarak açıklamıyorsunuz? Enerjinin tüm bu atomların hareketleri arasında böylesine rastlantısal biçimde yayılması neden bu kadar olası?”

“Bu bir serbestlik sorunu. Bir cisim bir yerden başka bir yere hareket ediyorsa, bu belirgin ve görünür harekete bağlı olan bir

miktar kinetik enerji var demektir. Cisim atomlardan meydana geldiğine göre, her bir atoma ait kinetik enerjinin bir kısmı bu hareketlere bağlıdır.”

“Benim de anlamadığım işte bu nokta!” diye araya girdi Scrooge. Gölge, kendisini daha az akıllı hissetmesine neden olacak yeni bir açıklamaya başlamadan önce, bu konuyu netleştirmek istiyordu. “Enerji ısı olarak kaybolduğunda, ya da ısı olarak hapsedildiğinde mi demeliyim, cisimdeki tüm atomlar arasında dağıtıldığını söylüyordunuz. Şimdi ise hareketli bir cismin kinetik enerjisinin de atomlar arasında dağılacağını söylüyorsunuz. Bunlar arasındaki fark ne?”

“Dediğim gibi, bu bir serbestlik sorunu. Atomlar hareketli cismin kinetik enerjisini kendi aralarında paylaştıklarında, bu enerjiyi paylaşmak konusunda tamamen serbest değillerdir. Atomların hepsi cismin hızı ile aynı ortalama hızda hareket etmek *zorundadırlar* çünkü her bir atom bütünü bir parçasıdır ve arkada kalmaz ya da diğerlerinden önde olamazlar. Seçenekleri yoktur. Isı söz konusu olduğundaysa, atomlar rasgele ve birbirlerinden bağımsız olarak hareket edebilirler. Pek çok atom vardır ve her biri az ya da çok enerji sağlamak ve istediği yönde hareket etmekte özgürdür. Herhangi bir atomun hareket edebileceği olası yolların sayısı oldukça fazladır; aslında çok fazladır ve eğer bu hareketlerin tümü bağımsız olursa, bir atomun davranışı bir başkası için mümkün olan seçenekleri sınırlandırmayacaktır. Görebileceğin kadar büyük herhangi bir cisimde çok fazla sayıda atom vardır ve tüm olası hareket durumlarının permütasyonları yani cismin tüm olası mikrodurumlarının sayısı gerçekten çok büyük bir sayıdır. Bu sayı, birlikte hareket etmeye zorlanan atomlar için mevcut olan olasılıkların sayısından inanılmaz ölçüde fazladır çünkü bunlar hareketli bir cismin kinetik enerjisini de paylaşıyorlardır. Sonuç olarak, etrafta rasgele dolanan pek çok atomun şans eseri bu şekilde birlikte hareket etmeleri olmayacak şeydir. Belki *olabilir* fakat emin bir şekilde söyleyebilirsin ki bunun olma olasılığı çok *düşüktür*.

“Sorun her bir atom için pek çok seçeneğin bulunması ve bu nedenle de belirli bir tanesini seçmenin hiç de mümkün olmamasıdır. Bir labirentte kaybolduğunda ve amaçsızca oraya buraya hareket ettiğinde karşına çıkacak olan soruna benzer bir du-

rumdur bu. Gördüğün gibi, ne kadar çok oda varsa, bir yerden bir yere gitmenin o kadar çok yolu vardır ve çıkışı bulmak o kadar zorlaşır.”

Gölgenin sözleri bittiği anda Scrooge kendisini bir masa ve dört sandalyenin ve ayrıca dört de resmin bulunduğu bir odada buldu. Odanın dört kapısı vardı. Bir tanesini açtı ve birdenbire kendini kasvetli bir kır manzarasının ortasında, Gölgenin yanında dururken buldu.

“Bu pek de zor olmadı doğrusu,” dedi Scrooge. “Seçtiğim ilk kapı beni buraya getirdi.”

“Bunun nedeni yalnızca bir oda olmasıydı,” diye karşılık verdi Gölge. Dediğim gibi, ne kadar çok oda varsa iş o kadar zorlaşır. Yüz tane oda olduğunda çıkışı bu kadar kolay bulabilecek misin bakalım?”

Scrooge tekrar kendisini az öncekine benzer bir başka odada buldu. Bir masa ve dört sandalye vardı, duvarlarda aynı dört resim ve yine dört kapı vardı. Scrooge rasgele bir kapıyı seçip diğer odaya girdi. Kendisini bir masa ve dört sandalyenin olduğu bir başka odada buldu. Hemen bir kapı seçip tekrar girdi. Yine bir masa ve dört sandalyeli bir başka odadaydı.

Scrooge hızla odadan odaya gidiyordu. Her bir kapı onu daha öncekinin aynısı gibi görünen bir başka odaya çıkarıyordu. Bir süre sonra belli bir plana uyarak ve hep soldaki ilk kapıdan geçerek ilerledi. Bu duruma yüzden fazla odadan geçmiş olduğunu düşünene kadar devam etti fakat yine de çıkıştan hiçbir iz yoktu. Odalar birbirinin aynısı olduğundan, söylemesi zor da olsa, aynı odalar arasında çember çizip durduğuna ikna oldu. Böyle düşününce de kapıları rasgele seçmeye başladı fakat yine başarılı olamadı. Kendisini birdenbire yine Gölgenin yanında bulduğunda artık hareket etmekten yorulmaya başlamıştı.

“İşte,” dedi Gölge. “Bir labirent yüz tane odaya sahipse kolay kolay çıkamazsın. Bir odaya göre yüz kat daha uzun sürdü çünkü rasgele hareket ederken aynı odalardan pek çok olduğunu sen de fark ettin. Bir labirentten hızla çıkmak için, bir takım planları takip edersin ama atomlar bunu yapamazlar. Hafızaları yokur ve yoldan çıkmamak için ekmek kırıntılarını takip etmeye benzer bir şey de yapamazlar. Atomların hareketleri tamamen şansa dayalıdır ve önlerinde yalnızca yüz olasılık değil, milyon-

lar, milyonlar ve milyonlarca olasılık vardır. Pratikte onlar için kaçış yoktur.”

“Tüm bu farklı termal durumların birbirlerinden ayırt edilemeyeceklerini söylediniz,” dedi Scrooge, Gölge’nin sorularının yönünü değiştirmek isteyerek. “Bu nasıl olabilir ki? Bir cismin içinde bu kadar etkinlik ve farklılık varsa, baktığın zaman etkinlikler mutlaka belirgin olmak zorundadırlar.”

“Hayır,” diye yanıtladı yol gösterici. “Aslında ortalama davranışı göremezsin. Yalnızca yerel farklılıklar olduğunda fark edersin –ve bunları da yalnızca algılayabildiğin ölçekte meydana gelirlerse görürsün. Dünyayı algılayışın puslu ve belirsizdir. Tamamen karanlık olan bir odadaysan, ‘hiçbir şey göremiyorum’ dersin. Gözlerine doğru bir ışık tutulursa, bu sefer de ‘ışık çok parlak, hiçbir şey göremiyorum’ dersin. Bu iki durum kesinlikle görebildiğin ışığın iki farklı uç noktasıdır fakat her durumda hiçbir şey göremezsin çünkü kontrast yoktur. Dahası, bir şeyin genel görünüşüne bakarsan, tüm ayrıntılar dengelenir ve yine hiçbir şey göremezsin. Renkli bir resimdeki tek renkli geniş bir alana bakarsan, orada hiçbir şey olmadığını söyleyebilirsin fakat aslında bu renkli alan göremeyeceğin kadar ufak, farklı temel renklerdeki minik noktalardan oluşmuştur. Yalnızca toplam tek etkiyi görürsün.

“Herhangi bir cismin sahip olduğu enerji, yalnızca bu cisim, etrafındaki diğer cisimlerden çok daha fazla enerjiye sahip olduğunda ya da tam tersine çok daha az enerjiye sahip olduğunda belirgindir. Tespit edebileceğin ölçekte bir kontrast olduğunda görünür hale gelir. Bu tıpkı şu senin çok övündüğün mallara sahip olmak gibidir. Dairen, araban, sahip olduğun araçların her bir parçası en yüksek kalitededir ve bu da senin başarından emin olmanı sağlar. Böyle hissedersin çünkü *sen* bunların hepsine sahiptir fakat başkaları sahip değildir. Böyle mallara sahip olmak şansı herkes için eşit miktarda olsaydı ve herkes seninle aynı şeylere sahip olsaydı, onlar statü sembolleri olmazlardı ve belki de onlarla hiç ilgilenmezdin bile. Bu durum farklılıklar nedeniyledir çünkü sen onlara sahiptir ve başkaları sana önemli gelen bu şeylere sahip değillerdir.

“Enerji için de durum aynı böyledir. Enerji belirli bir yerde ya da etkinlikte yoğunlaştığında ve buradaki atomların ortalama

davranışları enerji yoğunluğu nedeniyle başka bir yerdeki ortalama davranışlarından farklılık gösterdiğinde çarpıcı bir durumla karşı karşıya kalırsın. Bu da senin farklı olmak olarak tanımladığın şeydir. Düşen meteor tarafından taşınan enerji daha sonra etrafındaki atom ve moleküllerin hepsinin hareket enerjisi olacak şekilde etrafa dağıldı. Böylece bölgedeki ortalama enerji başka bir yerlerdeki ile aynı hale geldi ve bu nedenle de artık belirgin değildi. Gel de sana göstereyim.”

Scrooge ileri doğru bakarken bu sözlerle birlikte arkasını döndü ve tam o sırada Gölgeyi başından aşağı doğru inerken gördü. Karşı koyamadan, Gölgenin puslu hacmi tarafından tamamen kaplanmıştı. Her şey soluklaşmıştı ve artık etrafındakileri göremiyordu. Bir an için yön hissini kaybetmiş olsa da, bir süre sonra görüşü nispeten açıldı. Tamamen net biçimde göremiyor, etrafındaki şeyler hala çok bulanık ve puslu görünüyordu. Etrafına bakındığında hiçbir şeyi tam olarak seçemiyordu. Sonra aşağı doğru baktı ve belli belirsiz hissettiği yön kaybı hissi birden yoğun bir baş dönmesi hissine dönüştü. Altında bir şehrin caddeleri ve binaları olduğunu farkediyordu. Etrafındakiler bulanık ve belirsiz görünüyordular çünkü *bulanık* ve *belirsizdiler*. Görünüşe göre, Dünya yüzeyinden çok yukarılarda bir bulutun içinde yüzüyordu.

Çılgına dönmüş bir şekilde etrafındaki belli belirsiz buharı yakalamaya çabalıyor ve kendisinin dosdoğru çok aşağılardaki ölümüne doğru düşmesini engelleyecek bir şeyler bulup tutunmak istiyordu.

“Sakin ol!” diye donuk, mırıltılı bir ses geldi yanı başından. “Sakin ol, düşmeyeceksin. Tüm bunlar bir hayal ve tehlikede değilsin.” Scrooge sesin geldiği yere doğru baktı ve bir bulut kümesinin üstünde, birazcık daha koyu olan bir duman parçasının rahatça uzanmakta olduğunu gördü. Gölge hala onunla birlikteydi ve buhardan faytonuna uzanmış vaziyette çok rahat görünüyordu. “*Öyleyse,*” diye düşündü Scrooge kendi kendine, “bu şey bulutlardan daha katı görünmediğine göre şu anda kendisini evinde gibi hissediyor olmalı.”

Bu düşünceler aklından geçip gittikten sonra, düşmediğine ve aslında düşmeyeceğine kuvvetle ikna oldu ve artan bir güvenle dikkatini aşağıdaki manzaraya verdi. İlk panik dakikala-



®

rında belirlediği gibi, bir şehrin oldukça üzerinde süzülüyordu. Caddelerin ve meydanların hatları ile binalar arasından akan bir nehrin çizgisini görebiliyordu. Bir kilise, normalden daha büyük bir boyutta bir iş merkezi vardı ve genel olarak gri renk baskındı.

Artık bakmaktan korkmadığı aşağıda büyük bir meydan görünüyordu. Üzerinde, bir karınca yuvasının ağzındaki tepede koşturup duran karıncaları gözlemlendiğinde görebilecek türden, neredeyse sürekli hareket halinde olan noktalar vardı. Bun-

ların ne olduklarını aşağı yukarı fark etmiş ve aslında şehrin sakinlerinin işleri için koşturup dururken onları izliyor olduğunu anlamıştı. İzledikçe, hiç şüphesiz bunların meydandan geçip giden farklı insan grupları olduklarını ve bazılarının bir yerden başka bir yere aceleyle gidiyor olduklarını görüyorsa da, Scrooge'nin bu yüksek izleme noktasından izlediği manzara aslında aynı görünüyordu. Her bir hareketli noktanın bir kişi olduğunu ve hepsinin sonuçta diğerlerinden gayet farklı hareket ettiğini biliyordu. İnsanlar arasındaki farklılıklar aslında birbirlerine çok benzeyen atomlar arasındakilerden çok daha büyüktü ama bu insanların tümü de uzaktaki bir izleme noktasında aynı görünüyordular.

Manzarayı bir süre izleyen Scrooge, neredeyse sonsuz bir çeşitliliğin net biçimde görülmediği bir bakış açısından nasıl tek düze bir ayniyet olarak gözlendiğini idrak etti. İnsanların her biri Scrooge'nin görüş alanından aceleyle gelip geçiyorlardı fakat manzaradaki küçücük bir dalgalanma dışında bunların hiçbiri detaylı olarak görünmüyordu.

Birden altındaki manzarada belirgin bir değişiklik olduğunu fark etti. Aşağıdaki meydan boyunca bir tür sabit hareket vardı. Manzara boyunca, aşağıdaki şehirde sanki emekleyen tek bir cisim gibi düzenli biçimde hareket eden, bir araya gelmiş noktalar grubu görüyordu. Kendi kendine genel anonimlikten böyle sapmaya neyin neden olduğunu sordu ve birden nedenini idrak etti. Bir gurup insana tepeden bakıyordu. Pek çok insan hep birlikte ortak bir yön ve amaç ile ilerliyor ve önde yürüyen bando tarafından çalınan müzikle ilerliyordu. Scrooge önemli olan noktayı fark etmişti. Guruptaki insanlar aslında, daha önce izlemekte olduğu belirsiz kalabalıktaki insanlardan daha hızlı ya da enerjili hareket etmiyorlardı fakat onları fark etmişti çünkü hepsi birlikte hareket ediyorlardı; her birinin hareketi her iki yandaki yürüyenlere uyacak şekilde düzenlenmiş gibiydi. Aslında her yönde hareket etme özgürlüklerinin olmaması nedeniyle fark edilebilir olmuşlardı. Mikropskopik ölçekte, atomlar arasında sürekli bir etkinlik ve çeşitlilik olabilse de, uzaktan bakıldıklarında nasıl tamamen aynı görünebileceklerini anlamaya başladı.

Bu yeni fikri, gözlem sonuçlarını onaylayan ve yanı başında tamamen tepkisiz bir duruş sergileyen arkadaşına söyledi.

“Aşağıdaki şehirde hareket eden insan gurubunun bulanıklığının nedeni büyük bir çeşitlilik gösteren bireylerden meydana gelmiş olmaları derken, kesinlikle haklısın. Hadi farklılıklarını belirgin hale getirmek için aralarına inelim.” Gölge konuşurken, Scrooge’nin desteğine giderek güvendiği bulut, ani bir rüzgarla birdenbire dağıldı. Kol ve bacakları delicesine boşlukta sallanıyordu ve Scrooge kendisini daha önce korktuğu yere doğru uzun bir düşüş halinde hızla inerken buldu. Yaklaştıkça hatları giderek belirgin hale gelen zemine tepeden bakıyor fakat düşündüğünden daha yavaş iniyordu. Sonunda, altındaki ev ve ağaçların normalden daha yavaş *yaklaştıklarını* ve düşen bir yaprak gibi inmekte olduğunu fark etti. Ayakları sonunda şehrin zeminine değdiğinde, hemen hiç çarpma sarsıntısı hissetmedi.

Scrooge ara sıra dikkatini gelip geçen bazı insanlara çeken Gölge ile birlikte caddelerde sağına soluna bakınarak ilerlemeye başladı. Beyaz saçlı fakat sağlıklı parlayan bir çehreye sahip yaşlı bir adam gördüler. Adam gençleri bile utandıracak bir enerjiyle yanlarından koşarak geçti. Tekerlekli sandalyeli genç bir adam gördüler, cansız suratı üzücü felç durumunu yansıtıyordu. Başka genç bir adam gördüler, bu seferki kesinlikle sağlıklıydı. Sakince ve sabırla, bir torbaya yerleştirdiği yamaç paraşütünü andıran nesneyi arabasının arkasına sıdırmaya çalışıyor, arabanın içinde daha önceden yerleştirdiği anlaşılan dalgıç tüpleri görülüüyordu. Daha sonra Hayalet, sigarasının izmaritini söndüren orta yaşlı bir adamı işaret etti. Tam yanından geçerlerken, adam şiddetli bir öksürük kriziyle karnına doğru katlandıysa da, sonra normale dönüp hemen başka bir sigara daha çıkarıp yaktı.

Gördükleri pek çok kişi genellikle Gölge’nin Scrooge’ye göstermek için seçtiği insanlardı ve boy pos ve görünüş bakımından çeşit çeşittiler. “Yeter!” dedi Scrooge. “Yeteri kadar gösterdiniz. Yakından bakınca tüm insanların yaşları sosyal sınıfları ve yaptıkları hareketler bakımından çok farklı olduklarını kesinlikle kabul ediyorum. Bu çeşitliliğe bakan ve özelliklerini anlayan biri, hala hepsinin aynı olduklarını nasıl söyleyebilir ki?”

“Şu pencereye bakınca da mı?” diye ısrar etti Gölge. Scrooge hemen yanlarındaki binaya doğru baktı fakat pencere karanlıktı ve kendi yansıması dışında bir şey göremedi.

“Hiçbir şey görmüyorum,” diye karşı çıktı. “Yüzüm dışında hiçbir şey.”

“Öyleyse sorduğun sorunun cevabını görüyorsun,” diye devam etti Gölge. “Sen Scrooge, sana gösterdiğim bütün bu insanları tanıyorsun ve yine *sen*, hepsinin aynı olduklarını düşünüyorsun. Sana sigorta yaptırmak için başvurduklarında her biri hayatlarının bütün ayrıntılarını sana anlatıyorlar ve sana göre hepsi hala aynı görünüyorlar. Pek çok farklılıklarına rağmen, her biri muhtemelen Kabul Edilemez bir riskten başka bir şey değil senin için. Yalnızca kalabalıktan uzak kalmış olmak, bir insanın dar görüşlü olmasının tek nedeni olamaz.”

Scrooge pek çok durumda insanların sayısız farklılıklarını görmezden geldiğini kabul etmek zorundaydı. Onlarla yüz yüze konuşurken bile, genellikle yalnızca işini ilgilendiren şeylere konsantre olurdu.

“Pekala,” diye devam etti Gölge, “Eğer tüm farklılıklarına rağmen, hiçbir özelliği olmayan bir kalabalık birbirinden farksız insanlardan oluşuyormuş gibi görülebiliyorsa, atomların neşeli termal danslarını fark etmemek ne kadar kolay değil mi? Bir katının içindeki çeşitli ve durmaksızın değişen etkinliğin hiçbir işareti göremeyebilir ve cismin ilgi ve özellikten yoksun, cansız, homojen bir kütle olduğunu düşünebilirsin. Denge durumunda olan böyle bir cismin içindeki enerji, farklı atomların rasgele hareketleri arasında hiç fark edilmeden ve tamamen tuzağa düşmüş biçimde sonsuza kadar dönüşüp durabilir. Yalnızca bir durumla kısıtlanmış ve bu duruma yoğunlaşmış enerjinin etkilerini görürsün ki bu da düşük bir entropiye sahiptir. Böyle enerjiler bazen görülebilir sonuçlar meydana getirebilir. İşte bu enerji *kullanılabilir enerjidir* ve toplam enerjinin, senin gibi bilinçli ve enerjik insanların arzulayabileceği şeyleri meydana getirmek için kullanılan oranıdır. Kullanılabilir enerji hala senin denetleyebildiğin ve atomların kaygısız termal danslarının bir parçası olmayan enerjidir. Senin amaçlarına hizmet edebilir ve senin faydalı olarak sınıflandırdığın ‘her şey birbiriyle uyum içerisinde olmalı’ türünden tasnifler için kullanılabilir.”

“Öyleyse bu iki tür enerji formu arasındaki fark nereden geliyor?,” diye sordu Scrooge. “Neden bir kısmı faydalı amaçlar için kullanılabilir da bir kısmı kullanılamıyor?”

“Güzel bir soru!” diye yanıtladı Gölge. “Neden yeteri kadar düzenli ve sınırlanmış enerji kullanılabilir olarak sınıflanır ki? Bu düzeni başlatan ilk neden nedir? Bunların hepsi zor sorular. Bu ayrım hiçbir şekilde mutlak değildir ve Termodinamik’in İkinci Yasası uyarınca, kullanılabilir enerjiyi her kullanma girişiminde bir kısım enerji daima termal havuza katılır ve böylece de entropiyi, yani evrenin genel düzensizliğini artırır. Enerjiyi bir amaca ulaşmak için herhangi bir şekilde kullandığın her durumda, ilk başta kullanılabilir durumda olan enerjinin bir kısmını kaybedecek olmak acı fakat kaçınılmaz bir gerçektir. Herhangi bir cihazda enerji sıcaktan soğuğa akar ve ikisi de birbirine benzer hale gelir.”

“Fakat ısı her zaman sıcak bölgelerden soğuk bölgelere akamaz ki,” diye itiraz etti Scrooge. “Mutfağımda, ürettiği soğuğu daha sıcak ortama pompalayan bir buzdolabı var.”

“Bazı cihazlarda az miktardaki ısıнын söylediğin gibi ters yönde akabiliyor olduğu doğrudur. Bir buzdolabında ısı kuşkusuz soğutucudan alınıp daha sıcak olan kabine pompalanır fakat bu olurken çok daha fazla miktardaki enerjinin soğutucuyu çalıştırmak için dönüştürülmek zorunda olduğu unutulmamalıdır. Buzdolabında soğutulan gıdalardaki düzensizliğin azalması, elektrik enerjisinin rasgele ısıya dönüştürülüp kabine verilmesiyle oluşan entropi artışına oranla devede kulak kalır. Örneğin bulunduğu odayı soğutmak için buzdolabının kapısını açık bırakmak anlamsız bir harekettir çünkü buzdolabı *her zaman* soğuttuğundan daha çok ısı salar. Bir odayı bu yolla soğutmak istiyorsan, fazla ısıнын başka bir yere atılmasını sağlamak zorundasın. Her zaman ve değişmez biçimde herhangi bir makine ya da motor çalıştırdığında enerji kaybedilecektir. Enerji korunduğu için de bu enerji yok edilemez fakat içinden çıkmanın hiçbir imkanı olmayan ve giderek büyüyen termal havuzda hapsolür.

TERMODİNAMİK KANUNLARI

Termodinamik’in üç kanunu vardır. Birinci ve ikinciden daha önce bahsedildi, üçüncüden pek sık bahsedilmez ve büyük ölçüde kanun toplamını üçe çıkarmak için dahil edilmiş gibi görünür. Da-

ha sonra göreceğimiz gibi, Newton'un da üç hareket kanunu vardır. Bu sayı popüler bir kanun sayısı gibi görünmektedir.

Birinci kanun: Kapalı bir sistemin enerjisi sabittir.

İkinci kanun: Kapalı bir sistem bir durumdan başka bir duruma geçtiğinde, entropisi artma eğilimdedir. (Entropisi ya artar ya da belki aynı kalabilir.) Fazla enerji ısı haline dönüşür ve yüksek sıcaklıktaki bölgelerden daha soğuk olan bölgelere akar.

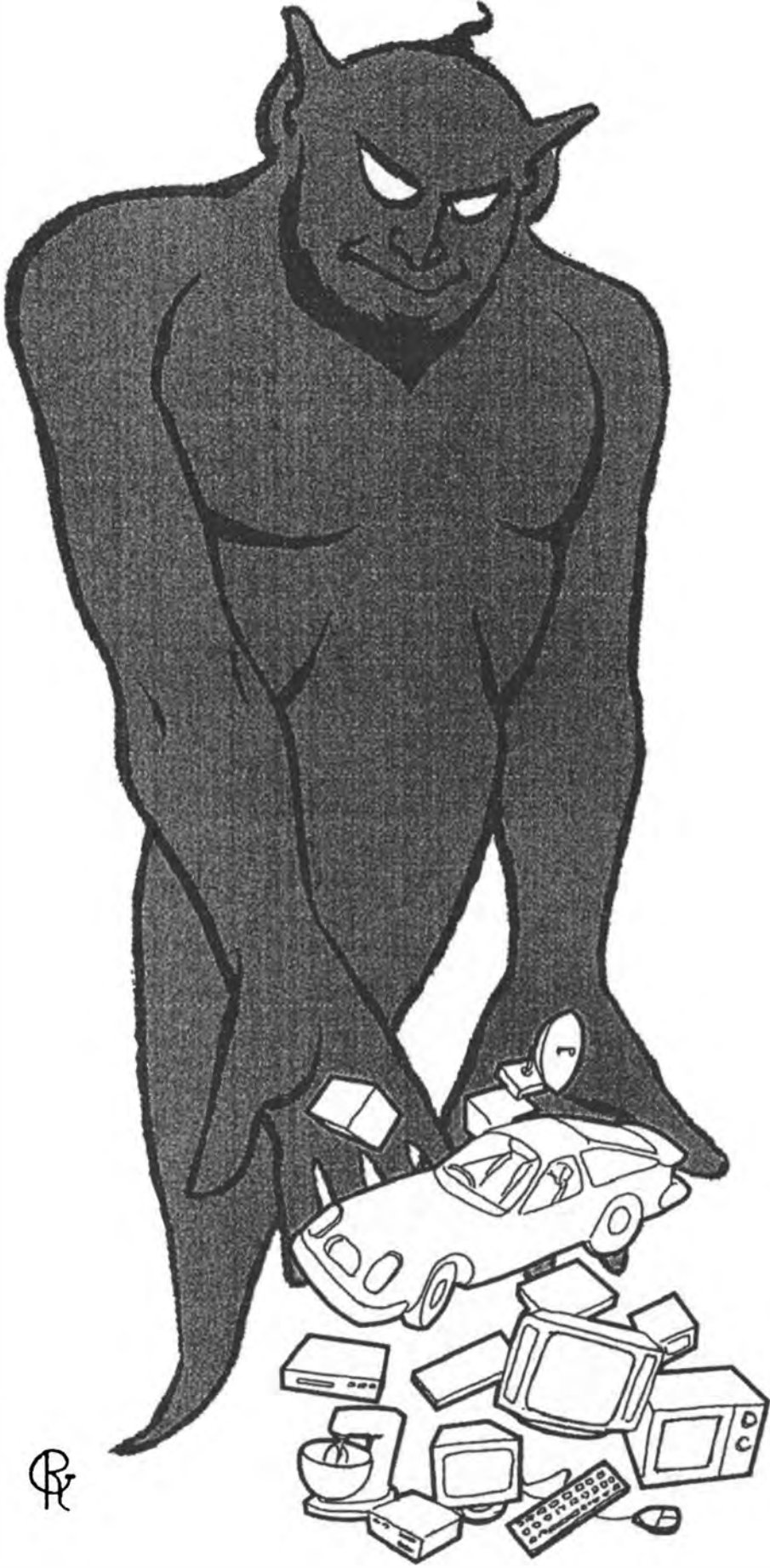
Üçüncü kanun: Entropideki değişim, sıcaklık mutlak sifıra yaklaştıkça sıfır olmaya eğilimlidir. (Bu son kanun oldukça tekniktir fakat kanunların sayısını üçe çıkartır.)

.....

“Şu kömür parçasını düşün,” diye sürdürdü sözlerini Gölge, yakındaki bir kömür deposunun girişinde bulunan kömür parçasını işaret ederek. Hayalet konuşurken, kömür parlamaya ve bir duman kıvrılarak yükselmeye başladı. “Kömürün içinde bulunan kimyasal enerjinin senin kullanabileceğin kısmı pek çok diğer iş için de kullanılabilir. İçinde yaşadığın toplumun teknolojisi tarafından sunulan seçenekler sınırsız görünüyor. Bir kömür parçasındaki enerji ile yapılabilecek şeyler neredeyse sihirlidir. İşte Parça Cini!”

Parlayan kömürden yükselen duman büyüdü ve göğe doğru yükseldi. Duman giderek daha katı bir görünüm alıyor ve Scrooge'nin yanındaki Gölge kadar belirgin bir hal kazanıyordu. Yukarı doğru bakan Scrooge, isin içinde devasa dumandan kollarını göğsünde kavuşturmuş bir şeklin belirmekte olduğunu görüyordu. Scrooge şaşkınlıkla bakarken, isten şekil hitap etmek için hafifçe eğilerek, “Ah, Efendi. Dileğiniz nedir? Size hangi harikayı getirmemi emredersiniz? Bir televizyon, bir CD oynatıcı ya da lüks bir araba? Söyleyin, Ah Efendi, dileğiniz yerine getirilecek. Fakat ah Efendi, dilemeden önce iyi düşünün. Yerine getirdiğim her dilek potansiyelimden bir kısmını kullanır ve bu asla tekrar yerine konulamaz.”

Güçlü şeklin ellerinden dayanıklı tüketim malları akmaya başlamıştı. Televizyonlar, cep telefonları, bilgisayarlar ve bu türden bir sürü şey. Scrooge her bir nesnenin kendisinin sahip olduğuyla aynı olduğunu görüyordu. Önünde yığılan ve istek



uyandıran bu mallar Scrooge'nin sahip olduklarının bir envanterini teşkil eder gibiydi. Cin'in kudretli şekline soran gözlerle bakan Scrooge ondan **korktuğunu** düşündüğü an, cin hızla küçülmeye başladı. Devasa bedeni giderek küçülüyor ve güçsüzleşiyordu. Scrooge'nin dehşet içindeki bakışları arasında şekil giderek büzülüp havada yok oldu. Artık kömür parçasından duman yükselmiyordu ve depoya baktığında kömür parçasının donuk ve cansız bir curuf haline geldiğini ve yalnızca geride kalmış olan sıcaklığın zayıf parıldamalarının çıktığını gördü.

"İşte teknolojinin nihai sonunu görüyorsun," dedi Scrooge'nin yanındaki Gölge. "Yeteri kadar beceri ile hemen her şeyi başarabilirsin. Bununla birlikte, ne yaptığın ya da nasıl yaptığından bağımsız olarak bu durum her zaman enerji aktarımı içerecek ve etropiyi de artırır. Kullanılabilir enerji, yani potansiyel olarak faydalı olan enerji kaybolacak ve erişilemez arka plan ısısına dönüşecektir. Bu şekilde bir defa kayboldu mu da bir daha geri getirilemez. Hiçbir cihaz, hiçbir makine, faydalı ve kullanılabilir enerji sağlayan enerji konsantrasyonunda geri dönüşümsüz bir değişim yaratmadan ortaya çıkamaz. Kullanılabilir enerji bittiğinde, ne kadar ustaca tasarlanmış olursa olsun, hiçbir makine çalışamaz ya da hiçbir araba hareket edemez."

"Fakat elbette," diye karşı çıktı yine Scrooge, "kömür gibi fosil yakıtları stoklarımız tükense de, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak uygarlığımızın aynı biçimde varlığına devam etmesi mümkün olacaktır. Kömür ve petrol yerine, enerjiyi rüzgar ve dalgalardan ve doğrudan güneş ışığından alabiliriz. Yeni bitkiler büyüterek yakıt elde edebilir ve çok uzak bir geçmişte olduğu gibi kömür ve petrole dönüşmelerini bekleyemeyeceğimizden doğrudan bu bitkileri yakabilir ya da arabalar için benzin elde etmek üzere alkol çıkartabiliriz. Tüm bu enerji elde etme yöntemleri için birçok taslak proje okudum."

"Evet, kullanılabilir serbest enerjinin nihai olarak yok olmasını uzun bir süre erteleyebilirsin. Güneş'ten gelen radyasyonu etkin biçimde kullanabilirseniz, aslında bu durumu çok uzun bir süre de erteleyebilirsiniz fakat daha fazla erteleyemezsiniz. Güneş, muazzam bir kullanılabilir enerji kaynağıdır. Çok sıcaktır ve etrafındaki soğuk uzaya da ondan enerji akar. Çok büyüktür, çok geniştir ve yaydığı ısı içindeki nükleer tepkimeler tarafından

sürekli ikmal edilir. Ne kadar büyük olsa da, nihayetinde o da sonludur. Her sıcak cisim gibi, er ya da geç enerjisini kaybettikçe kaçınılmaz biçimde özelliklerini kaybedecektir. Bir bakıma, her an soğumaktadır çünkü meydana gelen nükleer tepkimeler Güneş'in çekirdeği içinde bulunan yoğun enerjiyi sürekli olarak azaltmaktadır. Uzun bir süre alsa da, sonunda Güneş'ten gelen kullanılabilir enerji tamamen yok olacaktır. Geleceğe bak ve neler olacağını gör."

Scrooge etrafına bakındı ve üzerinde bulundukları caddenin düşündüğünden oldukça hızlı bir biçimde karanlığa gömüldüğünü fark etti. Bu düşünce henüz tamamen gece olmadan belirmişti ve başının üstünde yıldızların serpilmiş olduğu gökyüzünü gördü. Yıldızlar normalde göründükleri kadar hareketsiz değillerdi ve hepsi de belirgin biçimde hızlanan hareketlerle gökyüzünün bir başından öbür başına geçiyorlardı. Yeni yıldızlar ufkun üzerinde dönerlerken, aydınlanan gökyüzünde soluklanıyorlardı ve Güneş ani bir şafak ile göğe fırlıyordu. Güneş gökyüzünde tepeye gelmeden önce bir an bile geçmemişti ki bu sırada hareket halindeki bulutlar gökyüzünü örtüverdiler. Fakat kısa süren bir aydınlıktan sonra, Güneş ufkun altına daldı ve yıldızlar bir kez daha gökyüzünü doldurdu.

Hızla günler geceleri takip ediyordu. Gece ve gündüz, bir dans salonundaki stroboskop gibi yanıp sönen parıltılar haline gelene dek giderek hızlandı. Gece ve gündüz tek hamlede bulanık bir hale gelene kadar değişim daha da hızla akmaya devam etti. Scrooge'nin zamanın geçişini ölçmesi için hiçbir yol yoktu fakat her nasılsa bir göz kırpmı süresinde yüzyılların geçtiğinin farkındaydı. Belirsiz bir süre için bu durum devam etti ve sonra hiçbir uyarı olmadan hisleri normale döndü. Gündüz vaktinde duruyordu. Güneş her zamanki gibi görünüyordu ancak Scrooge'nin etrafındakiler değişmişti. Bir şehrin caddesi olan durduğu yerin, şu anda açık bir alan olduğunu fark etti. Uygarlığa ait hiçbir görünür iz kalmamış fakat dikkatli bakılınca yakınlardaki tepelerden birinin üzerinde bir duvar kalıntısının çıktığını fark etmişti. Bunu yakından incelemeye karar verdiği anda, bir kez daha hiçbir uyarı olmadan, daha önce yaşadığı gibi yüzyılların geçişinin bulanıklığı dışında hiçbir şey göremediğini fark etti.

Normal durumunda bu duraklamanın ne kadar sürdüğünü söyleyemezdi ve dünya aniden olağan hızına döndüğünde de

Scrooge yarı afallamış durumdaydı. Şu anda geceydi ve gece tıpkı diğer geceler gibi görünüyordu. Yıldızlar görebildiği kadarıyla olağan konumlarındaydılar çünkü yıldızları izleyerek asla fazla vakit geçirmemişti. Ay gökyüzündeydi ve onda fazla bir değişiklik görmemişti. Değişim durumu bir kez daha başlamadan önce etrafına yalnızca kısa bir süre bakacak vakti olmuştu.

Bu durum yeni yaşama biçimi haline gelmişti. Zamanın belirsiz olduğu bir durumda bilinmeyen bir süre geçiriyor (her seferinde bin yıllar geçtiğinden bir şekilde emin olsa da) ve her bir döneme Scrooge'nin dünyanın mevcut haline bakabilme fırsatını bulduğu kısa bir duraklama veriliyordu. Bir duraklamadan diğerine etrafındaki manzara büyük değişiklikler gösteriyordu. Bir an ufukta görünen deniz bir sonraki sefer ayaklarının altındaki derin bir koy haline geliyordu. Gündüzken etrafına bakma fırsatı bulduğu bir sonraki seferde, deniz bir kez daha uzakta göze bir an için takılan mavi bir nokta haline gelecek kadar geri çekiliyor ve Scrooge kendini boş bir alanın ortasında buluyordu. Sonra kendisiyle uzaktaki okyanus arasında yükselen bir dizi teppe gördü. Manzaranın her yapısındaki bu çılgınca değişiklikler geleceğe uçuşu sırasındaki her bir duraklama arasında çok büyük bir zamanın geçtiği konusunda gayet ikna ediciydi. Scrooge bütün bunlarda, insanlığın hala dünya üzerinde yaşayıp yaşamadığını gösterecek hiçbir ipucu görmüyordu. Ara sıra gözü gökyüzünde uçan şeylere takılıyor fakat bunların uzakta uçan makineler mi yoksa bazı bilinmeyen yaratıklar mı olduklarını kestiremiyordu.

Tüm bu çılgın değişiklikler sırasında gökyüzü ilk başta değişmez görünüyorsa da Scrooge giderek buradaki değişikliği de fark etti. Gündüzleri Güneş birazcık daha parlak olsa da, geceyle sanki aynı gibi duruyordu. Gece olduğunda, her bir ortaya çıkışında giderek daha uzakta beliren Ay, bazen küçülmüş, bazen de büyümüş görünüyordu.

Aydaki bu büyüklük değişimlerini iyiden iyiye anlayamaz hale geldiği sırada, Ay'ın varlığı hepten ortadan kalkıvermişti. "Ona ne oldu?" diye düşündü yüksek sesle. Bu soruya bir cevap aldığı da, çevresinde değişmemiş olan yegâne şeyi keşfetti; tüm bu deneyim ya da hayalin kaynağı olan Gölge hala yanındaydı.

“Ay dünyayı terk etti,” diye yanıtladı Gölge. “Uzun yıllar boyunca Ay’ın kütleçekimi dünya yüzeyini etkileyip okyanuslardaki dalgalara ve gelgitlere neden oluyor, hatta Dünyanın ve Ay’ın kendi katı cisimleri üzerinde bile büyük değişikliklere yol açıyordu. Dalgaların sürüklemesiyle büyük su kütlelerinin hareketi dünyanın dönüşüne bir fren etkisi yapa yapa, nihayetinde Dünyadan daha hafif olan Ay da bu değişimden etkilenecek daha uzakta bir yörüngede dönmeye başladı. Gelgit frenlemesi okyanus sularını harekete geçirdi. Nihai etki ise suyun birazcık daha ısınması oldu, tıpkı bir otomobildeki fren balatalarının, fren yapıldığında ısınması gibi. Dünyanın dönüş enerjisinin böylesine dönüşümü yavaş bir süreçtir; çok yavaş fakat kararlı bir değişim. Yavaş yavaş ve durmaksızın dünyanın dönüş hızı azaldı ve Ay daha da uzaklaştı. Dünyanın kaybettiği tüm dönüş enerjisi elbette sadece Ay’a gitmedi. Her zaman olduğu gibi, enerjinin büyük kısmı gelgit hareketinin çekmesi yüzünden oluşan ısı olarak kaybedildi. Ay yakınlarda olmadığı zaman bile, Dünya hala Güneş’in kütleçekimi tarafından meydana gelen dalgalara sahiptir ve bunlar da Dünyanın dönüş enerjisinden bir miktar sızdırmaktadırlar. Bu durum Güneş’e dönük yüzün zoraki öbür tarafa bakmak zorunda kalmasına kadar sürer. Aslında Dünya Güneşe hep aynı yüzünü göstererek onun etrafında dönme eğilimindedir, tıpkı Ay’ın Dünyaya her zaman aynı yüzünü göstererek etrafında dönmesi gibi.

Scrooge bu bilgiye bir karşılık veremedi. Her nedense söylemek pek bir şey yok gibi geliyordu. Sonunda bakmak için durduğu aşamalarda, hala gökyüzünde olduğunu ve artık hiç gece olmadığını fark etti. Dünya artık kendi eksenini etrafında dönmüyor ve Scrooge muhtemelen onun Güneş’e bakan yüzünde bulunuyordu. Sonraki birkaç dönem manzara çok az değişmişti. Duraksamalardaki her bakışta, öncekinden daha uzun bir zaman dilimi geçtiği izlenimine kapılmıştı. Sonra, akıl almaz uzunlukta yılların geçtiği bir dönem atlandı ve Güneşten etrafa yayılan ışık birden kırmızıya ve daha yoğun bir hale dönüştü. Çılgın ilerleme bir kez daha durduğunda, Scrooge etrafına bakındı ve gökyüzünün yarısını dolduran büyük, kırmızı bir kürenin dünyayı kavuran bir radyasyon seli boşalttığını fark etti.

“İşte, Güneşin içerdiği tüm hidrojeni helyuma dönüştürdüğünde başlayan bir sonraki aşamayı görüyorsun.” O sırada Isı

Ölümü, kendisinden kaçılmaz olduğunu kanıtlamak istercesine, Gölgenin hemen yanındaydı ve bu yeni fikri o açıklıyordu: “Hidrojen, dünyanın da var olduğu milyonlarca yıl boyunca Güneşi yanar halde tutmak için nükleer tepkimeler üretmekte yakıt olarak kullanıldı fakat hidrojen tükenince bu tepkimeler de sona erdi. Güneş bir kez daha kendi kütleçekimi altında çökmeye başladı ve kütleçekiminin sağladığı potansiyel enerjisinin salınması onu öncekinden de sıcak bir hale getirdi. Bu yeni aşırı sıcaklık, yeni bir nükleer tepkimeyi de tetikledi ve artık helyum, yeni bir enerji salarak yanmaya başladı. Bu nükleer yanma türü daha hızlıdır ve enerjiyi çok daha hızlı biçimde salar. Radyasyonun dışarı doğru olan basıncı, gördüğün gibi, Güneşin daha önceki boyutunu yüzlerce katına çıkartır. Helyum kaynaklarının da bir sınırı vardır elbette ve bu nedenle de söz konusu muazzam enerji çıkışı daha önceki kadar uzun sürmez.”

Geleceğe doğru olan çılgınca hareketinin bir sonraki evresinde Scrooge, karşısında gördüğü yoğun kırmızı korun birden yanıp söndüğünü gördü ve etrafına bir kez daha bakabildiğinde ise ortam tamamen karanlık ve soğuktu. Dünyanın dönmüş olabileceğini ve bu nedenle de Güneş’in artık ona görünmediğini düşündü fakat bunu söylediğinde Gölge onu düzeltti.

“Güneşi hala görebiliyorsun. Sağında ufuk çizgisine yakın bir yerlerde.” Scrooge baktı ve küçük parlak, diğerlerinden pek de farklı olmayan bir nokta gördü. “Güneş tüm helyum yakıtını kullandı ve sonra hızla diğer aşamaları da geçti. Artık bünyesindeki çekirdekler ondan alınabilecek tüm enerjiyi aldılar. Çekirdek yakıtları ölüdür ve kütleçekiminden başka kullanılabılır enerji kaynakları yoktur. Artık kalan ısısının büyük kısmını etrafındaki uzay ile denge durumuna gelene kadar dışarı vererek durmaksızın çökmek dışında yapabileceği bir şey yoktur.”

Bir sonraki molada, Scrooge Güneş’in son kalıntılarından başka hiçbir şey göremez olmuştu. Gökyüzünde başka yıldızlar da vardı fakat dönemler dönemleri izledikçe bunlar da giderek azaldı. Ara sıra yeni bir yıldız ortaya çıkıyor ve normalde uzun bir süre olsa da Scrooge’ye bir an gibi gelen bir süre yaşıyordu. Sonunda her bir yıldız yoğun bir parlaklıkla yanıyor ve ardından yok oluyor, her bir yok oluş ile yıldız sayısı giderek azalıyordu. Evren çok karanlık ve boş bir hale gelmişti.



“İşte nihai dengeyi görüyorsun,” dedi Gölge’nin sesi. Daha öncesiyle aynı miktarda enerji mevcut olmasına karşın, şimdi uzayın boş enginliğine yayılmış durumda, tıpkı gözlemlediğin meteorun enerjisini etrafına yayması gibi. Durum böyle olduğu için de enerji sana görünmez oldu çünkü artık konsantre durumda değil ve kontrast yok oldu. Her şey aynı sıcaklığa ulaştı ve öyle de kalacak. Söyleyecek başka bir şey yok, evrenin yaşamı...”

Cansız ses birden sustu. Usandırıcı ve iç karartıcı da olsa, varlığın kasvetli uçlarında kalan yegane refakatçi artık yoktu. Gecenin karanlığında Scrooge, bu düşünceden sıyrılmaya çalıştı. Şimdi ne gece ne de gündüz vardı ve şu kontrast denilen şey yok olmuştu. Yalnızca karanlık vardı ve akıl hocasının koruması kalktığı için de korkunç bir soğuğun başlangıcını hissediyordu. Daha iyi bir plan yapmak için etrafına bakındı ve akla ne ka-

dar aykırı olsa da, oralarda bir yatak keşfetti. Yatağın o andaki varlığını açıklamaya çalışmadan dosdoğru ona doğru emekleyerek ilerledi, örtülerin altına süzüldü ve neredeyse hemen uykuya daldı.

İkinci Ziyaret

Scrooge, kendisine oluş yerine dönüşüm konusunda bilgi veren ve sürekli değişen Zaman Hayaletiyle görüşmesinde, evrenin hiç durmadan değişen doğasını öğrenir. İlk ziyaretçisi onunla enerji, entropii, sabit değerler ve denge konularını konuşmuştu.

Bu seferki görüşmesindeyse Scrooge'ye hareketin ve hatta zamanın bile nasıl göreceli olduğu anlatılıp, zamanın herkes için mutlak bir değer olmadığı ve gözlemcinin hareketine bağlı olduğu açıklanıyor. Aynı zamanda ŞİMDİ kavramının içerisinde nasıl GEÇMİŞ ve GELECEK olgularının taşındığı açıklanıp, aslında yeni hiçbir şeyin olamayacağı ve özgür iradeyle yaşananlara müdahale edilemeyeceği tartışılıyor. En mutlak kararlılıkların ve tutarlılıkların bile tahmin edilebilirliği sağlayamayacağı ve Yaratılışın nasıl Kaos tarafından yönlendirilmiş olduğu gösteriliyor.

Zaman Hayaleti Scrooge ile hayatı, evreni ve ŞİMDİ'nin bilinmezliğini konuşuyor.

4. BÖLÜM

Göreceli Konuşursak

Scrooge uyandığında, kendi yatağında, kendi yatak odasında olduğunu fark etti. Zamanın sonundaki yoğun karanlıkta kaybolmuş olmasa da, yine de oda hala karanlıktı. O kadar karanlıktı ki yatağın dışına baktığında saydam pencereyi, odanın ışık geçirmez duvarlarından hemen hemen hiç ayırmıyordu. Yandaki kilisenin çanları dört defa çalıp ardından da saatin zili derin, cansız, melankolik bir tonda zırlayınca, karanlıkta görebilmek için çabalamaya başladı. Odadaki ışıklar tam bu anda yanıp söndü ve Scrooge odada kendinden başka bir varlığın daha olduğunu farkına vardı.



Yalnız olmadığının farkındaydı fakat buna rağmen kimin ya da neyin geldiğini görmenin zor olduğunun da farkındaydı. Odada onunla birlikte başka bir şeyin daha bulunduğundan çok emindi, fakat neredeydi? Kapının yanında bir şekil gördüğünü sandı fakat o anda şekil dosdoğru pencereye doğru fırladı. Scrooge pencereye doğru baktı fakat şekil oradan ayrılmış, elektrikli pantolon ütüsünün yanına doğru süzölmüştü. Scrooge bu yeni ziyaretçisine odaklanmaya çalışırken, o odanın içinde çılgın bir sinek gibi durmaksızın hareket edip hamle yaparak gözlerinin önünden hızla geçip duruyordu.

Henüz görünmeyen misafirin hızlı hareketlerini takip etmeye çalışan Scrooge'nin şaşkın gözleri dönüp duruyordu. Tam da bir daha asla tek bir yöne sürekli bakamayacağını hissederken, Hayalet -muhtemelen bu bir hayaletti- Scrooge'nin başucunda durdu. Kol ve bacakları ince ve çevik olan genç bir adam ya da hatta bir erkek çocuğu görünümündeydi. Scrooge kesinlikle bu şeklin artık hareketsiz olduğunu görebiliyordu, öyle olmasaydı Scrooge'nin gözlerinin önünde sabit bir konumda durabilir miydi? Konumunda hiçbir değişiklik olmuyor olsa da, tuhaf bir biçimde hareketsiz *görünmüyordu*. Oysa Hayalet gayet hareketsiz duruyordu fakat saçları önden esen bir rüzgâr tarafından arkaya doğru taranıyormuşçasına uçuşuyordu. Şu andaki hareketsizliğinde bile, etkilendiği bu rüzgârla havalanıp ardı sıra uçuşan uzun bir pelerin görülüyordu. Scrooge görünürde hiçbir hareket yokken bu rüzgarın nasıl estiğini merak ederken, saçın ve pelerinin hareketi birden yön değiştirdi ve hala hiçbir hareket belirtisi olmasa da, bu kez yandan esen farklı bir rüzgar tarafından taranırmışçasına uçuşmaya başladı. Başka bir kaç hareket ve hop, yön yine değişti ve saçlar ile pelerin diğer yöne uçtu.

“Sayın Hayalet, lütfen hareket etmeyin!” diye bağırdı Scrooge. “Sabit durmazsanız, sizden nasıl bir şeyler öğrenebilirim ki? Dikkatim bu kadar dağınık olursa konsantre olamam. Lütfen hareketsiz durun ve ne söyleyecekseniz söyleyin; fazla zamanım kalmadı ve zaman hızla akıp gidiyor.”

Bu sözleri duyunca hayalet zindelik ve canlılık dolu hafif hırıltılı bir şekilde güldü. “Hey, Sen! Bana zaman ve hareket hakkında ders mi veriyorsun? İş idarecilerine verdiğin tavsiyelerde Zaman ve Hareket etüdlerini savunma adetin olduğunu biliyo-

rum fakat Zaman ve Hareket hakkında gerçekte ne biliyor-sun? Benim Zaman ve Hareket'in Hayalet'i olduğumu söyleyebilirsin; Değişimin Hayaletiyim ben. Daha önceki ziyaretçilerin sana enerji ve dengeden, 'oluşun' bilimin-den bahsetmiş olsa da, ben sana 'dönüşmenin' bilimi hakkında bir şeyler göstermeye geldim.

"Bana hareketsiz durma-mı mı söyledin?" diye devam etti Hayalet. "Bununla ne demek istediğin konusunda bir fikrin var mı? Herhangi bir şeyin hareket edip etmediğini nasıl söyleyebilirsin?"



"Ne demek istiyorsunuz?" diye karşı çıktı Scrooge. "Bir şey hareket ediyorsa, hareket ettiğini söyleyebilirim. Hareketini göremiyorsam da hareket etmiyordur. Kesinlikle böyle değil midir?"

"Bu kadar açık olsa da buna çok fazla güvenme. Her şey görecelidir! Gel! Benimle gel. Gece henüz benim kadar genç. Benimle gel ve bırak sana göstereyim." Hayalet Scrooge'ye ince ve genç elini uzattı. Scrooge eli tuttu ve hemen kendisini odasının dışında ve yanındaki Hayalet ile birlikte şehrin üzerinde uçarken buldu. Evlerin ve caddelerin üzerinden uçuyorlardı ve kısa süre sonra, küçük dış mahalle demiryolu istasyonuna doğru alçaldılar. Bir tren kalkmak üzereydi ve gecenin bu saatinde hemen hemen boştu. Yavaşça hızlanmakta olan trenin bir kapısının yanında platforma indiler.

"Koş!" diye bağırdı Hayalet Scrooge'nin kulağına. "Koşabil-diğin kadar hızlı koşarsan, kalkmadan önce treni yakalayabilirsin." Scrooge, trenin kalkmak üzere olduğunu gördüğü ve bir şeyleri kaçıracağını fark ettiği zamanlarda, şehir insanlarının refleksleriyle platform boyunca hızla koşmaya başladı. Özellikle bu trene hiç de binmek niyetinde olmadığını düşünmek için dur-

madı bile; aslında onsuz kalkmış olması hiç de umurunda değildi.

“Neden bunu yapıyorum?” diye kendi kendine sordu sonunda, kapı ile aynı hizada koşmaya çalışıp, kapı kolunu çevirirken.

“Daha hızlı ol, konuşmaya çalışma,” diye uyardı Scrooge’yi Hayalet. Bu seferki Hayalet, Scrooge’nin ilk başta düşündüğünden daha yaşlı görünüyordu ve uzun uzuvları hareket halindeki tren ile aynı hizada olmak için hiç de zorlanmayan kıvrak bir delikanlıydı. Her kasını zorlayarak, Scrooge kendisini içeri atarken hızlanmakta olan trenin kapısı ile paralel kalmayı başardı. Sonunda kapıyı kapattı ve nefes nefese kapıya yaslandı.

Hayalet vagonun içinde yanında duruyordu ve sevecenlikle, “Artık biraz dinlenebilirsin,” dedi. “Fakat tüm koştuğun süre boyunca hep aynı kapının yanında bulunduğuna dikkat etmeni istiyorum. Burada görüyorsun ki *elinden* geldiğince koşman, sadece aynı yerde durmanı sağladı.”

“Fakat aynı yerde değildim ki!” dedi Scrooge soluk soluğa. “Şu anda hareket halindeki bir trendeyim ve bu nedenle de kesinlikle aynı yerde durmuyorum. Tren ilerdiği sürece biz de hareket ediyoruz.”

“Bizim hareket ettiğimizi kim söyledi?” diye karşılık verdi Hayalet. Hareket, konumdaki değişiklik değilse nedir ve de konumu nasıl belirlersin? Alışılmış yöntem, bir şeyin başka bir şeyden ne kadar uzak olduğunu ölçmektir, öyle değil mi? Cisimlerin konumları hakkında biriyle konuşmak istersen, bu konumları ölçme biçimi ile bir şeyin tam olarak nerede bulunabileceğini birlikte anlayabilmek adına referanslarda hemfikir olmak zorundasındır. Tıpkı bir takım coğrafi özellikleri tanımlamak gibi; dik açılı iki yön boyunca ölçülen uzaklıklar olan enlem ve boylamla tanımlarsın, mesela. Kullanacağın yönleri vermek için de bir *referans çerçevesi* tanımlamak zorundasındır. Konumun, bir tepenin üstünde olabilir ve bu durumda her iki referans doğrusuna da dik açılı olan üçüncü bir boyuttaki mesafeyi de vermek gerekebilir; deniz seviyesinden yükseklik örneğinde olduğu gibi. Genel olarak üç boyutta serbest olarak hareket eden bir şey tanımlayacaksan, konumlarını ölçmek için kullanacağın bu üç cetveli tanımlamak zorundasındır. Bu cetvellerden her biri diğerleri ile dik açı yapan farklı bir boyutu tanımlayacaktır ve her

biri diğeriyle üç farklı yön boyunca ölçüm yapabileceğin ortak bir *orijinde* (*Orijin*: Başlangıç noktası) buluşur. Cetveller, ya da *eksenler* hayalidir fakat orijinleri ve üzerinde yer aldıkları yönler gerçektir. Orijinden herhangi bir noktaya olan üç mesafe, bu üç yönde ölçüldüklerinde bir noktanın *koordinatlarını* verirler.

“Eğer tüm noktalar düz bir yüzeyde bulunuyorsa, onları sadece iki koordinat ile tarif edebilirsin. Yüzeyin bu koordinatları okuyabileceğin dikdörtgen bir çerçeve içinde karelenmiş olduğunu düşünebilirsin. Bu bir haritadan tepe ya da kavşakların enlem ve boylamlarını okuyabileceğin, karelenmiş bir referans gibidir. Bak!”

Hayalet elini salladı ve vagonun ortasında bir film üzerine bindirilmiş bilgisayar grafikleri gibi ince yeşil çizgiler beliriverdi. Buradaki durumda çizgilerin oluşturduğu ağ, vagonun ortasında havada asılı duran düz bir kağıt meydana getiriyordu. Bu ağ üzerinde, manzarayı temsil ettiği belli, oraya buraya saçılmış parlak, yapay ağaçlar vardı. Bir lokomotif ve canlı renklere boyanmış iki vagonu olan küçük, oyuncak bir tren karelenmiş yüzey boyunca hareket ediyordu.

“Buradaki ağaçlar gibi, kareli alan üzerinde hareket etmeden, aynı konumda duran hareketsiz cisimler görebiliyorsun. Diğer yandan trense, karelerin birindeki konumundan diğerindeki konumuna geçiyor çünkü kareli yüzeye göre *göreceli* olarak hareket ediyor. Hadi, başka bir hareketli cisim daha ekleyelim.”

Vagonlardan birinin yanında koşan oyuncak bir Scrooge figürü belirdi. Oyuncak Scrooge bu animasyonda trenle paralel gitmeye çabalarken sendeliyor ve kollarını sallıyordu. Scrooge bunu eğlenceli bulduğundan pek emin değildi. Hayalet sözlerini sürdürdü: “Artık hareket eden iki cismin var, en azından manzaranın kareli yüzeydeki izdüşümünde. Elbette seçebileceğin tek karelaj bu olmayabilir. Örneğin, orijinini lokomotifin önüne yerleştirirsek farklı bir karelaj manzarası elde edebiliriz.”

Açık kırmızı çizgili bir diğer kareleme ortaya çıktı. Etraftaki nesneler, trene ayak uydurmak için manzaranın yeşil ağı boyunca hareket ediyorlardı. Bu yeni karelaj trene sabitlendiğinden, ne tren ne de küçük Scrooge figürü bu kareleme üzerindeki konumlarını değiştirmiyorlardı ve hepsi birlikte hareket ediyorlardı.

REFERANS ÇERÇEVELERİ

Bir cismin konumu, cismin seçili *referans çerçevesindeki* orijinden uzaklığı demek olan x koordinatını vererek tanımlanabilir. Cisimler bu çerçeveye göre hareket ettiklerinde, orijinden uzaklıkları zaman geçtikçe daha büyük hale gelir (cismin uygun yönde hareket ettiğini varsayarak).



$$x = x_0 + vt$$

Bu formülde x_0 cismin izlenmeye başlandığı andaki konumudur; t o zamandan bu yana geçen zamandır ve v ise bu çerçeveye göre olan hızdır.

Cisme, cisim ile aynı hızda hareket eden bir referans çerçevesinden bakılırsa, bütün sistem hareketli görünecektir. Bu yeni çerçevede ölçülen hız U ile, bir önceki çerçevede ölçülen hız v ile ve önceki çerçevenin göreceli hızı da V olarak gösterilirse, U hızının ölçülmesi aşağıdaki denklem ile hesaplanır:



$$u = v - V$$

İkinci çerçeve cisim ile birlikte hareket ettiğinden, $v = V$ olacak ve u sıfır sonucunu verecektir; fakat bu ilişki v ve V 'nin farklı olduğu durumlarda da geçerlidir. Bu bağıntı, hızların *Galilean* toplanmasını verir.

“Burada, *referans çerçevesi* olarak adlandırılan, manzaraya göre sabit yeşil karelaajla, trenle birlikte hareket eden kırmızı referans çerçevesini görüyorsun. Fakat kırmızı çerçevenin hareket ettiğini ve yeşilin hareketsiz durduğunu kesin olarak kim söyleyebilir ki? Kırmızı çerçeve hareket ediyor olamaz mı?” Bu sözleri söylerken, kırmızı ağın akan çizgileri durdu ve bir anda Scrooge, Hayalet ve tren hareketsiz hale geldiler. Kırmızı ve yeşil çizgiler belirli bir *göreceli* harekete sahip olduklarından, bu durum

yeşil çizgilerin zıt yönde hareket etmelerine ve işaret ağaçlarının trenin daha önce sahip olduğu hız ile ters yönde uzaklaşmaya başlamalarına neden oldu.

“Tren sana hareketsiz görünüyor. Gerçekten öyle olabilir mi? Trenin hareket ettiğini görebiliyor musun? Etrafına bakın. Koltuklar, bagaj taşıyıcıları ve kapı; onların hareket ettiklerini görebiliyor musun? Pencereden dışarı bak. Demiryolunun yanındaki evleri görüyorsun. Onların giderek artan bir hızla geriye doğru gittiklerini görmüyor musun? Bu durumda, vagonun hareketsiz olduğunu ve dışarıdaki dünyanın hareket ettiğini söylemez misin?”

“Tabii ki hayır!” diye yanıtladı Scrooge. “Dünya’nın hareket etmediği çok açık. Bunu biliyorum!”

“Fakat nereden biliyorsun? Daha önce, bir şey hareket ediyorsa onu görebileceğini söyledin. Burada vagonun hareket etmediğini görüyorken, dışarıdaki dünyanın hareket ettiğini görüyorsun. Bu durum sana vagonun hareketsiz durduğunu göstermiyor mu?”

“Hayır, göstermiyor,” diye ısrar etti Scrooge, fakat inandırıcı bir şekilde tartışmak zorlaşıyordu. Trenin hareket ettiğinden ve demiryolunun yanındaki evlerin ise hareketsiz olduklarından çok emindi fakat daha önce kendi söyledikleri olup bitenlerle çelişiyor görünüyordu. Bunun üzerine kafa yorarken, tren demiryolundaki bir dönemeçten döndü ve Scrooge vagonun ortasına doğru fırladı. “İşte bunu kanıtlayan şey!” diye bağırdı. “Vagon hareketsiz olsaydı, bunun gibi bir sarsıntıyı ya da rahatsızlığı hissetmezdik.”

“Doğru söyledin!” diye karşılık verdi Hayalet. “Fakat vagonun hareket etmekte olduğunu söylemek için geçerli bir neden olsa da, bu durum yerin hareketsiz olduğunu anlamaya yetmeyebilir. Farklı hızlarla da olsa vagon ve yerin ikisi birden hareket ediyor olamaz mı? Hareketinde her *değişiklik* olduğunda, bir ivme hissedersin ve hareketinin değiştiğini söyleyebilirsin. Trenin bir virajı aldığını söyleyebildin çünkü hareket yönündeki değişikliği hissettin. Bununla birlikte, harekette değişiklik yoksa hiçbir etki hissetmezsin.

“Hareket görecelidir. Bir şeyin senden hep aynı mesafede durduğunu görüyorsan, sana göre hareketsizdir. Bu mesafenin

zaman geçtikçe giderek azaldığını görüyorsan, sana doğru hareket ediyordur; ya da aksine sen ona doğru hareket ediyorsundur. Göreceli hareket halinde olduğunu söyleyebilirsin; fakat kimin hareket ettiğini kimin hareketsiz olduğunu söyleyemezsin. Zaman içinde konumdaki değişiklik hareketin bir göstergesidir; aslında bu tarif hareketi ve hızı tanımlar. Bu trenin hızından bahsedeceksen, muhtemelen onu *saatte kat ettiği kilometre* olarak tanımlarsın. Eğer, şu anda, dünyanın hareketsizliğinin pence-renden geçtiğini görüyorsan, bu durum sana göreceli bir hareket halinde olduğunu söyler fakat tüm söyleyebileceğin bundan ibaret olur. Yerin hareketsiz ve trenin de hareketli olduğuna inanmayı seçebilirsin fakat böyle bir şeye inanmak için sebeplerin yeterli değildir.”

Scrooge böyle bir sebebi olduğunu hissediyordu: “Trenin virajdaki ani sarsıntısı hareket ettiğimizi kanıtlamıyor mu? Bunun hareketin kanıtı olduğunu kendiniz söylediniz.”

“Aslında bu söylediğin sadece harekette bir *değişiklik* olduğunu göstermeye yarar fakat trenin şu anda hareket ettiği anlamına gelmesi gerekmez. Belki de daha önce hareket ediyordu fakat konumdaki değişiklikten sonra, şimdi hareketsiz olabilir. Belki de tren daha önce hareket etmiyordu fakat şimdi ediyor. Belki de tren hareket ediyordu ve hala da ediyor. Hareket olduğunu söyleyebilirsin ama hepsi görecelidir. Tren yere göre hareketlidir. Daha önce senin şu anda hareket ettiğin yönde fakat göreceli olarak başka yöne doğru hareket ediyordu. Göreceli hareketi gözlemleyebilirsin, bu konuda şüphe yok fakat mutlak hareketi asla tespit edemezsin. Neyin hareketli olup neyin olmadığını net bir şekilde söyleyemezsin.”

Scrooge bu fikirden rahatsız olmuştu. “Anlamıyorum. Yeterince açık değil mi? Trenler hareket etmek için tasarlanırlar, bu nedenle de açıktır ki tren hareket ediyordur. Dünya ise çok büyük ve sabittir, bu nedenle hareketsiz olmak zorundadır. Daha fazla tartışmaya gerek var mı?”

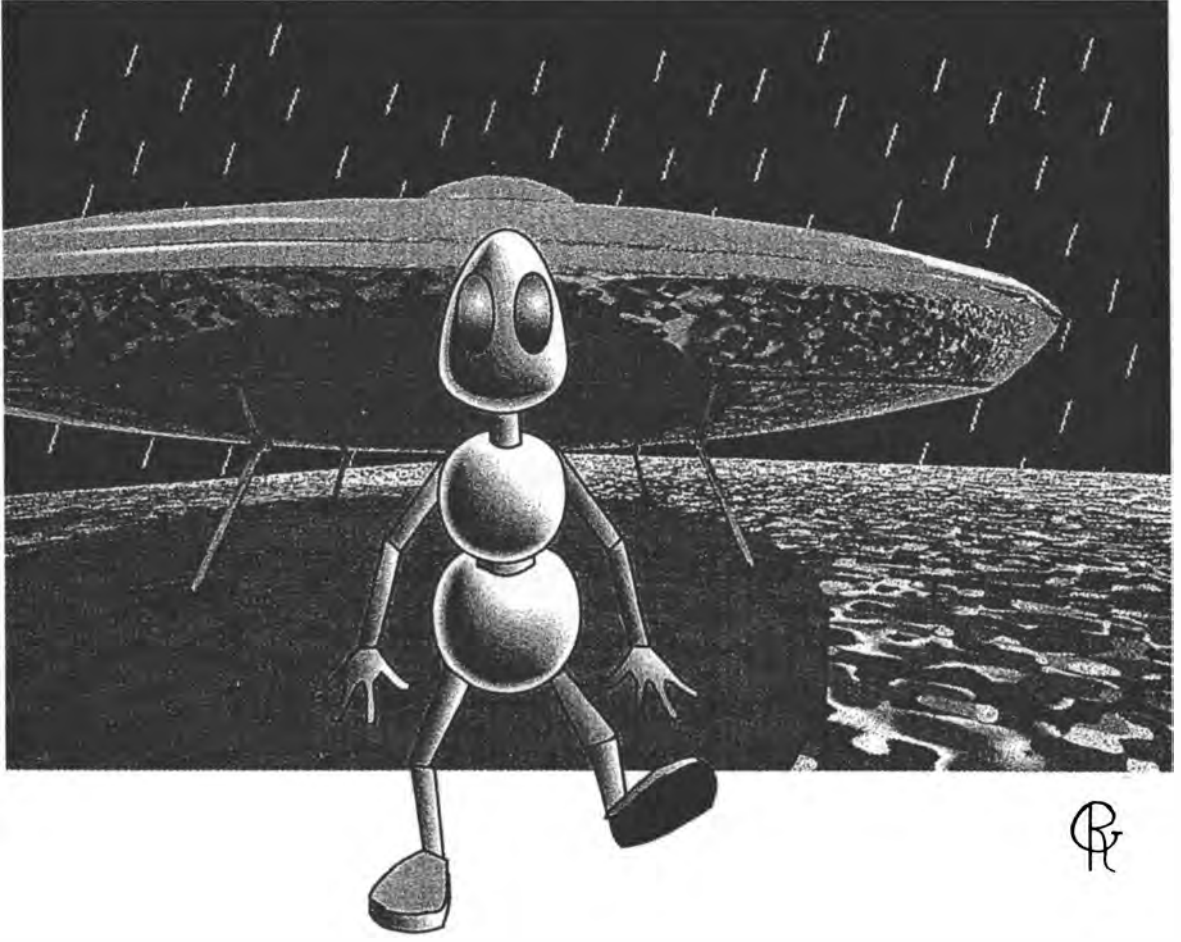
“Dünyanın hareket etmediğinin çok açık olduğunu düşünebilirsin fakat neden böyle olması gerekiyor ki? Yalnızca dünya çok büyük olduğu ve her tarafı kapladığı için mi? Büyük ve ağır olan bir şeyin hareketini değiştirmenin zor olduğunu biliyorsun, bu nedenle de farkında olmadan hareket edemeyeceğini düşü-

nüyorsun. Fikrini değiştirebilecek bir şeyler göstermeme izin ver. Benimle gel.”

Scrooge daha önce yaşadıkları gibi bir takım sihirli dönüşümler bekliyordu fakat bunların yerine Hayalet, sadece ona doğru ilerledi. Scrooge birden Hayaletin gözlerinin önünde ilk belirişinden bu yana çok değişmiş olduğunu fark etti. Hayalet bu kısa süre içinde büyümüş ve olgunlaşmış görünüyordu ve artık zayıf bir delikanlı değil, boyu onu aşan uzun ve kaslı genç bir adam halini almıştı. Asabi bir mizaca sahip olan Hayalet Scrooge’yi sıkıca kavradı, trenin kapısını açtı ve onu dışarı fırlattı. Neyse ki, tren başka boş bir istasyondan geçtiği için yavaşlamıştı ve Scrooge sendeleyerek platforma düşüp ileri yöndeki momentumundan kurtulmaya çabalarken tökezleyip, usulca düştü. Ayağa kalktı ve iş dünyasının saygın bir üyesine bu şekilde davranılmasını protesto etmek için Hayalet’e dönüp sertçe baktı. Değişmiş olan Hayalet, Scrooge’nin protestosuna hiç aldırmadı ve gayet kaba bir biçimde onu istasyon boyunca itekleye itekleye ilerletti.

Büyük bir süpermarketin park yerine vardılar. Vakit gecenin bir körü olduğundan, beklendiği gibi mağaza boştu. Sokak ışıkları otoparkı çevreleyen duvarı aydınlatıyordu ve ışıkları sayesinde ıslak asfaltın neredeyse tamamen boş olduğunu görmek mümkündü. Park etmiş olan yalnızca beş araç vardı. Uzak bir duvara sığınmış olan üç araba ve küçük bir kamyonet bir araya sıkışmışlar ve beşinci aracın dikkatinden kaçmaya çabalıyorlar gibiydiler. Bu beşinci araç, park alanının tam ortasına bırakılmış olsa da, parkı *tamamen doldurduğunu* söylemek mümkündü. Tüm alanı dolduran ve göze batan yegâne cisimdi. Uzaktaki sokak lambalarının ışıkları, yağmurun kayganlaştırdığı büyük kubbeli metal gövdesinin yüzeyinden pırıldayarak yansıyor. Bu cisim, devasa hidrolik iniş takımları üzerinde duran bir uzay gemisiydi ve soluk ışıktaki bile iniş takımlarının otoparkın asfaltının yüzeyine saplanmış oldukları görülebiliyordu. Süpermarketin yöneticisi ertesi gün bunu fark ettiğinde dehşete düşecekti.

Scrooge şaşkınlık içerisinde bu devasa gemiye bakarken, gövdesi üzerinde bir panel açıldı ve yere doğru metal merdiven basamakları alçaldı. Buradan küçük bir şekil indi. Scrooge onun, devasa uzay aracı ile karşılaştırıldığında küçük görüldüğünü



düşündü. Şekil merdivenlerden parkın yüzeyine indi ve onlara doğru yürüdü. Daha yakına geldiğinde, Scrooge şeklin yalnızca bir buçuk metre boya sahip, gerçekten küçük biri olduğunu görebiliyordu. Tamamen metalden yapılmış olması da oldukça sıradışıydı.

“Bu bizim pilotumuz,” dedi Hayalet. Gördüğün gibi kendisi bir robot fakat çok deneyimlidir. Uzun zamandır uzayda dolanıyor.” Kesinlikle uzun bir süredir uzayda dolanmış gibi de görünüyordu doğrusu. Belirgin biçimde yıpranmış, gövdesi yer yer çökmüştü ve eklemlerinde bir miktar pas vardı. Konuştuğunda sesi uzun zamandır kullanılmıyormuş gibi cızırtılı çıkıyor ve belirgin bir pelteklik ile konuşuyordu.

“Meyaba,” dedi küçük şekil. “Tanıştıyıma memnum oldum. Güveyteye çıkarsanız, hemen yola koyulabiliyiz.”

Küçük metal şekil, metal kablolu bir koridordan geçen ve bir kontrol odası gibi görünen yere açılan yolu gösterdi. Bir duvarda üzeri aygıtlarla dolu büyük paneller asılıydı ve önlerinde de mürettebat için rahat koltuklar vardı. Geminin kusursuz görü-

nen metal dış yüzeyine rağmen, içerden büyük bir pencere ya da bir tür büyük ekran gibi görünüyordu. Islak otoparkın karanlık ve oldukça iç karartıcı manzarasını gösteriyordu.

“Tamam, heykes içerde,” dedi geminin kaptanı ve o anda bo-yu iki katına çıktı. Scrooge ve yanındakiler itaat edencesine otu-rup geniş kemerleri bağladılarsa da, aslında Hayaletin zarar gör-meye hiç yatkınlığı olmadığı halde kemer bağlıyor olması, muh-temelen zarif bir jestti.

Kemerleri takmalarının üstünden çok geçmeden otopark manzarası hızla uzaklaştı. İvme hemen hiç hissedilmiyordu fa-kat şehir altlarında hızla küçülüyordu. Otopark uzakta, küçük, karanlık bir nokta haline geldi ve etrafındaki evler ile sokaklar oyuncak tren yolu setlerinin küçük binaları haline dönüştüler. Kısa süre sonra binalar artık görünmüyordu ve şehir, Thames nehrinin böldüğü, karanlık ve dolambaçlı şeritlerin bir haritası olarak tezahür ediyordu. Bir an bile geçmeden, Scrooge gökyü-züne yükseldikçe, İngiltere sahilinin küçülen belirgin hatlarını görebiliyordu. Ardından bulutların üzerine çıktılar, o kadar yükseldiler ki ufkun eğriliğini bile görebiliyorlardı. Kısa süre sonra, dünya, kıvrılan beyaz çizgilerin olduğu mavi camdan yıl-başı süsleri gibi görünür olmuştu. Artık İngiltere’nin kendisin-den hiçbir iz yoktu çünkü en kalın bulut gruplarından birinin al-tında kalmıştı.

“İşte Dünya,” diye açıkladı Hayalet çok gereksiz bir biçimde. “Sana hareketsiz mi görünüyor?”

Gayet hareketsiz görünüyordu. Dünyanın görünür küresi kesinlikle etkileyiciydi. Önlerindeki uzayda asılı halde dururken bile güzeldi. Tüm bunlara rağmen, hareket ettiğine dair hiçbir iz yoktu. Scrooge gördüğünü söyledi.

“Sabırlı ol!” diye yanıtladı yanındaki oldukça sinirli biçimde. “Daha uzun süre bakmak zorundasın. Değişim hızı bakış açısı-nın bir özelliğidir. Bir mayıs kelebeği için bir gün bir ömür de-mektir; bir meşe içinse, bir asır kısa bir dönemdir. Ben Zamanın Hayaletiyim ve şimdi normalde tespit edemeyeceğin kadar ya-vaş olan şeylerin değiştiğini görebilmen için zaman algını değiş-tireceğim.”

Bunu söylemesinin hemen ardından Scrooge, dünyanın ekse-ni etrafında yavaşça döndüğünü görebilir duruma gelmişti. Yü-

zeyi üzerindeki karalar ve denizler sürekli baş döndürücü bir biçimde gündüzden geceye, geceden güneze geçiyorlardı. İngiltere ve diğer ülkeler dönen bir topacın bulanıklaşan işaretleri gibi belirip kayboluyordu.

“Pekâlâ,” diye tekrarları Hayalet, “Hala sana hareketsiz mi görünüyor?”

“Eğer bu doğruysa, dünya nasıl döner?” diye başladı sözlerine Scrooge, her ne kadar gerçekte öyle olduğunu bilse de. “Eğer dünya böylesine baş döndürücü biçimde dönüyorsa, tren vagonu bir virajı alırken hissettiğim yalpalamanın aynısını hissetmemiz gerekmez mi?”

“Ah, hissediyorsunuz,” diye yanıtladı Hayalet. “Dünya dönerken, Londra şehri de sürekli olarak virajı alıyor; dünyanın dönme eğrisini de hisseder aslında. Aynı trende hissettiğin gibi bir hızı vardır fakat bu sefer dünya kararlı ve sürekli olarak döndüğünden bu sabit bir hızdır. Bu hız yerçekiminin etkisini birazcık azaltır, bunun farkına varmazsın çünkü etki çok küçüktür ve tabii ki dünya *dönüyor*ken, onun kütleçekiminin etkisini de hissetmedin. Bu etki ekvatorunda en güçlüdür çünkü yüzeyin dünyanın dönme eksenine en uzak olduğu nokta orasıdır ve sonuç olarak dönüşü en hızlı haline getirir. Mississippi nehri ekvatora doğru akar ve kaynağı dünyanın merkezinden daha uzaktadır. Bu bakımdan, nehrin yukarı doğru aktığını söyleyebilirsin ve bunun nedeni de dünyanın dönüşünden kaynaklanan artan ivmenin suyu ekvatorundan dışarı itmesidir.

Birdenbire uzay gemisi, kendi etrafında dönen dünyadan uzaklaştı ve içinde Güneş’in etrafındaki gezegenlerin de döndüğü bir başka düzleme yükseldi. Artık dışarının görüntüsü dünya ve başka bazı gezegenler yanında Güneş’i de gösteriyordu. Scrooge, bir topaç gibi kendi eksenini etrafında dönmesi yanında, Dünyanın Güneş etrafında büyük bir yörüngede döndüğünü de görebiliyordu.

“Bir kez daha sormama izin ver, dünya hareketsiz mi? Yanıt, tabii ki hayır. Dünya hareketsiz değilse, hareketsiz olan nedir? Belki de Güneş? Burada dünyanın ve diğer gezegenlerin Güneş’in etrafında yörüngede sürekli hareket halinde olduklarını görebiliyorsun fakat Güneş’in kendisi hareketsiz midir? Daha geniş bir açıdan baksaydık, Güneş’in de aslında galaksimizin,

yani güneş sisteminin kenarında bulunduğu büyük yıldızlar kümesinin etrafında, uzun, yavaş bir yörüngede döndüğünü görürdük. Daha da geniş bir açığa gidersek, galaksinin de yerel bir diğer galaksi grubu içinde hareket ettiğini görürdük. Bu sıranın belirli bir sonu yoktur.”

“Öyleyse, gerçek hareketsizlik nerede?” diye sordu Scrooge. “Evren’in tüm uzaklık ve hareketinin ölçülebileceği noktası nerede?”

“Hiçbir yerde! Hiçbir yerde böyle bir nokta yok,” diye yanıtladı Hayalet. Bir merkez yok. Mutlak bir konum yok, yalnızca göreceli uzaklıklar var. Mutlak olan bir hareket de yok; o da yalnızca göreceli. Her şey göreceli. Kendini merkez olarak alabilir ve tüm uzaklıklar ile tüm hızları kendi konumuna göre ölçmeyi tercih edebilirsin. Bu da başka herhangi bir seçenek kadar iyidir ve aslında pek çok insan, kendilerini evrenin merkezi olarak görür.”

Konuşurlarken araçları, Dünya ve Güneş sisteminden daha da uzaklara gitti. Muazzam hızlarında belirgin bir değişiklik olmadan, büyük, dağınık bir yıldızlararası gaz bulutuna girdiler. Gaz açıkçası çok yayılmıştı fakat yine de böylesine bir hızda Scrooge gemilerinin güvenliğinden endişe ediyordu. Ekranda, amacı belli olmayan solgun bir parıltının gemiyi sardığını gördü ve bunun bir tür koruma olduğunu tahmin etti. Bu solgun parlaklık üzerinde düşünürken, yolları üzerinde parlayan yoğun bir kaynaktan gelen kırmızı ışık parlamasından çok korktu. Görüş alanlarından geçen ince, parlak kırmızı bir ışık olduğunu görebiliyordu çünkü etrafındaki gaz bu yoğun ışığın küçük bir kısmını Scrooge’nin gözüne gönderiyordu. İlki kadar parlak olan ikinci bir ışık parladığından bu konu hakkında yorum yapmak üzereydi.

“Misafirlerimiz var,” diye belirtti Hayalet. Dışarıda bir değil, iki gemi var ve bunların birbirleriyle konuşmalarını izliyoruz. Lazer ışınları sayesinde iletişim kuruyorlar ve biz resmi sohbetlerinin ilk kısımlarını gördük. Tabii ki iki ışık ışınının zıt yönlerden geldiklerini fark ettin.”

“Bu nasıl mümkün olabilir?” diye sordu Scrooge huysuzlukla. “Tüm gördüğüm karanlık boyunca ilerleyen parlak çizgiler. Hangi yöne gittiklerini anlayamıyorum.”

“Tabii, tabii,” diyerek iç çekti Hayalet. “Gözlerinin tam önündeyken bile hareketi görme konusundaki sınırlı yeteneğini unuttuyordum. Şimdi hızlı hareketlerin farkına varabilmen için zaman algını hızlandıracam.” Hayalet bunu söyledikten hemen sonra Scrooge’nin etrafındaki dünya hareketsiz halde donup kaldı. Kontrol panelindeki yanıp sönen ışıklar Hayalet konuşurken hangi halde iseler o halde donup kaldılar. Pilotlar kontrol panellerinin başında birer heykel gibi oturuyorlardı. Dışarıdaki manzara ise yine benzer şekilde donmuş olsa da, bu belirgin bir fark yaratmıyordu. Dışarıda daha önce bulunan uzayın enginliği, Scrooge’nin normal zaman algılayışından hiç de farklı değildi.

Tamamen hareketsiz geçen bir süreden sonra, Scrooge başka bir lazer ışınının görüş alanından geçtiğini gördü. Değiştirilmiş zaman algısına göre bile ışık çok hızlı hareket ediyordu fakat en azından geçişi nedeniyle gaz atomları hızlıca parıldarken, Scrooge ışının hareketini görebiliyordu. Işın soldan sağa doğru hareket ediyordu ve Scrooge bir uzay gemisinden diğerine mesaj taşıyan kısa ışınların karmaşık dizinini görebiliyordu. Gözlerinin önünde egzotik, parlak kırmızı boncuklar gibi parlıyordu. Kısa süre sona ise bir başka ışın aynı yoldan geçti fakat bu seferki ters yönde ilerliyordu.

“İki lazer ışınının hızlarını fark ettin mi?” diye sordu, Scrooge’nin etrafında her şeyin arasında normal hızda kalan yegâne nesne olan Hayalet. Scrooge’nin, zaman algısını değiştirmiş ve zamanı kontrol ediyormuş gibi görüldüğünden, kendi hızını da istediği noktada tutabiliyor olması hiç de şaşırtıcı değildi. Hayalet o sırada gençliğinin ilk dönemlerini geçmiş, gür saçlı ve sarıkık bıyıkları olan bilge bir adam halinde, olgun ve etkileyici görünüyordu.

“Evet,” diye yanıtladı Scrooge. Tespit edebildiği tek hareket bu ışık huzmeleri olduğundan, lazer ışınlarını çok dikkatli gözlemliyordu. “Tüm söyleyebileceğim, her birinin zıt yönlerde olsalar da, diğeri kadar hızlı hareket ettiği.”

“Kesinlikle!” diye bağırdı Hayalet ve tam bu anda kontrol panelindeki ışıklar tekrar yanıp sönmeye başladı. Pilotlar hareketsizliklerinden çıkmış ve kontrol sisteminde bir takım küçük ayarlamalar yapmak üzere sağa sola uzanmaya başlamıştı. Gö-

rünüşe göre gösteri sona ermiş olsa da, Scrooge ne öğrenmiş olduğunu - eğer öğrenmişse - keşfedemeden, işin ortasında kalmıştı.

“İki ışık ışınının aynı hızda hareket etmesi sana garip gelmiyor mu?” diye devam etti rehberi. “Ne de olsa, bir tanesi bize doğru gelen bir gemiden gönderiliyor, diğeri ise bizi arkamızdan takip eden bir gemiden. İki durumdaki göreceli hızlar çok farklı. Bize doğru hareket eden gemi bizi takip eden gemiden çok daha fazla bir göreceli hıza sahip. ‘Zorlu takip, uzun takiptir,’ diyor eski bir denizcilik sözü. Gemilerimizin göreceli hızları bu kadar farklıysa, her bir gemiden gönderilen ve bu gemilere göre aynı hızla hareket eden ışık ışınlarının, bize de aynı hıza sahipmiş gibi görünmeleri garip değil mi?”

Scrooge yanıt vermek için ağzını açtı fakat Hayalet ara vermeden devam etti. “Tabii ki öyle. Garip görünüyor. Çünkü garip. Garip ve gerçek. Işık hızını kim nereden ölçerse ölçsün, her zaman aynı olduğu defalarca kanıtlanmış, gözlemlenebilir bir gerçektir. Nasıl hareket ettiğinden, ışık kaynağının sana göre ne kadar hızla hareket ettiğinden bağımsız olarak, ışığın her zaman tam olarak aynı hızda hareket ettiğini göreceksin.”

“Fakat bu mantıklı değil,” diye karşı çıktı Scrooge.

“Mantıklı olması gerekmiyor. Bu bir gerçektir ve evren hakkındaki gerçeklerin sana ‘mantıklı gelip gelmeleri’ önemli değildir. Ne ise o. Neden böyle olması gerektiğini anlamayabilirsin fakat bu gerçeğin sonuçlarının neler olduğunu değiştirmez. Gerçek olan, nasıl hareket edersen et, onu gördüğün referans çerçevesi ne olursa olsun, ışığın daima, tam olarak aynı hızlı hareket ediyor görüneceğidir. Bu göreceli olmayan bir gözlemdir. Işık hızı özeldir ve aslında Einstein’ın ‘Özel Görecelik Teorisi’nin temelidir.

“Işık hızının özel davranışının, aslında ışıkla ilgisi yoktur. Özel olan ışık değil, hızdır. Uzayda sınır teşkil eden bir hız vardır ve hiçbir şey bundan daha hızlı gidemez, denersen öyle olduğunu görürsün. Hız, daha doğrusu göreceli hız, sonsuza kadar artamaz. Bir uzay gemisinin içinde sürekli ivmelenerek giderken, daha hızlı gitmeye çabalarsan, dışarıdaki herhangi bir gözlemcinin hızının giderek arttığını ve sınır hıza yaklaştığını fakat asla onu geçemediğini görür. Hiçbir gözlemci, kendisi nasıl hare-

ket ederse etsin, senin ışık hızından daha hızlı gittiğini görmeyecektir.”

“Dışarıdaki gözlemciler konusunda bu kadar endişelenmeye ne gerek var?” dedi Scrooge. “Kendi hızımızın ne olduğunu göremez miyiz?”

“Onu hiç göremezsin,” diye yanıtladı Hayalet, sabırla. “Asla kendi hızını göremezsin. Tüm hareketler görecelidir ve açıkçası, kendine göre hareket edemezsin. Her şey yanından aynı hızla geçiyorsa, bunu sen hareket ediyorsun ve diğer her şey hareketsizdir şeklinde yorumlayabilirsin fakat bu sadece bir *yorumdur*. Asla kendini kendine yaklaştırıyor ya da kendinden uzaklaştırıyor olamazsın. Göreceli hareket söz konusu olduğunda, sen kendin her zaman kendi evreninin merkezinde olursun.”

“Peki öyleyse,” diye sürdürdü itirazını Scrooge ve farklı bir yönden atak yapmayı denedi: “Göreceli hareket hakkında bana söylediğiniz tüm bu şeylerden sonra, her hangi bir şeyin hızının nasıl tüm gözlemciler için aynı olacağını anlamıyorum. Bana hızın belirli bir zamanda alınan mesafe olduğun söylediniz fakat bir nesne bana doğru hareket ederse bana olan uzaklığı giderek daha da azalırken, eğer benden uzaklaşıyorsa, bu mesafe büyüyor. Bu durumda, herhangi bir hızın, herkes tarafından aynı görülmesi nasıl mümkün olur ki?”

SABİT IŞIK HIZI

Yapılan deneyler sonucunda, ışık hızının kim ölçerse ölçsün ya da nasıl hareket ediyorsa etsin aynı olduğu bulunmuştur. Bu açıkçası saçmadır! Bu aynı hız, Maxwell’in elektromanyetik dalga denklemlerinden de hesaplanabilir. Yine bu hız, gözlemcinin nasıl hareket ettiğine de bağlı görünmemektedir. Artık ışık hızının, kimin baktığı ya da nasıl hareket ettiğinden bağımsız olarak sabit olduğu çok iyi biçimde tespit edilmiştir.

Einstein’ın *Özel Görecelik Teorisi* bu deneysel gerçeğe dayalıdır. Bu gerçekte yatan kafa karıştırıcı unsur, bir nesneye doğru hareket edilir ya da ondan uzaklaşılırken, nesneye olan uzaklığın değişmek zorunda olması gerçeğidir. Işığın hızı değişmez ise ve hız, uzaklık bölü zaman olduğuna göre, *zamanın* değişmesi ge-

rektiği ortaya çıkar. Sonuçta gözlemcinin hareketine bağlı geçen zaman da, aynı uzaklık için olduğu gibi, Özel Görecelik Teorisi'nin çarpıcı bir özelliğidir.

Einstein'ın teorisi, uzayın göreceli olduğu fakat zamanın olmadığıdır ki bu tez, Galileo göreceliliğinden daha kafa karıştırıcıdır. Bununla birlikte, ışık hızını formüllerde bir sabit olarak kullanmak en kolay yoldur ve bu sabit de formüllerde doğru sonuçlar vermektedir.

“Sorun kendi yanıtını veriyor. Gözlemciler farklı mesafeler fakat aynı hızlar görüyorlarsa ve hız da, mesafe bölü zamansa, gözlemcilerin farklı zamanlarda görüyor olması gerektiği ortaya çıkar. Bu tek olasılıktır. Bu, Özel Görecelik Teorisi'nin bir sonucudur. *Zaman da görecelidir.*

“Işığın sabit hıza sahip olmasının temeli de budur. Farklı gözlemciler, aslında ışığı farklı mesafeler alırken görürler. Eğer gözlemci ışıkla buluşacak şekilde hareket ediyorsa, buluşmadan önce çok fazla hareket etmesi gerekmez. Eğer ışıktan uzaklaşıyor ise daha fazla mesafe gider. Bununla birlikte, ışığın bir noktadan başka bir noktaya gitmesi için geçen zaman iki gözlemci tarafından farklı bulunur ve hız demek olan mesafe bölü zaman oranı, iki durum için de aynıdır.”

“Bu doğru olamaz,” diye karşı çıktı Scrooge. “Zaman zamandır! Kendisine hiçbir şey yapamayacağımız tek şeydir. Zaman sabit hızla akar ve herkes için aynıdır. Zaman hakkında söylenecek tek şey varsa, o da mutlak olmasıdır!”

“Az önce gördüğümüz oran, bir şeyin zamanla nasıl değiştiğinin bir ölçüsü demek olduğundan, zamanın akma hızı ile ilgili ifadeni ciddiye almayacağım. Zamanın kendisinin zaman ile nasıl değiştiğini nasıl ölçebilirsin ki?” Hayaletin bilgiçlik taslayan ses tonu, Scrooge'den biraz daha iri ve nispeten daha genç bir adam olarak görünse de, gayet uygunsuz kaçıyordu fakat şimdi daha da yaşlanmış ve grileşmeye yüz tutmuş bıyığı ile çılğın, dağınık saçları olan olgun bir adam halini almıştı. Konuştuğu zaman sözleri bir otoriteye sahipti.

“Mutlak bir zaman yoktur; mutlak bir konum ya da mutlak bir hız olmadığı gibi. Bunların tümü onları gözlemlediğin izle-

me noktasına bağlıdırlar. Evrenin ışık hızını tüm gözlemciler için aynı görünür hale getirmesi hiç kolay olmadı. Bunu yapabilmek için, uzay ve zamanda ciddi bükülmeler olarak görünen ışık konileri meydana getirdi. Işık hızının değişmezliği, açıkçası evrenin kendisini güçlü hissettiği bir noktadır.”

Işığın tüm gözlemciler için sabit bir hıza sahip olması gerçeğinin Scrooge’yi daha da etkilemesi amacıyla Hayalet durdu ve ona baktı.

“Işık, elektromanyetik bir hareket biçimidir ve bu yüzden de havadaki ses dalgaları ve suda yayılan halkalara benzer görünür. Dalganın hareket hızı pek çok şeye bağlıdır; hava basıncı ile sıcaklığına, su yüzeyinde yağ olup olmadığına ve her tür çevre koşuluna. Işık içinse durum böyle değildir. Işığın hızı, tüm gözlemlenebilir elektriksel etkileri tanımlayan Maxwell denklemlerinden hesaplanabilir. Sonuç belirli bir değerdir –kayıtsız şart-sız- ve hiçbir şekilde kaynağın, gözlemcinin ya da herhangi başka bir şeyin hareketine bağlı değildir. Bu durum, uzayın göreceliği hakkında inanılan tüm değerlere rağmen, ışığın belirli bir hıza sahip olması durumunun mutlak bir referans çerçevesi olması zorunluluğunu akla getirir. Ama doğa, ışığın her çerçeve için aynı hıza sahip olmasını sağlayarak böyle bir çerçeve gereksinimini ortadan kaldırmıştır. Işık hızı tüm gözlemciler için aynıdır ve bu durum uzay ve zamanın bükülmesini gerektirir ki bunlar görülmüş ve *görölmektedirler*.



LORENTZ DÖNÜŞÜMÜ

Galileo dönüşümü, $x' = x + vt$, iki çerçeve göreceli v hızıyla hareket ederken, çerçevelerden birinde ölçülmüş olan x koordinatının ve t zamanının diğer çerçeveden de hesaplamasını sağlar. Galileo bağıntılarında pek sık adı anılmayan fakat varsayılan başka

bir denklem daha vardır ve bu $t' = t$ dir; yani zamanın her zaman sabit olduğu varsayılır.

Galileo dönüşümüyle, nesnelerin hızları farklı hareket eden çerçevelerden ölçüldüklerinde, asla aynı hızı vermezler. Işık hızı, c , her zaman aynı olacaksa, farklı bir dönüşüm biçimi kullanmak zorunludur ve bu da Lorentz dönüşümleridir.

$$x' = \gamma (x + vt)$$

$$t' = \gamma (t + \frac{vx}{c^2})$$

Burada γ , düşük hızlar için 1'e çok yakınken, v hızı, ışık hızı olan c 'ye yaklaştıkça büyüyen, oldukça karmaşık bir çarpandır. v 'nin c 'den çok daha küçük olduğu düşük hızlar için Lorentz dönüşümleri Galileo dönüşümleriyle neredeyse aynı sonuçları verirken, yüksek hızlarda çok farklı hale gelir.

Lorent dönüşümlerinden çıkan çeşitli kestirimler, tamamen deneysel olarak test edilebiliyor ve her ne kadar şaşırtıcı olsa da, doğru oldukları bulunuyor.

.....

“Zamanın bu değişkenliği yüksek hızlar söz konusu olduğunda başka garip bükülmeleri de ortaya çıkartır. Etkilerin belirli olmasına yetecek kadar hızlı hareket eden herhangi bir nesne, gözlemciye doğru hareket etmediğinde, daha kısa olarak gözlemlenecektir. Burada gözlemlemek kelimesini kullansam da, bunun bir tür optik yanılgı olmadığını anlamamı isterim. Işık hızına yakın bir hızda hareket eden bir nesneye bakarken nesne gözümüze garip görünür çünkü ondan gelen ışığın gözlere ulaşması için geçen sürede nesne çok uzun bir mesafe kat etmiş olur. Her zaman cisimlerin geçmişte nerede olduğunu görürsün; şu anda *oldukları* yeri değil. Işığın sana ulaşması için geçen süreyi ihmal edilebilir varsaysak da tüm bu etkileri hesaba kattıktan sonra, hala cismin daha kısa göründüğünü tecrübe edersin. Bu durumu nasıl ölçmeye çabalarsan çabala, nesnenin daha kısa olduğu ortaya çıkacaktır. Muhtemelen senin de fark edeceğin gibi, nesne gerçekten *kısalmış gibidir*. Senin için kısalmış olan bu boyut, aslında aynı zamanda onun gerçek boyutu olacaktır fakat

nesne ile birlikte hareket eden herhangi bir gözlemci için, aynı nesne normal boyutunda görünecektir.”

“Bu nasıl olabilir?” diye karşı çıktı Scrooge, pek de etkileyici olmayan bir biçimde. Sağduyu ve normallik adına karşı çıkması gerektiğini hissediyorsa da, bu iki kavram için olan hisleri de hızla yok olmuştu.

“Bu nasıl olabilir?” diye tekrarladı öğretmeni sabırsızlıkla. “Bu nasıl *olamaz?*” da diyebilirdin. Doğa nasıl isterse öyle olduğunu fark etmek zorundasın ve senin dileklerin ile önceden getirdiğin kavramlarının bu bakımdan pek az ağırlıkları vardır. Nasıl ya da neden doğru olduğunu ya da doğru olmasının gerekip gerekmediğini tartışmanın faydası yoktur. Gözlem, bu boyut kısılmasının doğru olduğunu göstermektedir ve bu nedenle de konu kapanmıştır.”

Hayalet bir an Scrooge’ye baktı ve ardından devam etti. “Daha ilginç ve garip olan ise, *zaman genişlemesi* etkisidir. Işık hızına yakın hızla hareket eden bir nesneye baktığında, zamanın yavaşladığını görürsün. Saatler daha yavaş çalışır, insanlar daha yavaş yaşlanır, her şeyin meydana gelmesi daha uzun sürer. Bu durumun, söz konusu nesnelerin kendilerindeki bir değişiklik yüzünden olmadığını vurgulamalıyım. Onlarla birlikte hareket eden bir gözlemci için hiçbir değişiklik olmayacaktır; çünkü yoktur. Değişmekte olan, hızla hareket eden bir bakış açısından bakıldığında, zamanın doğasının kendisidir. Bir kez daha söylüyorum, bir yanılgı yok. Gel de gör!”

Hayalet, kontroller üzerinde küçük ayarlamalar yapan pilotlarıyla kısa bir süre konuştu. Zaman geçti. Geçen zaman çok da uzun değildi fakat Scrooge öğretmeni yüzünden zamanın geçişini sorgulama konusunda daha ihtiyatlı hale gelmişti. Uzak bir gezegenin büyüyen halkası ve önünde parlak ‘sefer işaret ışıkları’ ile donatılmış, karmaşık, metal bir şekil görüldü. Bu şeklin, gezegenin yörüngesinde bulunan büyük fakat biçimsiz bir uzay istasyonu olduğu açıkça belirene kadar, şekil büyüyüp netleşti. Daha yakına gelince, rasgele karmaşıklık izlenimi yine pek çok ayrı özellik haline dönüştü. Gözlem kubbeleri, giriş limanları, parlak uyarı ışıkları ile yüzeyde anlaşılmaz ışıklar vardı. Tüm bu muazzam yapı, basınçlı kısımlar ve bağlantı yolları ile borular ve amaçları anlaşılmayan harici aletlerden meydana gelmiş bir

yapboz gibiydi. İstasyonun merkez gövdesinin ucunda da devasa bir kapı vardı ve buradan, uydunun büyüklüğü karşısında ufacık görünen küçük bir uzay gemisi giriyordu.

5 . B Ö L Ü M

Işık Engeli

Scrooge'nin içinde bulunduğu uzay gemisi, diğer bir geminin sardı sıra açık bir kapıdan girerek ilerideki büyük iniş alanına doğru süzüldü. Scrooge ve Hayalet, diğer gemiden ayrılan tek kişiyi takip ettiler. Scrooge hangarda görevli mürettebatın bu garip, tabak şeklindeki geminin önündeki uzay aracını bu kadar yakından takip ediliyor olmasına bir anlam verememiş, korkudan şaşkına dönmüş fakat yorum yapmamış ya da herhangi bir harekette bulunmamış olduklarını görüyordu. Hayalet onların kafalarını o kadar karıştırmış olmalıydı ki, gördükleri gerçekliği kabul edemiyorlardı.



Peşinde oldukları kişi temiz pak ve kararlı genç bir adamdı ve Scrooge'nin gençken okuduğu macera kitaplarından birinin kahramanı gibi görünüyordu. Adamın atletik yürüyüşünü, bir kapının önüne gelip kapıyı çalana kadar takip ettiler. Adam bir an bekledi sonra içeri girdi ve onlar da takip ettiler. İçeride, neredeyse bembeyaz ve köşeli sakalı olan yaşlı bir adamın oturduğu masanın önünde öylece durdular. Genç adam Scrooge'nin hiç anlamadığı bir dilde raporunu sunmaya başladı.

Scrooge yanında hareketsizce durmakta olan Hayalet'e baktı. Manzara, bir takım noktaları vurgulamak için beklediği fikrini veriyordu fakat Scrooge bunların neler olabileceğini düşünemiyordu. "Pekâlâ Hayalet, hadi aydınlatın beni, lütfen. Bu iki adamın konuşmasında neyi önemli bulmalıyım?"

"Yalnızca ikiz kardeşler olmalarını."

"İkiz mi? Bu nasıl olabilir? Biri diğerinden çok daha yaşlı görünüyor."

"Haklısın, gerçekten de öyle."

"Genetik olarak ikiz olsalar da, bir tanesinin bir takım garip ilaçlar yüzünden kardeşinden çok daha sonra doğduğunu mu kast ediyorsunuz?"

"Hayır, tabii ki değil. Bunlar ikiz ve aynı anda, aynı yerde doğdular. Bununla birlikte, büyüdüklerinde farklı kariyerler seçtiler. Bir tanesi pilot oldu ve hayatının büyük kısmını yüksek hızlarda uzayda uçarak geçirdi - ışık hızına çok yakın hızlarda. Kardeşi ise idari bir görev üstlendi ve hayatının büyük kısmını, gezegen etrafındaki yörüngesinde yavaş yavaş dönen bu uzay istasyonunda geçirdi. Cansız ve monoton memuriyeti nedeniyle kardeşini nadiren görür, yalnızca ışık hızına yakın bir hızla, uzun süreli yolculuklarına başlayarak ondan ayrılırken ya da belki bir önceki yolculuktan döndüğünde kısa bir süre. Bu pek de sık olmayan görüşmeler arasındaki zamanda, genç olan kardeş her zaman hareket halindedir ve ışık hızına çok yakın hızlarda hareket eder. Bazen hızla uzaklaşır, bazen de hızla geri döner ve aradaki diğer zamanlarda gezegenler arasındaki işlerini sürdürürken diğer yönlerde hareket eder. Her zaman daha genç olan kardeş daha yaşlı olan ikizine göre hareket halindedir ve her zaman ışık hızına çok yakın bir hızdadır. Bundan dolayı da daha yavaş yaşlanır."

“Bir dakika! Bir dakika!” diye araya girdi Scrooge. “Bana tekrar tekrar, her hareketin göreceli olduğunu ve referans çerçevelerinden herhangi bir tanesinin diğerine göre hareketli olarak kabul edilebileceğini söylemiyor musunuz? Bu durumda, uzayda dolanan kardeşin de, masaya bağlı olan ikiziyle aynı hızla *on-dan* uzaklaşıyor olarak görülmesi ve böylece ikizinin daha genç kaldığını idrak etmesi gerekmez mi? Böyle acı bir manzara karşısında, bana söylediğiniz gibi, durum simetrik görünüyor ve bir çerçeveyi diğerine tercih etmek için hiçbir neden bulunmuyor.”

“Hareketli iki referans çerçevemiz olsaydı, dediğin kesinlikle geçerli olurdu,” diyerek kabul etti Hayalet. “Bu durumda, gerçekten de ikisi arasında mükemmel bir simetri bekleyebilirdin; ve burada iki kardeş arasında mükemmel bir simetri gördüğümüz için, bu tür durumlara *ikizler paradoksu* da denir. Ama böyle bir simetrinin bu durumda etkisiz kaldığı açıktır çünkü yalnızca iki referans çerçevesinden fazlasına ihtiyaç vardır. Özel göreceliğin sonuçları yalnızca *eylemsiz çerçevelerden* yapılan gözlemler için geçerlidir. Bunlar düzgün, sabit bir hızla hareket eden ivmesiz referans çerçeveleridir. Tren vagonunda yalnızca tren bir virajı alıp seni bir tarafa doğru iterek yönünü değiştirdiğinde ivmeyi tespit edebileceğini gördün. Bu durum, ‘hareketli’ treni ‘hareketsiz’ yerden ayırır ya da daha kesin konuşmak gerekirse, ivmelenen tren eylemsiz konumdan ayrılır çünkü yerin hareketsiz olduğunu söyleyebilmen için yeterli nedenin yoktur. *Genel Görecelik Teorisi*, ivmeye sahip çerçevelerle ilgilidir. Bu teori, ivmelenen bir çerçevede mi, yoksa bir *kuvvet* hissettiğin eylemsiz bir çerçevede mi bulunduğunun ayırt edilemeyeceğini söyler. Bununla birlikte, Özel Görecelik Teorisi *ivmesiz* çerçevelerle ilgilenir ve bu teoriyi uygulayarak hareketli ikizin daha ya-
vaş yaşlandığını iddia eder.”

“Bu nasıl iddia edilebilir?” diye sordu Scrooge. “Örneğin, kuzenim yaklaşık olarak benimle aynı yaşta. Benimle aynı hafta doğdu ve cansız, tekdüze bir hayat sürüyor; benden daha hareketsiz bir hayatı var. Herhangi birinin onun hala benimle aynı yaşta olduğunu söyleyebileceğinin farkındayım. Benim tüm etkinliğim beni bir gün bile gençleştirmedir.”

“Bunun olmasını pek bekleyemezsin,” diyerek karşı çıktı Hayalet. “Özel göreceliğin tüm garip sonuçları, ışık hızının sabit olması yüzünden ortaya çıkar, bunu unutmamalısın. Böylesine bir durum gözlemci ışık hızına çok yakın göreceli hızlarda hareket ederken belirgin etkilere sahip olur. Senin gündelik etkinliklerinde bu kadar hızlı hareket ettiğini düşünemiyorum. Eğer edebilseydin ve Dünya’da kalanlar zamanı ölçseydi, Ay’a yalnızca bir saniyede ulaşırdın. Böyle bir hıza ulaştığında da, kendinin bütün bunları daha kısa bir zamanda yaşadığını görürdün.”

Scrooge bu düşünce ile geçici olarak susturulmuştu ve Hayalet hızla hareket eden ikiz hakkında konuşmaya devam etti. “İki insan hızla hareket ediyor fakat birbirlerine göre hareketsiz kalıyorlarsa, Özel Görecelik Teorisi birinin diğerine göre daha yavaş yaşlandığını göreceğimizi iddia eder. Eğer bu durum sabit ve düzgün bir hızla birbirlerinden ayrılmaları olarak cereyan ederse, durum gerçekten simetriktir fakat öyle olunca da doğrudan bir karşılaştırma yapmak için bir daha asla bir araya gelemezler. Daha sonra bir araya geliyorlarsa, içlerinden bir tanesi düzgün hareket etmiyor ve hareket yönünü değiştiriyor demektir. En azından geri dönmek için kendi etrafında dönmek zorundadır. Evde kalan ikiz her gün kendi eylemsiz çerçevesinde sakince oturmaktadır. İvmelenmiyordur ve bu yüzden kardeşinin farklı zamanlarda bulunabileceği farklı çerçevelerin her birine uygulandığında, özel göreceliğin bağıntıları geçerlidir. Her zaman aynı durağan çerçeveden bakmaktadır ve bu nedenle olayları tek bir çerçeveden görür. İkizinin, yönü ne olursa olsun, seyahat ederken daha yavaş yaşlandığını görür ve bir araya geldiklerinde de ikizinin çok daha genç olduğunu fark eder. İkizi daima bir referans çerçevesinden diğerine geçmektedir ve görmeyi beklediği toplam geçen zamanı ifade etmek çok zordur ama kardeşinin yanına döndüğünde bir kez daha onun referans çerçevesinde, aynı zamanda ve aynı yerde, hareketsiz olduğu için ölçülen zaman, geçerli zaman olacaktır.

“İkizler için zaman görecelidir.” diye ekledi Hayalet. “Her ne kadar pratikte bu *zaman genişlemesinin* belirgin hale gelmesine yetecek kadar hızlara ulaşmak kolay olmasa da... Benimle gel de sana göstereyim.” Hayalet topukları üzerinde dönüp odayı terk etti ve geldikleri koridorda hızlı adımlarla ilerlemeye başla-

dı. Scrooge de hızla peşinden gidiyordu. İkizler, daha önce onların yanlarında olduklarını fark etmedikleri gibi, gittiklerini de fark etmemişlerdi.

Hayalet metal duvarlı koridorlardan hızlanarak ilerlerken konuşmasını sürdürüyordu: "Işık hızı tarafından gösterilen tekil davranışı düşündüğünde, ışık hızında ve hatta daha ilerisinde seyreden bir uzay gemisinde olsaydın ne gözlemleyeceğini hiç kendine sordun mu?"

"Hayal edemiyorum," diye yanıtladı Scrooge, "Fakat ışık hızı bu kadar yüksekse, onu aşmanın sanıldığı kadar kolay olacağını düşünmüyorum."

"Ah, bu konuda haklısın. Kolay değildir. Aslında *mümkün* değildir. Bir uzay gemisi ya da başka bir şey ne kadar uzun süre hızlanmaya devam ederse etsin, asla ışık hızını aşamaz. Geminin gözlemlendiği referans çerçevesi ne olursa olsun bu doğrudur. Işık hızı tüm gözlemciler için aynıdır ve bu yüzden ışık hızından *daha düşük* olan her hız tüm gözlemciler için *daha düşük bir hız* olacaktır fakat zaten herkes için aynı olması da gerekmez."

Dosdoğru iniş alanına giden son koridora vardılar ve saptılar. Bu son koridorda hızla ilerlerken, Scrooge ışık hızı muammasını anlamaya çabalıyordu. "Bir geminin hızı bu olağanüstü hıza yakın hale geldiğinde, bir takım nedenlerden ötürü mürettebatın artık geminin hızlanmadığını fark edeceklerini mi söylemek istiyorsunuz? Motorların aniden sustuğunu mu keşfedecekler?"

.....

ZAMAN GENİŞLEMESİ ETKİSİ

İkizler paradoksunun temeli olan zaman genişlemesi etkisi, her iki bakış açısından da kayda değer bir dikkatle inceleme gerektirir fakat bunu yapmak gayet mümkündür. Bu durum deneysel olarak test edilmiş ve büyük bir hassasiyetle doğrulanmıştır. Hızlı uçaklar tarafından dünyanın etrafında hareket ettirilen atom saatleriyle de ölçülmüştür. En hızlı jet uçağı bile yalnızca ışık hızının yüzbinde birinde uçabilir ve oluşan zaman genişlemesi etkisi çok küçüktür. Bu etki ölçülebilir çünkü bu saatler son derece hassas-

tırlar fakat bu yine de zor bir ölçümdür. Çok daha ikna edici sonuçlar, uçaklar yerine parçacıklar kullanılarak elde edilmektedir. Protonlar gibi yüklü parçacıklar ışık hızına çok yakın hızlara kolayca ulaşabilirler ve onlar için zaman %1 ya da biraz daha fazla miktarda değişir. Bazı parçacıklar doğal bir ölçme özelliği taşıdıkları için ölçülen çarpan doğrulanabilir. İyi tanımlanmış bir yaşam süreci ile bir tür radyoaktif bozunmaya uğrarlar. Parçacıklar dairesel bir hızlandırıcıda döndürülüp durduklarında, ölçülebilen yaşam ömürleri artar. Hızı bilinen parçacıklar için tam olarak Einstein'ın *Özel Görecelik Teorisi* tarafından hesaplanabilen miktarda ömürleri uzar.

En iyi testlerin yalnızca küçük parçacıklarla yapılabileceği öne sürülebilir fakat büyük cisimler de zaten birlikte hareket eden birçok küçük parçacıktan başka nedir ki?

“Işık hızının yegâne özelliği, farklı hareket durumlarındaki gözlemciler tarafından görülme şeklidir fakat geminin mürettebatı gemiyi ya da kendilerini hareketli görmezler çünkü kendilerine göre hareket *etmiyorlardır*. Her zaman kendilerini hareket-siz olarak görürler ve bu nedenle de sıra dışı hiçbir şey gözlemlemezler. Motorlar her zamanki gibi çalışmaya devam eder. Gemi hızları ve mürettebat hızlanmayı hisseder, tıpkı geminin hızlanmasının başlangıcında ya da dışarıdaki gözlemcilerin geminin hala yavaş yavaş hızlanmakta olduğunu söyleyebilecekleri gibi. Geminin içindekiler için hiçbir şey olmaz ya da hiçbir şey değişmez. İvmelenme daha önceki gibi devam eder.”

Koridorun sonuna vardılar ve fincan tabağı şeklindeki uzay gemilerine ulaşmak için hangar boyunca ilerlemeye başladılar. Uzay istasyonunun iniş alanında görevli mürettebat onları görmezden geliyordu, tıpkı uçan tabakları ortalarına indiğinde görmezden geldikleri gibi. İşleri nedeniyle geminin bulunduğu alandan geçmeleri gerektiğinde, sadece etrafından dolanıyorlar ve açıkçası böyle yaptıklarını hiç de fark etmiyorlardı.

Araçlarına ulaşp merdivenleri çıkmaya başladıklarında, “Gemideki insanların hızlanmayı hissetmeye devam edeceklerini fakat dışarıdakilerin etmeyeceğini mi söylemek istiyorsunuz?

Bu, gemiyi ilerleten ve diğer çerçevelerden gözlemlenmeyen itiş kuvveti mi var?" diye sordu Scrooge umutsuzca.

"Bir kez daha hayır!" dedi Hayalet. "Motorların itışı her çerçevede gayet belirgin olacaktır. Roket ışık hızına yaklaştıkça halle büyük bir güçle ileri doğru itmeyi sürdürür ve tüm gözlemciler bunun böyle olduğunu görür. Senin hatalı olduğun nokta, bir şey bir kuvvet tarafından sürekli ittirildiği için hızının durmaksızın *artacağı* şeklindeki ön kabulün!"

Scrooge tam gemiye girmek üzereyken inanamaz bir ruh haliyle durdu. "Beni kandırmayın!" dedi iğneleyici bir biçimde. "Kesinlikle, bir şey bir kuvvetle ileri doğru sürekli itildiğinde, giderek daha hızlı hareket edecektir!"

Öğretmeni kapıda Scrooge'nin önüne geçti ve onu geminin kontrol odasına götürdü. "Kuvvetin etkisi," diye devam etti sakince, "*momentumu* artırmakta kendini gösterir. Büyük ablam, Dünya'nın Sahibesi, sana momentumdan ve düşük hızlarda nasıl görüldüğünden bahsetmiştir. Momentumun hız ile doğru orantılı olduğunu ve sonuç olarak da momentumun bir kuvvet tarafından artırıldığında, hızın da eşit miktarda artacağını söylemiştir. Düşük hızlarda momentum, bir kuvvet tarafından meydana getirilen ivme olarak görünecektir; bu da ittiği şeyin *hızında* bir artış meydana getirecektir. Momentum hız ile doğru orantılı olduğundan her iki sonuç da eşit oranda doğrudur. Bir kuvvet ışık hızına yakın hızda hareket eden bir nesne üzerinde etkisini sürdürürse, kuvvet yine momentumun artmasını neden olur; tıpkı düşük hızlarda olduğu gibi. Aradaki fark, momentum sonsuza kadar artmaya devam edebilse de, sistemin hızı, ışığın sınır hızını asla aşmayacaktır."

Artık kontrol panelinin yanındaki koltuklarında kemerleri takılı halde oturuyorlardı. Metalik serdümenler bir grup düğmeye basıyor ve geminin dışındaki alarmların çaldıkları duyulabiliyordu. Hangar alanındaki işçiler aceleyle kaçıştılar. Önce işçiler alanı boşaltılar sonra alan tamamen boş kaldı ve uzaya açılan kapının açılması için hazırlık olarak önce içerdeki hava boşaltıldı. Büyük kapı kayarak açılırken, uzay gemisi sessizce havalanarak dışarı doğru kaydı ve uydudan uzaklaştı. Scrooge ekranda uzay istasyonunun çok sayıdaki ışıklı penceresinin arkalarında hızla küçülmesini izliyorlardı.

“Yani,” diye devam etti Hayalet konuşmasına hiç ara vermemişçesine, “momentum düşük hızlarda hız ile orantılı olsa da, yüksek hızlarda bu doğru değildir. Bir cismin momentumu, cisim ışık hızına yaklaşıırken sınırsızca artmaya devam edebilir. Momentumun düşük hızlar için geçerli olan hızın kütleyle çarpımı şeklindeki bağıntısı konusunda ısrar edersen, ışık hızına yaklaşıırken kütlenin hızı hala artıyormuş gibi görünebilir. Bu pek faydalı bir yaklaşım değildir ve cismin belirli bir özelliği olduğunu, kendi referans çerçevesinde -kaçınılmaz olarak hareketli görüldüğü çerçeve yani- ölçtüğün değere sahip olacağını söylemek daha doğru olacaktır. Momentum, hızla doğru orantılı artmaktan daha karmaşık bir doğaya sahiptir ve sadece hız düşük olduğunda bu bağıntı çalışır.”

“Fakat momentumun doğası nasıl değişebilir?” diye araya girdi Scrooge. “Eğer hareketli bir cismin momentumu daha önce kütlesi çarpı hızı olarak bulunuyorsa ve çıkan sonuç doğruysa, bu durum her şık için geçerli olmak zorunda değil midir? Şimdi nasıl farklı bir şey söyleyebilirsiniz?”

“Herhangi bir fiziksel sonuçtan ya da denklemden asla tamamen emin olamazsın,” dedi Hayalet. “Hiçbir şey sana mükemmelliğe ulaşmış bir bilgi olarak verilmez. Her şeyi deneyler ile keşfetmeli ve tekrar tekrar yapılan gözlemlerle kontrol etmelisin. Kestirimlerin gördüklerin ile aynı olmadığında, teorilerinin yanlış olduğunu kolaylıkla görebilirsin ve onların doğru olduğunu asla mutlak biçimde söylememelisin. Yapabileceğinin en iyisi, teorilerinin *şu ana* kadarki tüm gözlemlerin ile uyuştuğunu göstermektedir. Gözlemlerinin tümü sınırları olan koşullar altında yapılmış olabilir ve bu durumlarda senin teorin gerçek duruma *iyi bir yaklaşımdır*. Tüm gözlemlerin ışık hızıyla karşılaştırıldığında, bundan düşük hızlarda yapıldığında -ki momentum bağıntısı bu hızlarda gözlemler ile mükemmel bir uyum içindedir- doğru görünürken, yüksek hızlarla hareket ettiğinde başarısız olur ve yeni bağıntıların gerekliliği açık hale gelir. Ve bu yeni formül, eskisinin işe yaradığı yerlerde de yeterince uyumlu olmak zorundadır fakat başka yerlerde çok farklı sonuçlar çıkarabilir.”

“Bu yüzden de bilimin hiçbir ifadesinin mutlak olmadığını düşünmeliyim?” dedi Scrooge üzülerek.

“Korkarım öyle. Bununla birlikte, ne kadar iyi tespit edilirse edilsin, her sonuç içinde daha derin ve daha önemli bir gerçek saklıyor olabilir. Bu tamamen konuyu daha ilginç hale getirmeye yarar. Bir cismin momentumunun hızına sıkı biçimde bağlı olmadığını, daha ziyade hızı sınırlı olsa da momentumunun sınırsızca artabileceğini biliyorsun. Enerjisi de benzer bir davranış gösterir. Bir şeye ne kadar enerji verirsen ver, asla ışık hızını aşmasını sağlayamazsın. Kütlesi olan herhangi bir cismin hızı ışık hızına yaklaşırken momentumu da düzenli olarak artacaktır.”

“Bu nedenle de, özel göreceliğin tüm etkilerinin ışık hızına yakın bir hızda hareket eden nesnelere bakmadıkça belirgin olmaması gayet anlaşılabilir,” dedi Scrooge, en azından önemli olan noktayı yakalamış olduğunu hissederek.

“Genel olarak öyle,” diye kabul etti Hayalet de. “Bununla birlikte, enerjinin davranışı ile momentumun davranışı arasında önemli bir fark vardır ve bu oldukça şaşırtıcı biçimde düşük *hızlarda* görülür. Bir cismin hızı ışık hızına yaklaşırken, hem momentumu hem de enerjisi sınırsızca artacaktır. Bununla birlikte, aynı cismin hızı ve dolayısıyla momentumu sıfıra düşerken, enerjisi düşmeyecektir! Enerjinin hız yüksek olduğunda nasıl değiştiğini tanımlayan formül, tahmin edebileceğin üzere, cisim hareketsizken sıfır değerini vermez. Enerji hala çok büyük bir değere sahiptir ve cismin *durgun kütle enerjisi* olarak adlandırılır. Her cismin kütlesi içine bir şekilde hapsolmuş büyük miktarda enerji vardır. Özel Görecelik Teorisinin sonuçlarından biri de kütlenin enerji ve enerjinin de kütle olmasıdır. Bunlar bir bakıma aynı şeyin farklı görünüşleridir. Genellikle bir cismin durgun kütlesine yoğunlaşmış bu kadar büyük bir enerjinin varlığı önemli değildir çünkü tabii ki cisimlerini kütlelerinin değiştiğini görmezsin ve bu enerji *kullanılabilir* değildir. Cisimlerin kütlelerinden bir kısmı eksilmez ya da yeni kısımlar eklenmez ve asla belirgin değişiklikler meydana gelmez ama durgun kütledeki değişim, aslında yine kütle cinsindendir. Enerji başka hiçbir şekilde açığa çıkmaz.

“Eğer kütlesi olan herhangi bir nesne ışık hızına ulaşırsa, kütlesi çok küçük olsa da, enerjisi sonsuz hale gelir. Tüm evrende bunu mümkün kılmaya yetecek miktarda enerji yoktur. Bir sonraki durağımız, bu söylediğimin neden olabileceği sorunları gösterecek.”



GÖRECELİĞE DAYALI ENERJİ VE MOMENTUM

Yüksek hızla hareket eden cisimler tanımlandığında, momentum ve enerji için daha karmaşık ifadeler kullanmak gerekir.

Momentum $\mathbf{p}$ için $p = \gamma mv$ yerine $p = mv$ kullanmak gerekir.

Enerji E için ise $E = \gamma mc^2$ kullanmak gerekir.

γ sembolü, v hızı cıçık hızına yaklaştıkça hızla artan, oldukça karmaşık bir değişkeni temsil eder.

Soldaki momentum ifadesi, γ 'nin 1 değerine çok yakın olduğu düşük hızlarda daha tanıdık bir ifadeye dönüşür.

Enerji ifadesi 0 hıza sahip bir kütlede $E = mc^2 + \frac{1}{2} mv^2$ şekli-

deyken hızı hala düşük fakat 0 değilse, kütledeki enerji ifadesine dönüşür.

İkinci terim, düşük hızlardaki kinetik enerjinin normal biçimde ilave oluşunun ifadesidir.

İlk terim ise durgun kütle enerjisi olarak adlandırılır ve v hızı küçük olduğunda daha büyüktür.

Her şey hareketsiz olduğunda bile $E = mc^2$ eşitliğinde görüldüğü gibi kütle çok büyük bir enerji değerine sahiptir. Bu durum klasik Newton mekaniğinde çok da belirgin değildir çünkü cisimlerin kütleleri değişmediği sürece enerji açığa çıkmadığı düşünülüyordu.

Uzay gemisi evrenin değişmeyen görüntüsü içinde, uzaktaki bir yıldızın parlak beneği görülene kadar hızla seyretti. Sonunda bu benek önlerinde parlayan bir güneş oluncaya kadar büyümeye devam etti. Ekran, küçük kayalardan gerçek gezegenlere kadar her boydan anormal biçimli astreoid ile dolu olan etrafla-

rındaki uzayı gösteriyordu. Hepsi de geçmişte bir zamanlar bir aradaymış gibi belirgin biçimde birbirlerine yakın duruyorlardı. Pek çoğunun yüzeyi oldukça pürüzlü görünüyordu. Yüzeylerindeki büyük curuf ve kraterler ile korkunç biçimde bozulmuşlardı. Bazılarında, gezegenlerin çekirdekleri sökülüp çıkarılmış gibi iç kısımlarına ulaşan oyuklar, yaralar açılmıştı.

Bu kaba asteroid yığını arasında, her ne kadar küre olmasa da yüzeyi düz gibi görünen bir cisim vardı. Sistemin gezegenlerinden kalanlar arasında sürüklenen uzun ve nispeten şişkin bir iğneyi andıran ve uzak mesafeden her şeyden çok roketi benzeyen bir parça vardı. Scrooge için bunun sıradan bir asteroidten başka bir şey olmak *zorunda* olduğu açıktı çünkü yakındaki bir gezegenin ince ve yuvarlak hatlarının önünden geçtiğinde, uzunluğunun neredeyse gezegenin çapı kadar olduğu görülebiliyordu.

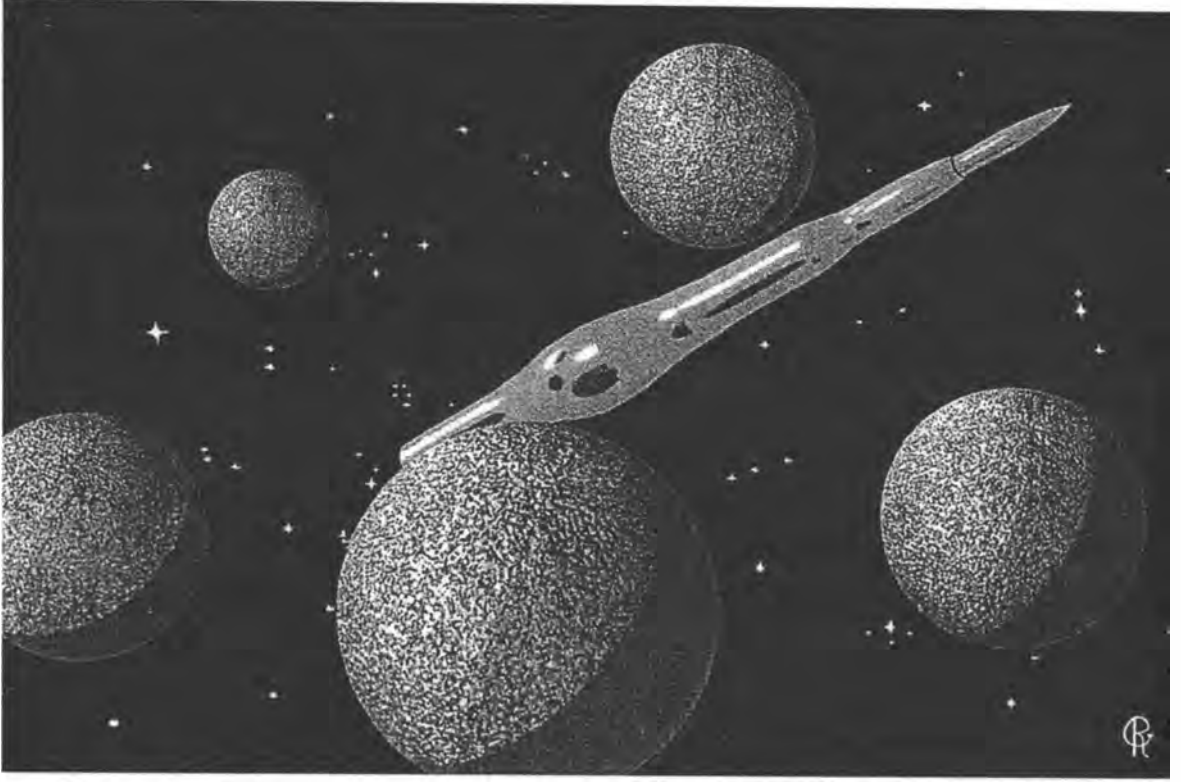
“Neden buradayız ve şu uzun şekil de ne?” diye sordu Scrooge, bu kararsız Hayaletin hevesleri ile evrende plansız bir şekilde sürüklenmekten yorgun düşmüş biçimde.

“Bu bir roket.”

“Saçma. Nasıl olabilir? Çok büyük. Yirmi bin kilometre uzunluğunda olmalı. Ne kadar insan taşınması düşünülmüş acaba? Kesinlikle gezegenlerinin tüm nüfusunu taşıyabilir. Bunun için mi tasarlanmış?”

“Hayır, yalnızca bir pilotu var. Onu yapanlar, bu süreçte güneş sistemlerinin kaynaklarını, yalnızca ırklarının tek bir temsilcisini taşıyacak ve hızını mümkün olduğunca ışık hızına yakın tutabilecek bu tek devasa uzay gemisinin yapımında kullandılar. Bunu başarmak için de yapabildikleri en büyük gemiyi yapmaları gerekiyordu.

“Bir roket, diğer her şeyini olduğu gibi momentumunu da korumak zorundadır. Bu özelliğinden kendisini itebileceği başka hiçbir gücün olmadığı boş uzayda hızla ilerleyebilmek için faydalanır. Dünya yüzeyinde koştuğun zaman, *dünya ile senden* oluşan sistemin momentumunu korumak zorunda olduğun sana anlatılmış olmalı. İleri doğru koşarken, dünyanın kendisi de zıt yönde eşit miktarda momentum emecektir fakat dünyanın kütlesi o kadar büyüktür ki bu geriye doğru hareket hiç hissedilmez. Benzer şekilde, *roket ve egzoz gazından* oluşan sistem de mo-



momentumunu korumak zorundadır. Tüm sistemin kütle merkezi sürekli biçimde hareket ettirilemez fakat gazlar roketin arkasından çıkarken, roket bu gazlar tarafından taşınan momentumu dengelemek için bir miktar ileri yönde momentum kazanır. Gazlar çok hızlı hareket ederse, roket de, her ne kadar ağır olsa bile, oldukça hızlı hareket edecektir.

“Roket sonunda ışık hızına ulaşacaksa, gerçekten çok büyük olan bir ilk kütleyle momentum kazandırmakla başlamak zorundadır. Bu kütle, geminin en son kalacak olan kısmını ileri yönlü büyük bir momentumla itmeye yetecek kadar güçlü olmalıdır. Tasarımcılar, gereksiz kütleleri ve işleri biten tüm yakıt tanklarını atarak gereksiz parçaları hızlandırmaya yakıt harcamamak amacıyla önlemler alarak, söz konusu momentum artışının önünü açmaya çalışırlar. Geminin yakıtında depolanmış olan büyük miktardaki kullanılabilir enerjiye sahip olmak ve gemiden atılması gereken yakıtla birlikte depoların gemiyi terk etmeleri sonucunda daha yüksek momentum sağlamak mümkün olur. Elbette bütün bunlar, başlangıçta harekete geçirilmesi gereken son derece büyük bir ilk kütle gerektiriyor.”

“Fakat tüm bunlar çok saçma! Neden böyle bir şey yapmaları gerekiyor ki? Neden yalnızca ışık hızına ulaşmak için böylesine yorucu bir çaba gösteriyorlar? Ve yalnızca bir pilot var!”

“Bunların felsefesi sana garip gelebilir Scrooge ve ancak eski bir atasözleri ile tam olarak anlaşılabilir.”

‘ 0 * → ☺ !! ’

“Ne yazık ki bu özlü sözü çevirmek neredeyse imkânsız. Senin diline yapabileceğimin en iyi çeviri şu olabilir:

Çünkü böyledir!”

Dev gemiye doğru duraksamadan ilerlediler ve ön tarafına doğru döndüler. Daha önce kendi başına büyük bir uzay gemisi olarak görülen uçan daireleri şimdi bu devasa geminin kocaman kanadı yanında uçarken yalnızca küçük bir sivrisinek kadar görünüyordu. Bir süre kıta büyüklüğündeki itici kademenin eğri hatları üzerinde uçtuktan sonra giderek küçülen, peşi sıra gelen diğer kademeleri de geçtiler. Sonunda bir uçak gemisi boyutunda olan son iticiye ulaştılar ve geminin ana gövdesine ulaştılar. Bu yalnızca bir kaç metre uzunluğunda küçük bir noktaydı ve bu devasa enerji havuzunun önüne oyuncak bir maskot gibi iliştilmişti.



Devin en ucunda bulunan küçük pilot kapsülünün yanına geldiklerinde, Scrooge'nin yanındaki Hayalet ona doğru uzandı ve kolundan yakaladı. Görüşü bulanıklaşıp kayarken bir an bir şaşkınlık yaşadı. Gözlerinin gördüğü şeyleri yeniden yorumlamak zaman alıyordu fakat o ve yanındaki değişmez eşlikçisinin çok sıkışık bir kabinde oldukları kısa süre sonra anlaşıldı. Aslında o kadar sıkıştı ki, içeride ikisine birden yer olmadığı çok açıktı. Mevcut küçük alan pilot tarafından tamamen doldurulmuştu ve pilot hiç de büyük değildi. Scrooge pilotun boyunun yaklaşık bir metre kadar olduğunu tahmin ediyordu. Yaratığın şekli o kadar garipti ki ayağa kalktığında boyunun ne kadar uzun olacağından hiç emin değildi.

“Planlanan sahibinin bile zar zor sığdığı bu kabinin içine biz nasıl sığabiliyoruz? Daha önceki gemimizden buraya nasıl geldik?”

Scrooge yaşadığı deneyimleri düşündükçe daha da kızgınlıkla konuşmaya başlamıştı. “Bir yerden bir yere bu kadar hızlı biçimde nasıl hareket edilebileceğini anlatıp, fiziksel olarak neyin mümkün neyin mümkün olmadığını vurguluyorsunuz. Dahası, bir yerden bir yere, bir zamandan bir zamana hareket ediyor ve hatta kesinlikle imkânsız biçimlerde boyutlarımızın değiştiğini görüyoruz. Bunu tüm öğretilerinizi nasıl bağdaştırdığınızı sorabilir miyim?”

Hayalet, Scrooge'nin saldırgan ses tonu nedeniyle hiç de tedirgin olmuş gibi görünmüyordu. “Ah, evet gerçekten çok haklısın. Deneyimlerinin pek çoğu aslında imkânsızdır; tamamen imkansız. Bu muammanın anahtarı ‘hareket ediyor görünmek’ ifadesinde yatıyor. Bu ana kadar gördüğün ve göreceğin her şey hayaldir: bir doğruluk anlamı taşısalar da, hayali görüntü ve seslerdir. Ben bir Hayaletim ve bu nedenle hareketlerim ve gözlemlerim temel fiziksel kanunlar ile sınırlı değildir. Sana bir hayal gösterdiğimde, taşıdığı mesaj doğrudur fakat gerçekte mümkün değilmiş gibi görünebilir. Bu benim gibi hayaletlerin doğasıdır. Bu tür davranışlar, fiziksel dünyanın kendileri de fiziksel olan yaratıklarının bakış açılarından yapılan gözlemlerle, senin dünyadaki bazı insanlar için gayet alışılmış bir durumdur. Siz onlara ‘teorik fizikçiler’ diyorsunuz.”

“Pekala, öyleyse,” diye karşılık verdi Scrooge, bu cevap karşısında kısmen sakinleşmiş olarak. “Dediğiniz gibi, eğer yalnız-

ca hayaller ve rüyalar görüyorsam, bir yerden bir yere gitmek için bu kadar zaman ve çaba neden? Örneğin, neden önceden hiçbir hazırlık olmadan hayaller üretilebileceğimiz halde uçan bir dairenin içinde saatler boyunca sıkışıp duruyoruz?"

Hayalet biraz mahcup görünüyordu; en azından, Scrooge'nin Hayaletin giderek artan beyaz saçlarından çıkartabileceği kadarıyla. Bıyığının altından Scrooge'nin pek anlayamadığı bir şeyler mırıldandı: "Açıklayıcı nitelikteki detaylar, sanatsal bir yaklaşımla gerçeğin anlatımını kolaylaştırmayı amaçlamıştır; aksi takdirde anlatılanlar kuru ve ikna edici olmaktan uzak bir metinle izah edilmek durumundaydı."

Tartışırken dev uzay gemisinin pilotu uçuş öncesi geri sayımı sakince tamamlamıştı ve ilk kademe birden ateşlendi. Ay'ın kraterleri gibi görünen motorlar şiddetli patlama ile dışarı doğru kükrediler ve devasa kütle önlerindeki güneş sisteminde etrafta saçılmış kalıntılar arasından yavaşça ayrılmaya başladı.

Dünyaları tüketen alevler içindeki bir kuyruğun önünde ilerlerlerken giderek daha hızlı hareket ediyorlardı. Bir süre sonra, ilk kademe yakıtını tüketip ana uzay gemisinden ayrılırlarken duydukları uğultuyla basınç kesildi; Avustralya büyüklüğünde boş bir kütle kopmuş, güneşe doğru düşüyordu. Kademe ardına kademe ateşleniyor, bir süre alevler saçıp atılıyordu. Giderek daha fazla bölümü arkalarında bırakıp ilk kademe dizisinden kurtulurlarken, yolculuklarına başladıkları yıldızdan gitgide daha hızla uzaklaşan roketin gürültüsü işitiliyordu. Başlangıç noktasına göre hızı hala ışık hızının çok altındaydı fakat özel göreceliğin tuhaf dönüşümlerinin ilk izlerini göstermeye yetecek kadar artmış görünüyordu. Her ne kadar az olsa da, uzay geminin hareket yönü boyunca bir sıkışma başlamış, yıldızlar gökyüzünde bir araya gelir gibi görünür olmuşlardı. Yine çok az fakat hissedilmez oranda, yıldızlar arasındaki boşluğu dolduran dağılmış hidrojen gazı çevrelerini dolduran uzay büzüldükçe, uzaklıkların göreceli daralması yüzünde yoğunlaşmaya başlıyordu.

Roketin son kademesi de ateşlendi, yandı ve atıldı. Artık yalnızca geminin kendisi kalmıştı, ilk baştaki kütlesi ile karşılaştırıldığında küçücük bir noktaydı şimdi fakat harcanmış olan muazzam enerjinin tek mirasçısı da bu parçaydı. Yıldızlar arası uzay-

da bu kadar hızlı biçimde seyrederken, gemi değişmeye başlamıştı. Yanlardan yüksek teknolojiye kömür kanalları gibi görünen hava kanalları açılıyordu. Yan taraflardan karmaşık bobinler ve antenler çıkıyor ve etraflarında küçük elektrik boşalmaları oluyordu. Elektrik ve manyetik alanlar yıldızlar arası gazı iyonize ederken ve geminin basınç motorlarının ağızlarına doğru götürürken, geminin önündeki uzayda soluk bir parlama belirdi. Orada hidrojen bir dizi füzyon motorunu besliyor ve motorların içindeki çekirdek tepkimeleri bu yakıtın kütesinin bir kısmını enerjiye dönüştürüyor ve yanan gazı egzoz halinde atıyordu ve bu da geminin daha hızlı gitmesini sağlıyordu.

Gemi artık ilk başta yola çıktığı büyük miktardaki yakıtın neredeyse tamamını yakmıştı ama hala etrafındaki taze yakıtı toplayabiliyor ve bu yeni kaynak sınırsız görünüyordu. Hızı ışık hızına yaklaşırken ve uzay giderek sıkışırken, yakıt yoğunluğu, yakıt kaynağı da artıyordu. Hidrojen geminin ağızından gitgide daha hızlı giriyordu. Geminin tasarımcıları açısından bu iyi bir haberdi. Kötü haberse, gelmekte olan hidrojen yakıtının da giderek hızlanmasıydı. Hayalet, gemi böyle hızlı hareket ettiğinde içeri giren atomların da ışık hızına yakın bir hızda çeperlere çarptığını açıkladı. Gelen hidrojen atomlarının çekirdekleri, *Yıldız Savaşları* silahları kadar şiddetli bir potansiyel yıkım sağanağı biçiminde tehlikeli boyutta iyonize radyasyon salarak geliyor ve gemi bunun etkilerinden korumak için büyük bir kalkan taşıyordu. Radyasyon dünyaya, haddinden fazla hızlı hareket eden yüklü parçacıklar olarak gelir. Burada ise hidrojen çekirdekleri kendi hızlarında uzayda dolanırken, içinde bulundukları uzay gemisi *onların* üzerine muazzam bir hızla gidip çarpıyordu. Her iki durumda da göreceli hız çok yüksekti ve bu nedenle etkileri aynıydı.

Gemi hızlanmaya devam ederken, gelen hidrojen atomlarının hızı daha fazla artmıyor fakat gemiye çarpan atomların momentumu artabiliyordu. Bunun bir sınırı yoktu. Her enerji yüklü atom gemiye önden çarparken, göreceli momentumunu kaybediyor ve gemiyi de biraz yavaşlatıyordu. Atom bir defa yakalanınca da, motorlarda yakılabilir ve gemiyi iler götürmek için kullanılabilirdi fakat gelen atomlar daha şiddetli çarptıkça net kazanç giderek sabit hale geliyordu.

“Öyleyse toplam kar ve zarar arasındaki denge nedir?” diye sordu Scrooge. “Daha çok atom çarpınca, gitgide daha çok yakıt kullanılabilir hale geliyor olmalıyken, gemiyi ilerletmek için giderek daha az yakıtın kullanılabiliyor olması garip. Net bir kazanç var mı yok mu?” Net kar zarar Scrooge için çok önemli bir kriterdi.

“Senin sorun akademik,” diye yanıtladı öğretmeni. “Çünkü uzayın büzülmesi o kadar uç bir noktaya varmış durumda ki, gemi neredeyse galaksinin bir ucuna vardı. Galaksiler arasında yer alan daha az yoğun büyük boşluklarda, maddenin yoğunluğu o kadar azalır ki, terk edilen galaksiye göre muazzam bir hızla oradan fırlanarak etkin biçimde yol alınabilir.”

Scrooge’nin aklına bir şey geldi; bunu çok geç anlamış olduğunu kabul etmeliydi. “Eğer bu nesne, bu kadar büyük bir hızla bu kadar uzun bir yol aldıysa, bu şey her neyse, evine nasıl dönecek ki?”

“Hiçbir yolu yok. Geminin yavaşlaması, dönmesi ve ters yönde benzer bir hıza ulaşması için bir yöntem kullanılsaydı bile, pek bir faydası olmazdı. Zaman genişlemesi etkisi, buradaki ırkın yok olacağı kadar büyük olurdu. Bu durumda ikiz, çok uzun mesafede ve çok uzun bir süre yolculuk edecekti”

Scrooge şaşırıp kalmıştı. “Bu girişime başlamadan önce bunu biliyorlar mıydı peki?”

“Tabii ki biliyorlardı. Burada gördüğün bu ırkın mensuplarının seninkinden çok farklı bir anlayışa sahip olduklarını söyledim. Şimdi gel. Gitmemiz gerekiyor. Bu geminin kalkış zamanının olması ve yerine dönmesi imkânsız olsa da, biz bu kadar sınırlı değiliz çünkü bir bakıma biz hiçbir yerde değiliz. Sana gösterdiğim bu örnekler sana görünür olan düşüncelerden başka bir şey değiller aslında ve istediğimiz zaman onları bırakabiliriz. Tüm bu oyuncular, evet büyük galaksinin kendisi de, sana daha önce söylediğim gibi yalnızca hayal ve arkalarında hiçbir şey bırakmadan hayali bir şölen gibi sönüyorlar. Bunlar düşlerde olacak şeylerden.”

Hayalet kulağa kuşku verecek biçimde tanıdık bu sözleri söylerken, kısa süreli bir şaşkınlık anı oldu. Scrooge Hayaletin kendi mevcut görünümünden bıktığının ve hızla çok farklı başka bir şeye dönüşme eğiliminin farkına varmıştı. Her şey sona

erdiğindeyse çok garip bir yapının merkezinde birlikte uçuyorlardı. Etraflarında birbirlerine dik açılar ile birleştirilmiş uzun çubuk ve silindirler dizisi bulunuyordu. Her bir bağlantı noktasında şarap raflarına ya da kimya laboratuvarlarında sık sık görülen türden çubuk ve toplardan meydana gelmiş küre modeline benzer üç boyutlu bir şekil oluşturacak biçimde, içinden altı adet silindir in çıktığı bir düzenek vardı. Dik çubuklar, enine ve boyuna çubuklar, Scrooge'nin görebildiği kadarıyla sonsuzluğa doğru genişleyerek sürekli devam ediyor gibiydiler. Bu etki, küre ve silindirlerin her birinden yayılan hafif sarı parlama ile daha da harika bir hale geliyordu.

6 . B Ö L Ü M

Bakış Açısı

Scrooge şaşkınlık içinde, çocuklar için oyuncak inşaat setlerine benzeyen bu tekrarlı devasa yapıya bakıyordu. “Bunun gibi bir yapı nasıl var olabilir? Devasa olmalı, bana gösterdiğiniz dev roketten bile çok daha büyük. Ne herhangi bir ırkın bu ölçekte bir şey inşa etmesi ne de böyle bir yapının doğal olması mümkün değil.”



“Devasa boyutlardan bahsediyorsun fakat bu yapının gerçek boyutlarını ya da ölçeğinin ne olduğunu nasıl söyleyebiliyorsun? Dünyaya küçük bir bakış açısından baktığın ve bir kayada-



ki küçük bir çatlağın sana büyük bir kanyon gibi görüldüğü zamanı hatırlamalısın. Durum böyleyse, bu manzaranın inandığın kadar büyük olup olmadığını söylemenin hiçbir yolu yok. Ortalama bir boyutta olabilir ve senin zaman algın o kadar hızlanmıştır ki bu yapı boyunca istediğin sürece ışık hızına yakın hızlarda bile hareket edebilirsin.”

“Pekala öyleyse, büyük mü, değil mi?” diye sordu Scrooge.

Yalnızca “Fark eder mi?” diye bir cevap geldi. “Gel, bu yapının hareketli bir gözlemciye nasıl görüldüğüne bakalım.” Yatay ve dikey silindirler Scrooge ve yanındaki ileriye hareket ederken geriye doğru kaymaya başladı. Giderek daha da hızlanan bu kayma, etraftaki silindirler arasında boş uzay boyunca hızlanırken sabit bir harekete dönüştü ve ardından da yine hızlı bir harekete.

Hayalet, uçağının göstergeleri bozuk bir pilot gibi aralıklarla etraflarındaki ağa göre olan hızlarını söylüyordu. İlk başlarda ağın görünüşünün giderek hızlanması dışında pek bir değişiklik görülüyordu. Hayaletin söylediği hızlar ışık hızının onda do-

kuzuna ulaştığında ise Scrooge değişiklikleri fark etmeye başladı. Yatak ve dikey silindirler ilk baştaki düz biçimlerinden eğilip bükülmeye başarlarken, boyuna olan silindirler ise birbirlerinden o kadar ayrıldılar ki, peşi sıra gelen ek yerleri birbirinden uzaklaşmış gibi görünmeye başladı. Hızları bu sonu gelmez yapıya göre daha da artıyor ve her iki yanda da ilerlemekte olan ve birbiri ardına gelen yatay ve dikey silindirleri geçiyorlardı.

Scrooge, Hayalet'in uzun saçlarının başının arkasında nasıl dalgalandıklarını gördü ve bunu dile getirdi. "Bana hareket edip etmediğinizi söylemenin mümkün olmadığını ve yalnızca diğer cisimlere göre olan hareketin anlamlı olduğunu söylediniz. Atmosfer ya da rüzgâr hissetmiyorum, öyleyse saçlarınız biz hareket ederken nasıl dalgalanıyor?"

"Ah," diye yanıtladı Hayalet, "Bu yalnızca anlatıcı için hızımızı göstermenin kolay bir yolu."

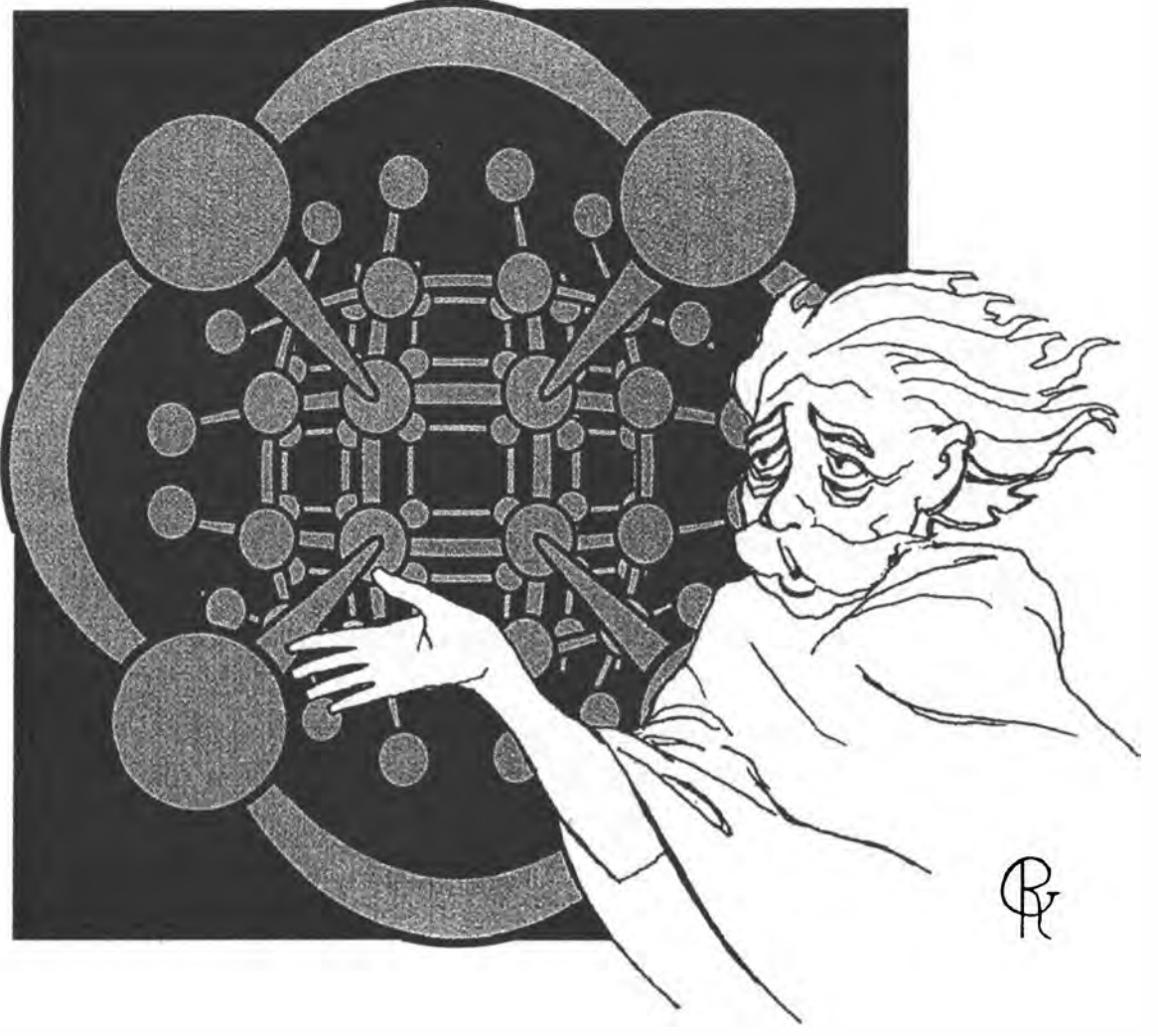
Silindirleri geçme hızları Hayalet tarafından söylendiğine göre ışık hızının yüzde doksan beşine ve sonra da doksan dokuzuna yükseldi. Görünür bozulmalar daha da belirgin hale geliyordu. Yatay silindirler garip biçimde geniş, büyüyen yaylara dönüşüyorlar ve birbiri ardına gelen küre ve çubuk düzlemlerine bağlı olan dikey silindirler ise öylesine genişliyorlardı ki yapının uzaktaki kısımları önlerinde karmaşık biçimde bükülmüş bir mücevher yığını haline geliyordu. Bu durum önlerindeki çubukların onlar yaklaştıkça renklerinin muntazaman sarıdan, koyu, parlak bir maviye dönüşmesi ve hoş bir şekilde parlamaları ile daha da çarpıcı hale geliyordu.

"Fakat bu kesinlikle yanlış olmalı," diye bağırdı Scrooge. Hareketleri momentumun korunmasına hiç aldırmış etmeden birden durdu ve Hayalet meraklı bir halde ona baktı.

"Öyle mi düşünüyorsun?" diye sordu. "Hangi özelliğe itiraz ediyorsun?"

"Uzay ve zamanın görece olarak bükülmesinin, mesafelerin hareket yönünde daha kısa olması anlamına geldiğini söylediniz fakat biz burada düz çubukların da büküldüğünü görüyoruz; hareket yönümüzde bulunan çubuklar kısaltmaktan ziyade genişlediler. Bana gösterdiğiniz şeyler kesinlikle söylediklerinizin tam tersi görünüyor!"

"İki farklı şeyi karıştırıyorsun," diye yanıtladı Hayalet, kesin bir biçimde. "Sana göre hareket eden cisimlerin boylarının kısa-



lacağını söyledim. Daha kısa *görüneceklerini* söylemedim - bu çok farklı bir şey. Cisimleri onlardan gelen ışık sayesinde gördüğünü hatırlamalısın ve bu ışık gayet normal ki ışık hızından daha hızlı gidemez. Işığın yol alması vakit alır ve bu nedenle cisimlerin geçmişteki hallerini görürsün. Onlardan ne kadar uzaktaysan o kadar eski geçmişlerini görürsün. Eğer bir cisme doğru, onun yaydığı ışık kadar hızlı hareket ediyorsan, ışığın sana ulaşması için geçen sürede uzun bir yol alabilirsin. Bu da daha uzaktaki cisimlerin daha da uzak görünmesine yol açar çünkü onları uzaktalarken daha erken görüyorsundur. Bir benzetme yapma izin ver.

“Hayal et ki Victoria döneminde yaşamış atalarından biri, kendisini ziyaret edecek iki arkadaşını bekliyor. Bu tabii ki gerçekten arkadaşlarının olduğu, yaşamının sonraki kısmında oluyor. Bu arkadaşlara Abraham ve Benjamin diyelim. Kalbindeki değişime rağmen, yaşamının büyük kısmını bir münzevi olarak

yaşadığını biliyorlar ve bu nedenle de habersiz çıkıp gelmek istemiyorlar. Yolculukları esnasında her biri yanlarında bir kutu haberci güvercin taşıyor ve her kilometre taşında konumlarını bildiren bir notla birlikte güvercinlerden birini salmak üzere duruyorlar, böylelikle de sen gelişlerinden yeteri kadar önceden haberdar olabiliyorsun.

“Bir vakitte, iki güvercin birden aynı anda hedefe varıyor. Abraham’dan gelen güvercine bağlı notta üç kilometrelik uzaklıkta olduğu yazıyor. Benjamin’dan gelen notsa ise altı kilometre uzakta olduğu bildiriliyor olsun. Bir süre sonra iki tane daha güvercin geliyor. Abraham’ın iki kilometresi kaldığını söylerken, Benjamin’inki beş kilometre diyor. Bundan, aralarında üç kilometrelik sabit bir uzaklık ile sana doğru sabit bir hızla geldiklerini varsayabilirsin. Eğer böyle söylersen hataya düşersin. “Bu mesajların söylediklerini daha dikkatli düşün. Haydi, bu beylerin hareketlerini görmemizi sağlayacak yüksek bir noktadan bakalım.”

Etraflarını çevreleyen çubuk ve küre dizileri yavaşça yok oldu ve Scrooge kendisini dünyaya ait normal bir manzaranın üstünde havada süzülürken buldu, tıpkı Entropinin Gölgesiyle yaşadığı gibi. Aşağıda atlarından inip bir not yazdıktan sonra onu bir güvercinin bacağına bağlayarak göndermek üzere her kilometre taşında kısa süreliğine duran iki adamın at sürdüğü uzun, düz bir yol görünüyordu. Kilometre taşlarının konumlarını karşılaştırarak Scrooge her ikisinin de aynı hızda at sürdüğünü fakat birbirlerinden iki kilometre uzak olduklarını görebiliyordu, üç kilometre değil.

“İşte iki arkadaşı görüyorsun,” dedi Hayalet. “Abraham, Benjamin’in iki kilometre önünde at sürüyor ve ikisi de saatte on kilometre hızla gidiyorlar. Bu hızda her altı dakikada bir kilometre taşı geçiyorlar. Güvercinleri ise saatte otuz kilometre ile uçabiliyor; bu nedenle Benjamin bir güvercin saldıığında, bu güvercin ilerliyor ve sonunda Abraham’ı yakalıyor. Benjamin altıncı kilometre taşına ulaştığında bir güvercin daha salarken, Abraham bu anda dördüncü kilometre taşının yanında olacaktır. Güvercin onu altı dakika sonra yakalayacak fakat bu süre içinde Abraham üçüncü kilometre taşına ulaşmış olacak ve başka bir güvercin salacak. Benjamin’in güvercini varış noktasına

kalan mesafeyi işte bu güvercin ile birlikte tamamlayacak ve böylece ev sahibi, misafirlerinin arasında yalnızca iki kilometre olmasına rağmen, üç kilometre olduğunu bildiren iki güvercini aynı anda alacaktır. Güvercinler aralarında üç kilometre olan noktalardan geliyor olacaklar fakat mesafeyi *aynı sürede almaya-
caklardır*.

“Işık için de aynısı geçerli. Daha uzakta bulunmalarına karşın, daha uzakta bulunan cisimlerden gelen ışık daha önce yola çıkar ve bu nedenle de uzaklıklar sana büyümüş gibi gelir. Gördüklerini bozan temel etki budur. Eğer ışığın sana ulaşma zama-



nını hesaba katarsan, cisimlerin senin bakış açında *gerçekte nerede* bulunduklarının bir ölçüsünü elde edersin. O zaman da uzunlukların görecelik tarafından tanımlandığı üzere bozulduklarını görürsün fakat bu aslında *göreceğin* en belirgin etki değildir. Işığın yol alması için zaman gerekmesi, dikey olan çubukların uzaklara doğru genişlemesi ile yatay olan çubukların da bükülmesini açıklar. Gözlerinin önündeki düz bir çubuğun merkezi uçlarına göre daha yakında olacaktır, bu nedenle de bu uçlar senden uzaklaştıkça bükülmüş görüneceklerdir.”

“Bunların hepsi olabilir,” diye karşılık verdi Scrooge istemeye istemeye, “Fakat gördüğüm şu renk değişimini nasıl açıklıyorsunuz? Eminim bunun ışık hızı ile bir ilgisi yoktur.”

“Aslında var. Bu Doppler etkisi olarak adlandırdığımız şeyin bir örneğidir. Işık, tıpkı bir taş attığın gölün yüzeyindeki dalgalamalar gibi bir dalga biçiminde hareket eder. Bu tür dalgalanmaların bir dalga boyu vardır; dalgalanmada birbiri ardına gelen iki tepe arasındaki uzaklığa dalga boyu denir. Bunların da bir frekansı vardır; herhangi bir anda gölün yüzeyinde suyun saniyedeki aşağı yukarı dalgalanma sayısına karşılık gelir. Bir de hızı vardır ve bu hız dalgalanmaların gölün yüzeyinde hareket ettikleri hızdır.

“Işığın *hızının* sabit olduğunu biliyoruz fakat dalga boyu ve frekansının sabit olması gerekmez. Sana doğru gelen bir ışığa doğru hareket edersen, gelmekte olan dalgalara doğru hızla gidiyorsun demektir ve peş peşe gelen dalgalara ile daha hızlı karşılaşıyorsundur. Işığı daha kısa bir dalga boyu ve daha yüksek bir frekans ile görürsün. Mavi ışık görebileceğin en yüksek dalga boyuna sahiptir ve bu nedenle de sen kaynağa doğru hareket ettikçe ışık daha mavi hal alır. Eğer kaynaktan uzaklaşıyorsan, tam tersi bir sonuç meydana gelir. Dalga tepeleri uzaklaşır ve onları görme frekansı düşer ve ışık kırmızıya kayar. Bu, tıpkı sireni çalan bir ambulansın senin yanından geçtiğini duyduğunda olan etkiye benzer. Siren sana yaklaşırken daha yüksek bir frekans duyarsın, ambulans geçtikten sonra frekans aniden düşer ve ambulans senden uzaklaştıkça da daha düşük bir frekans duyarsın.

“Kendi referans çerçevesinde gördüğün durum ile cisimlerin gerçek konumlarını birbirinden ayırmak gereklidir. Dünyanın

daha gerçek bir durumunu elde etmek için, ona dört boyutlu olarak bakman gerekir. İzin ver göstereyim.”

Scrooge etrafına bakındı ve geniş bir “düzlemde” oturduğunu fark etti. Nerede olduğuna dair bir ipucu yoktu çünkü gökyüzü tertemizdi ve görünen bir güneş ya da yıldız yoktu. Gökyüzü koyu bulutlarla kaplı değildi, sanki bu manzaranın yaratılışında gökyüzünün bir özellik olarak dahil edilmesine zahmet edilmemişti. Etrafında sonsuz ve çıplak, yalnız ve dümdüz bir yüzey yayılıyordu. Belirli bir mesafeden sonra Scrooge’nin gözleri için manzara üzerindeki ayrıntıları seçmek imkansız hale geliyordu; fakat görebildiği kadarıyla sonsuza kadar gayet düz gidiyordu.

Bildik özellikler yoktu ve Scrooge önündeki manzaranın ölçeğini tahmin etmenin imkansız olduğunu fark etti. Düzlemin, ortak merkezli dairelerin bulunduğu bir desen ile işaretli olduğunu gördü. Bu dairelerin her biri daha büyük başka bir daire tarafından çevrelenmişti fakat yine de dış sınırları görebildiğinin ötesine kadar yayılan bir hedef şekli meydana getiriyorlardı. Ani bir akut paranoya hissi ile Scrooge ortak merkezli halkaları olan bu korkunç desendeki hedefin tam da kendisinin bulunduğu noktayı işaret ettiğini fark etti. Manzaranın başka olası anlamlarını analiz etmeye ara vermeden, kendisini bu rahatsız edici önemli konumdan çıkarmak için hızla bir tarafa doğru koştu.

YILDIZLAR İÇİN DOPPLER KIRMIZIYA KAYMA ETKİSİ

Işık hızı değişmez olsa da, kaynak ya da gözlemcinin nasıl hareket ettiğine bağlı olarak, frekans ve dalga boyu değişebilir. Kaynak size doğru geliyorsa (ya da siz kaynağa doğru gidiyorsanız; ikisi de aynı şeydir), dalgalar birbirilerine yaklaşır ve frekans daha yüksek olur. Işığın rengi frekansına bağlıdır ve bu artan frekans, görünen rengi spektrumun mavi ucuna kaydırır. Işık kaynağı sizden uzaklaşıyor ise, etki tam tersidir ve renk spektrumun kırmızı ucuna kayar.

Uzak yıldızlardan gelen ışık spektrumları (Bölüm 11) belirgin biçimde kırmızıya kaymalar gösterir ve bu da hepsinin bizden

uzaklaştığını gösterir. Yıldızın uzaklığı ne kadar büyükse, kırmızıya kayma o kadar büyük olur. Evren, her bir parçası birbirinden uzaklaşıyor halde bir bütün olarak genişliyor görünmektedir.

Scrooge bir süre koştuktan sonra durdu ve tekrar etrafına baktı. Garip bir şekilde steril olan manzara tıpkı önceki gibiydi. Aslında *tam olarak* önceki gibiydi. Kalbi şiddetle çarpan ve normal nefes almaya çalışan Scrooge'nin şu anda bulunduğu nokta orta noktaydı. Bu gözleminin dosdoğru hedefte olduğu hissini azalmasına hiçbir etkisi olmadı fakat ciddi biçimde endişelenmeden önce Hayaletin kaçınılmaz sesi ile dikkati dağıldı.

"Burada uzayı gözlemlene biçiminin bir yolu gösteriliyor. Her bir daire uzayda senin konumundan eşit uzaklıkta noktaları gösteriyor. Bunu anlamış olduğunu görüyorum çünkü nereye gidersen git, etrafındakiler de senin ortada kalman için hareket ediyor ve bunu görebiliyorsun.

"Uzayda etrafına bakındığında olaylar görürsün. Yalnızca olayları görmekle kalmaz, onları gördüğün zamanda ne yapıyor olduklarını da görürsün. Çok ilginç bir şey yapmıyor olabilirler, hatta senin tespit edebileceğin herhangi bir şey de yapmıyor olabilirler. Ne olursa olsun, gördüğün şey budur. Herhangi bir anda, bu anın olaylarını görürsün."

Hayalet bu sözleri söylerken, manzara küçük etkinlik görünüşleri ile dolmaya başladı. Düzlem üzerinde oraya buraya dağılmış bir sürü minik figür vardı. Küçük, hiçbir özellikleri olmayan bu oyuncak figürlerin hepsi de bir tür etkinlik içindeydi. Yemek yapıyorlar, uyuyorlar, ağaç kesiyorlar ya da tohum ekiyorlardı. Bazıları kavga ediyor, bazıları da diğerlerinin yaralarını sarıyordu. Pek çoğu ise pek bir şey yapmaksızın yalnızca oturuyorlardı. Her birinin kendi işi vardı fakat Scrooge izlerken bunlarda da değişimler oluyordu. Ağaç kesenler ateş yakıyor, aşçılar servis yapıp yemek yiyorlar, savaşçılar üstün geliyor ya da belki de ölüyorlardı. Etrafta oturanlardan bazıları ise daha anlamlı bir etkinliğe başlıyorlardı. Her yerde bir değişim vardı.

"Her an farklı olaylar, farklı hadiseler görüyorsun. Daha önce dediğim gibi, herhangi bir anda gördüğün olaylar senin refe-

rans çerçevesinde o anda olan olaylar olmayabilirler. Uzakta bir şey olduğunu görüyorsan, bunun nedeni yalnızca ışığın bu olaydan gözüne gelmesidir. Işığın yol alması zaman alır ve bu nedenle de gördüğün şey, ışığın yola çıktığı anda meydana gelen şeydir, *şu anda* olan şey değil. Gözlerin sana eski haberleri veriyordur.

“Normal işlerinde gördüğün cisimler çok yakındadır ve ışığın onlardan sana gelmesi için geçen süre o kadar kısadır ki, geçen süre hiç önemli değildir. Bununla birlikte, yeteri kadar uzak olan cisimlerin ışıklarının sana gelmesi için geçen zaman uzun olabilir. Güneşinden ışığın sana gelmesi yaklaşık sekiz dakika alır; yakın yıldızlardan ise yıllarca sürebilirken, daha uzak olan yıldızlardan gelen ışık binlerce ya da milyonlarca yıl sürebilir. Onları geçmişte uzun bir zaman önceki halleri ile gördüğünü söyleyebilirsin.”

Hayalet birazcık sağına doğru kaydı. Scrooge bunu fark etti ve ayrıca ilk baştaki paranoya hislerine biraz daha kapılarak Hayalet'in işaretli dairelerin merkezinde bulunmadığını ve *onu* takip etmediğini gördü. Belli ki yalnızca Scrooge vardı burada, bir tek Scrooge.

“Etrafında her tarafa yayılan bu düzlem uzayın bir göstere midir. Kolaylık olsun diye, bu hayal oluşturulurken aslında üç boyutluyken, iki boyutlu olarak gösteriliyor. Bir benzetim yapmalı ve tüm uzayın etrafında gördüğün bu düzlemde bulunduğunu hayal etmelisin. Boyutların sayısını sınırlandırmak, uzay ve zamanın dört boyutu meydana getirmek için nasıl birbirine karıştığını anlamayı çok daha kolaylaştırır. İki boyutun üç boyutta genişlemesini hayal etmek üç boyutun dörde genişlediğinde nasıl görüneceğini hayal etmekten daha kolaydır. Uzay ve zamanın birbirine karışmış halde ürkütücü genişlemesini hayal etmekse son derece zordur. Bu yüzden dört boyutlu görme yeteneğine ihtiyacın vardır.”

Scrooge bu yorum karşısında sinirlenmişti çünkü her zaman en azından kendince sezgilerinin güçlü olduğunu düşünürdü ve pek çok durumda hazırlıksız yakalanmazdı. Fakat mevcut deneyiminin kesinlikle bu durumlardan biri olduğunu kabul etmesi gerekiyordu.

Hayalet Scrooge'nin tepkisine kulak asmadı. “Uzay ve zamanın birlikte nasıl çalıştıklarını görmek için uzay boyutlarına faz-

ladan bir de zaman boyutunu eklemek zorundayız. Uzayı tarif etmek için, sağ ya da sola, ileri ya da geri, yukarı ya da aşağı, birbirlerine dik olan üç boyuttan bahsedersin. Buna, önceki üç tanesi bir şekilde dik olan ve geçmiş ile gelecek arasında uzayan bir zaman boyutu eklemek zorundayız. Öyleyse zaman dördüncü bir boyuttur fakat bizim indirgenmiş gösterimimizde zaman yalnızca üçüncü ve hayal edebileceğin bir yöndür. Zaman boyutu aslında uzayın üç boyutuyla aynı değildir. Önemli farklılıkları vardır fakat önemli benzerlikleri de vardır.

“Şimdi görüşünü, uzay düzlemimizden yukarı ya da aşağı yönde ölçülen zamanı da içerecek şekilde genişleteceğiz. Uzaklık ile aynı ölçekte gösterilebilmesi ve bu yönde çizilebilmesi için, zaman ışık hızıyla çarpılmak zorundadır. Uzay ve zaman, olağanüstü özelliklerini bu hız ölçeği üzerinde gösterirler ve ışık hızı çok büyük olduğu için, kısa bir süre uzayın büyük bir boyutuna karşılık gelir. Etrafındaki düzlemin durumu değişti. Şu anda bu düzlem senin gerçek *şimdini* temsil ediyor; yani hepsi aynı anda meydana gelen olayları, en azından *senin* zamanı yargılayabildiğin kadarıyla. Bu durum aynı anda *gördüğün* farklı olayların, gerçekte daha önce meydana gelmek zorunda olmalarından dolayı artık düzlemde bulunmayacakları anlamına gelir.”

Ortak merkezli halkalar yere doğru battılar ve aynı anda zemin de saydam hale geldi. Önceden altında görecekt hiçbir şey olmadığı için, muhtemelen her zaman öylelerdi. Küçük, daha yakın olan daireler daha az batarlarken, daha uzakta olanlar orantılı olarak daha çok battılar. Artık dairelerin hepsi Scrooge'nin durduğu noktadan başlayıp sonsuz geçmişe kadar aşağılara giden bir halde uzun, genişleyen bir koninin yüzeyinde bulunuyorlardı. Gözlerini kaldırdığında Scrooge, ilkinin aynısı olan ve yine onun konumunu temsil etmekte olan aynı noktadan başlayıp yukarısındaki geleceğe doğru açılan *başka bir* koniyi gördü.

“Bu, ışık konisi” dedi Hayalet. “Geçmiş kısmında uzay-zamanda ışığın senin şu andaki konumuna ulaşabileceği tüm noktalar bulunur, şu anda görebildiğin uzaydaki her şey. Koninin gelecek yarısı ise senin konumundan yola çıkan ışıkları alabilen olayları içerir. Geçmiş konisinde senin şu anda görebilmenin

mümkün olduğu her şey vardır. Sen şu andayken seni görmesi mümkün olan her şeye gelecek konisinde bulunur. Işık konisi kişisel bir şeydir, uzay-zamandaki her *olay* kendi ışık konisine sahiptir. Daha doğru ifade etmek gerekirse, herkesin kendi ışık konisi vardır. Uzay ve zamanda senin konumunda bulunan bir tanesinin kullanımını paylaşırsan diğer her olay senden bir *aralık* ile ayrılmış olur.

“‘Bir aralık ile’ derken ne demek istiyorsunuz?” diye sordu Scrooge. “Bunun, söz konusu noktanın uzayda ya da zamanda uzak olup olmamasına bağlı olarak bir uzaklık ya da zaman olması gerekmez mi?”

“Sözünü ettiğim bir aralık, her ikisinin özüdür,” diye yanıtladı Hayalet. “Genel olarak, olaylar senden hem uzay hem de zamanda ayrı olacaklardır ve ikisi uzay-zamanda bir aralık meydana getirmek için birleşirler. Zaman daha çok uzayın başka bir boyutu olarak düşünüldüğünden, normal uzayın üç ayrı boyutunun birleştirilmesi gibi, bir aralığın uzunluğunun bulunması için de birbirine eklenir. Uzayda herhangi iki noktanın göreceli konumu, birbirine dik üç yön olan üç *eksen* boyunca ölçülen koordinatlardaki farklar alınarak bulunur. Bu üç sayı iki nokta arasındaki mesafeyi verir. Noktalar aynı sol-sağ ekseninde bulunuyorlar ve bir tanesi diğerinin solundaysa, bu büyüklük belli ki noktaların arasındaki uzaklıktır. Eğer ikinci nokta diğerinin solunda olmasının yanı sıra önünde ise, aradaki uzaklık biraz daha büyüktür. İki nokta üç boyutlu uzaydaki konumlarını tanımlayan üç koordinat yönünün iki ya da daha fazlası üzerinde bulunan uzaklıklar ile ayrılmışsa, toplam uzaklık *Pisagor Teoremi* ile bulunur. Bu uzaklığın karesi her bir koordinattaki uzaklıkların kareleri toplanarak elde edilir. Daha fazla koordinatta uzaklıklara sahip olmanın etkisi her zaman noktaların uzaklıklarını artırır. Uzaklıkların kareleri pozitif olduğu için daha fazla kareyi toplamak sonucu asla azaltmaz.

“Zaman koordinatı da toplamı kendi karesine eşit miktarda katkı yapar fakat zamanın dahil edilme biçimi farklıdır. İki olayın zamanları arasında fark olduğunda, zaman farkının karesi toplamın uzay kısmından çıkartılır, toplanmaz. Bu durum özel göreceliğin dönüşümlerinden ortaya çıkan uzay ve zaman arasındaki oldukça özel bir ilişkiden doğar. Zaman kısmı çıkartıldı-

ğı için, uzay-zamandaki iki olay arasındaki aralığın karesi, uzay ve zamanda uzaklıkların göreceli boyutlarına bağlı olarak pozitif ya da negatif olabilir ya da hatta sıfır bile olabilir.”

“Eğer bu aralık uzaydaki iki nokta arasındaki uzaklık gibi bir şey ise,” diye başladı Scrooge düşünceli bir biçimde, “o durumda sıfır aralık ile birbirinden ayrılan olayların da kesinlikle aynı olaylar olması gerekir, öyle değil mi? Uzaydaki iki nokta arasında mesafe yoksa, bunlar kaçınılmaz olarak aynı noktadır.”

“Bu durum uzay-zaman için çok farklıdır,” diye açıkladı öğretmen. “İki olay birbirlerinden sıfır aralık ile ayrılabilirler ve yine de aynı olay olmayabilirler. Aynı ışık konisinde bulunan herhangi iki olay arasındaki aralığın sıfır olması gerekir ve bu nedenle ışık konisi çoğu kez boş koni olarak adlandırılır. Aslında, garip bir şekilde, bunların hepsinin aynı nokta olduğunu söyleyebilirsin. Işık konisinin yakınlarında zamanın genişleme etkisi öyle büyüktür ki ışık konisine çok yakın bir yol üzerinde ilerleyen herhangi bir şey çok az zaman geçtiğini fark eder ve uzayın buna karşılık gelecek şekilde aşırı oranda sıkışması tüm uzaklıkların kısılacığı anlamına gelir. Işık konisinin kendisi üzerinde bulunan herhangi bir yol boyunca bu etkiler nihai sonuçlarına ulaşırlar, dışarıdan bakan bir gözlemci için zaman tam anlamıyla donmuş olur. Bu yol üzerindeki her şey aynı anda olur. Böyle bir yol – gözlemcinin ışık hızında hareket etmesini gerektiren bir yol – üzerinde hareket eden herhangi bir gözlemci zamanın donduğunu fark etmez çünkü görecelik gözlemcinin kendi hareketinin böyle bir etkisini görmesini engeller. Bununla birlikte, etraftaki evren öylesine sıkışır ki tüm evren göz açıp kapayıncaya kadar geçip gider ve *bu* da gözlemci için dışarıdaki tüm olayların aynı anda olması anlamına gelir.”

Hayalet, kolunu uzatıp işaret ederek iki uçlu ışık konisini gösterdi.

“Işık konisinin uzay-zamanı bir kaç ayrı kısma böldüğünü görebiliyorsun. Öncelikle, koninin *içinde* ve koninin *dışındaki* olaylar var. Işık konisinin içindeki noktalar kareleri negatif olan aralıklar ile ayrılmıştır. Başlangıç için bu biraz gariptir, çünkü normal bir sayının karesi, sayının kendisi pozitif ya da negatif olsa da, her zaman pozitifdir. Karesi negatif olan bir uzaklık bu nedenle birazcık özeldir. Aslında bir uzaklıktan çok bir zaman

gibidir. Işık konisinin içindeki aralıklar bu nedenle zaman-benzeri olarak adlandırılırlar. Işık konisinin merkezi boyunca zaman eksinin kendisi yer alır. Bu, sana göre hareketsiz olan herhangi bir şey tarafından takip edilen uzay-zaman üzerindeki yoldur. Işık konisinin iki farklı yarısı vardır.”

Hayalet, uzay-zamanda uçları Scrooge'nin durduğu noktada birbirine değen iki konik sınırı göstermek için işaret etti. “Önünde, geleceğini içeren yarı duruyor; arkadaki yarı ise geçmişini içeriyor. Işık konisinin iki yarısı senin şu anında birleşirler; senin *burada ve şimdi'nde*. Işık konisinin içinde kalarak eksenlerden uzaklaştıkça, senin şimdi bulunduğun yerden başlayıp ışık hızından daha az bir hızla hareket ederek erişilebilecek uzay-zamandaki olaylar bulunur. Bu hız ne kadar yüksek olursa, bu noktalar ışık konisine o kadar yakın bulunurlar. Işık konisinin kendisi ise bir sınırı belirler. Üzerinde yalnızca ışık hızında hareket edilerek erişilebilecek noktalar bulunur ve hiçbir şey de bundan hızlı gidemez.”

Hayalet koluyla bir hareket daha yaparak uzay-zamanın ışık konisi dışında yer alan tüm hacmi gösterdi. “Dışarıda senden kareleri pozitif olan aralıklar ile ayrılmış olaylar bulunur. Normal uzaklıkların pozitif kareleri vardır ve bu aralıklar uzaydaki normal mesafelere karşılık gelirler ya da en azından bir zaman aralığından çok, uzaydaki normal bir aralık gibi bir şeye tekamül ederler. Burada ise yalnızca uzaydan değil uzay-zamanın birleşik boyutundaki aralıklardan bahsettiğimizi unutma. Genel olarak bunlar uzay ve zamanın bir karışımı olacaklardır fakat pozitif bir kareye sahip olduklarından genellikle zamandan çok uzaydırlar ve bu nedenle de *uzay-benzeri* olarak adlandırılırlar.

UZAY-ZAMAN VE IŞIK KONİSİ

Zamanın bazı bakımlardan uzayın boyutları gibi davrandığı görülür. Bu durum, üç boyutlu uzay fikrinin artık bir zaman ekseni içerecek şekilde dört boyutlu uzay-zamanı oluşturarak genişletilebileceği anlamına gelir. Uzay-zamandaki konumlar, bir şeyin hem konumunu *hem de zamanını* tanımladıklarından dolayı *olaylar* olarak adlandırılırlar.

Dört boyutlu grafikler çizmek çok zordur, bu nedenle normal uzayın boyutlarını bir düzlem üzerinde yalnızca iki boyut kullanarak göstermek ve üçüncü boyutla da zamanı temsil etmek üzere kullanmak âdet olmuştur. Uzay-zaman hepsi de gözlemcinin *burada ve şimdi'sinde* kesişen üç kısma ayrılır.

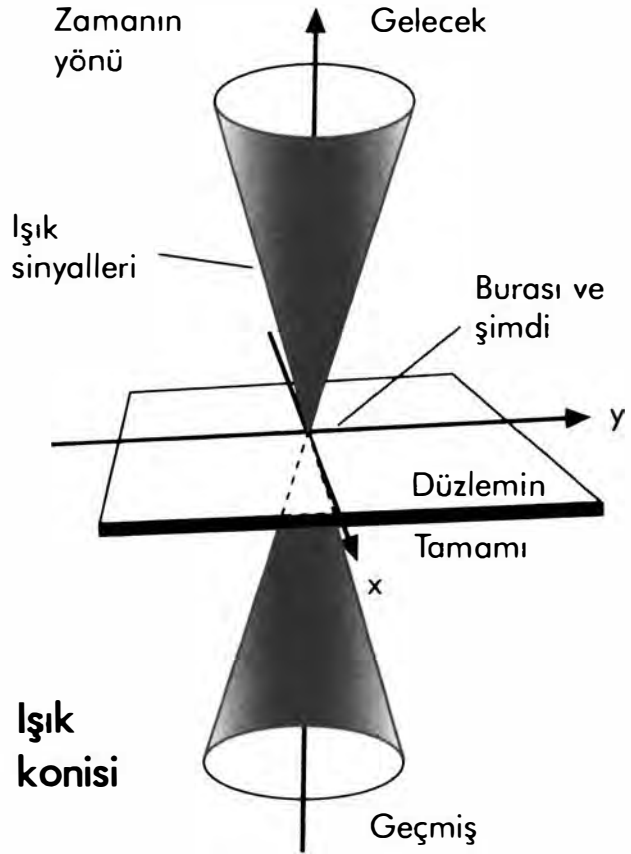
Bölünme, ışığın gözlemciye geldiği ya da ondan uzaklaştığı yol olan ve enerji ve bilgi değişimi sınırını belirleyen ışık konisi ile yapılır.

Işık konisi üç kısma ayrılır.

Gelecek konisi, gözlemcinin *'burada ve şimdi'sinden* giden bir sinyal ile erişilebilecek tüm uzay-zaman noktalarını içerir. Şu andan başlayarak üzerlerinde gözlemcinin herhangi bir etkisinin olmasının fiziksel olarak mümkün olduğu tüm olayları içerir.

Geçmiş konisi ise gözlemcinin *'burada ve şimdi'sine* bir sinyalin ulaşabileceği ve gözlemci üzerinde etkisi olabilecek tüm olayları içerir.

Işık konisinin dışındaki olaylar *uzay-benzeri aralıklar* ile ayrıl-
mışlardır. Gözlemcinin erişiminin tamamen dışındadırlar.



“Uzay-benzeri bir uzaklıktaki noktalar birbirlerinden tamamen yalıtılmışlardır. Birinden diğerine *gidemezsin*. Hiçbir tür sinyal ya da enerji aralarında iletilemez, ışık hızında hareket ediyor olsa bile. Bu, aralarında asla erişilemeyecek çok büyük uzaklıklar bulunan noktalar olması anlamına gelmez fakat uzay-zamandaki olayların bir konumları *ve* bir zamanları olduğunu hatırlarsak, benim dediğim şey bu *zaman* geçmeden bu *konuma* ulaşmanın mümkün olamayacağıdır.”

Hayalet koluyla bir süpürme hareketi daha yaptı ve bu seferki hareketi tüm düzlemi kapsadı. “Bu düzlem, hatırlayacaksın ki, normal uzayın üç boyutunu temsil ediyor gibi kabul edilecektir. Bu uzay artık yalnızca ne görebildiğin değil, aslında senin *ŞİMDİ*’n. Onun üzerinde bulunan olaylar, ışığın onlardan sana gelmek için geçirdiği süreyi hesaba katarak, senin aynı zamanda olduklarını hesapladığın olaylardır.”

“Bu gayet mantıklı geliyor,” dedi Scrooge. “Fakat neden *benim* şimdi’mi temsil ettiklerini vurguladınız. Farklı şeylerin aynı anda olması gerekiyorsa, bu belirli zamanda hepsi de herkes için ‘şimdi’ olacaklardır. Şimdi şimdidir ve benimle hiçbir ilgisi yoktur!”

“Ah, fakat var. Senin için aynı anda olan olayların başkaları için de aynı anda olması gerekmez. Her şey görecelidir. Etrafındaki uzay-zaman haritasına bak. “Işık konisinin merkez ekseninin yalnızca zamanın değiştiği gelecek yolun olduğunu söylemiştim. Bu yön de, ‘şu an’ olarak adlandırabileceğin zamandaki tüm uzayı içeren ‘şimdi’ düzlemini tanımlar. Hızla senden uzaklaşmakta olan bir başka kişi için geleceği düşün. Zaman geçtikçe, senden daha da uzakta olacaktır ve bu nedenle de onun gelecek yolu seninki ile bir açı yapacak şekilde eğilecektir.

“Onun gelecek yolu, üzerinde yalnızca zamanın değiştiği bu doğrudur. Referans çerçevesi tarafından izlenen yoldur - kaçınılmaz olarak hareketsiz olan çerçevenin. Senin kendi uzay-zaman yönlerin olduğu gibi, diğer gözlemcinin de vardır. Yalnızca zamanın değiştiğini gördüğün yön, zamanın *değişmediği bir başkasının* ‘şimdi’ düzlemini tanımlayacaktır. Zaman ve uzay birbirine geçmiş durumdadırlar çünkü onun şimdisini içeren düzlem seninkine göre kıvrılmıştır. Onun zaman eksenini seninkine doğru eğilmiştir. Eksenleri de seninkilere göre dönecektir fakat bu durum normal uzaydan ziyade uzay-zaman olduğu için söz konusu dönme biraz tuhaftır. Normal uzaya dik açılı eksenlere bakıyor olsaydık ve dikey çizgi sağa doğru gidecek şekilde saat yönünde dönseydi, dik açıdaki düzlem saat yönünde döner ve sağa doğru batardı.

“Uzay-zaman eksenini farklıdır. Uzay ile zamanın ışık hızını sabit tutmak için garip bükülmeler yapması gerektiğini söylemiştim. Zaman, uzayın bir boyutu gibi olsa da, *normal* bir boyut değildir. Aslında, zaman eksenini sanaldır.”

Tam bu anda Scrooge hararetle patladı. “Biliyordum! Biliyordum! Sonunda bunun tamamen hayal ürünü olduğunu, gerçeğe benzemediğini kabul ettin. Gerçekten sanal bir eksen!”

“Sakin ol!” dedi Hayalet soğuk bir şekilde. “Bu yalnızca bir isim, kendileri ile çarpıldığında negatif sonuç veren sayılara çağdaş matematikçilerinin verdiği bir isim. Kesinlikle garip bir özelliktir fakat hiçbir şekilde gerçektir değil. Bu tür sayıların sanal olarak tanımlanması talihsizliktir fakat onları hayal gücü kuvvetli sayılar olarak düşünmek daha iyidir; normal sayıların imkansız bulduğu şeyleri yapma vizyonuna sahip sayılar olarak.

“Bu ‘sanal’ doğanın bir etkisidir ve eğer zaman eksenini saat yönünde dönerse, uzay düzleminin de *saatin tersi yönünde* dönmeye neden olur. Hareketli gözlemcinin hızı ışık hızına yaklaşırken, zaman eksenini ile uzay düzlemi birbirlerine yaklaşır ve sonunda da aynı olurlar. Ayrıca ışık hızına yakın hızlarda hareket etmek gerçekten çok zordur.

Scrooge’nin etrafındaki manzara yeni bir gözlemci için uzay-zaman eksenlerini içerecek şekilde değişmeye başlamıştı. Ayrımı netleştirmek için eksen gruplarında renk kodlaması yapılmıştı. Scrooge’nin ışık konisinin merkez ekseninin sağına doğru açı yapacak şekilde kırmızı bir çizgi belirdi. Aynı anda, düzlemin kırmızı hatlı kısmı ona doğru harekete geçti. Bu, yeni gözlemcinin ŞİMDİ düzlemiydi. Üzerinde ise gözlemcinin aynı anda oluyor gözüyle baktığı tüm olaylar bulunuyordu. Yeni düzlem Scrooge’nin orijinal ‘şimdi düzlemi’ne doğru eğildiği için, *onda* yer alan olaylar ayrıca bu yeni düzlemde yer almıyordu. Scrooge’nin aynı anda olduğunu gördüğü olaylar, bu diğer gözlemci için farklı zamanlarda oluyordu. Olay uzayda ne kadar uzaktaysa, olayda yeni gözlemcinin geçmişi ya da geleceği de o kadar uzaktaydı.

“Göreceli zamanın bir sonucunu görüyorsun. Zaman eğer bir zamanlar inanıldığı gibi uzaydan tamamen bağımsız olsaydı, olayların olma zamanları gözlemcinin hızına bağlı olmazdı. Artık biliyoruz ki zaman uzaydan tamamen bağımsız değildir; ikisi birbiri içine geçmiş durumdadır. **Sen**, adet olduğu üzere A ve B olarak adlandırdığımız iki olayın aynı anda meydana geldiğini söyleyebilirsin ve senin için öyle olabilir. Eğer başka bir gözlemci ışık hızına yakın bir hızla sana göre hareket ediyorsa, du-

rumun böyle olmadığını, aslında A olayının B olayından önce meydana geldiğini söyleyebilir. Başka bir gözlemci de zıt yönde hareket ediyor olabilir ve her ikinizin de yanlış olduğunu ve A olayının B olayından *sonra* meydana geldiğini söyleyebilir.”

“Peki hangisi doğru?” diye sordu Scrooge.

“Neden hepiniz de haklı olmayasınız ki? Tabii ki olursunuz! Her biri gerçeği kendisine gördüğü şekliyle doğru olarak açıkladı ve bundan başka ne yapılabiliirdi ki? Mutlak zaman *yoktur*. Burada ve şimdi dışında mutlak ŞİMDİ yoktur. Aynı anda *ve* aynı yerde olan olaylar tüm gözlemciler için aynı zamanda olan tek olaylardır.”

“Uzayın derinliklerine bak!” diye bağırdı Hayalet birden. Scrooge baktı ve aynı zamana rastlayan fakat uzayın engin derinliğinde farklı noktalarda meydana gelen farklı olaylar gördü. Belki de ‘gördü’ demek doğru değildi çünkü artık olaylar meydana geldiği anda farkına varıyordu. Işığın bu tür uzun mesafelerden gözlerine ulaşması için geçmesi gereken büyük zaman konusu Hayalet’in hayali çalışmaları sayesinde halledilmişti, böylelikle kelimenin tam anlamıyla olayları *meydana geldikleri anda* görüyorlardı. Nasıl adlandırırsa adlandırсын, Scrooge bir yöne doğru baktığında bir asteroitin uzaktaki gezegenlerden birinin yüzeyine çarptığını gördü. Farklı bir yöne baktı ve nova aşamasına geçerken birden bir ışık parlaması ile patlayan bir yıldız gördü. Aralarına baktı ve daha az çarpıcı bir şey gördü; yakın bir güneşin yüzeyinden uzun mesafelere yükselen sıcak bir plazma fışkırması.

“Şimdi de bu olayların hareketli bir çerçeveden nasıl görüneceğine bak!” Scrooge ve Hayalet yükseldiler ve sonrasında ise tekrar doğaüstü bir hızla manzara boyunca hızla hareket etmeye başladılar. Gerçekten böyle olduğu konusunda Hayalet onu temin ediyordu. Scrooge’ye göre çok da farklı hareket ettiğini söylemek zordu çünkü hala kendi ışık konisinin merkezinde duruyor ve bir örnek olan etrafı ona hareketini yargılayabileceği güvenilir hiçbir referans noktası vermiyordu. Hayalet ona yeniden uzaklara bakmasını söyledi ve Scrooge novadan gelen patlama ile irkildi. Yakındaki güneşi de görüyordu fakat artık hiçbir karmaşa belirtisi olmadan dengeli ve sakin şekilde parlıyordu. Yakındaki bir gezegene doğru giden tehlikeli bir yörüngede bulunan asteroiti gördü.

Ne kadar uzun olduğunu söyleyemese de, bir süre sonra patlayan yıldızdan arta tek kalan şey olan parlayan gaz kabuğunu gördü. Güneşin sakin yüzeyinden birdenbire yükselen plazma fışkırmasını gördü. Belirgin biçimde talihsiz gezegene doğru giden asteroiti gördü. Novanın kalıntıları fark edilir biçimde yayılıp soğuyorlardı, parlayan çıkıntı tekrar güneşin yüzeyine batıyor ve asteroit gezegenin atmosferini yırtarken alevler içindeki bir meteor haline geliyordu.

“Ve şimdi de ters yönde hareket ettiğindeki olayları görelim!” Bir kez daha Scrooge ile Hayalet yükseldi ve ardından hızla hareket etmeye başladılar fakat bu sefer ters yönde gidiyorlardı. Artık Scrooge etrafına bakındığında, sönmüş nükleer yangınlarından arta kalan enerji kırıntılarını dağıtan ölmekte olan bir yıldız görüyordu. Plazma fışkırmasından önce kararlı ve sakin biçimde parlayan güneşi yine gördü. Asteroitin gezegene çarptığını ve atmosferini yırttığını gördü ve bu Scrooge’ye Sahibe’nin onun şiddetli düşüşü esnasında kendisine eşlik etmesi için gönderdiği anı hatırlattı. Daha sonra, genişleyen büyük bir duman ve su buharı halkası gördü; aşağıdaki yıkımı gizleyen gezegen çapında bir mantardı bu. Ölen yıldız nükleer yakıtını tüketmiş ve nihai çöküş noktasına gelmişti. Yine daha sonra, son hayali aniden çöken ve ardından bir nova patlaması halinde korkunç biçimde parlayan yıldızı gösterdi. Parlayan çıkıntı tekrar güneşin yüzeyine battı ve asteroitin çarptığı gezegen artık tamamen kalın bir bulut mantosu ile örtülmüştü.

“Ve işte görüyorsun,” diye sonlandırdı Hayalet. “Aynı olayların farklı yönlerde hareket eden insanlar tarafından nasıl farklı bir sırada oluyormuş gibi görünebileceğini gördün.”

“Belki öyle gördüm, belki de bana göstermeyi seçtiğiniz hayali gördüm fakat görüş açımın ve nasıl hareket ettiğimin gördüklerimi bu kadar etkileyebildiklerine inanamıyorum.”

“Bunun nedeni zamanın bazı bakımlardan uzaydaki bir yön gibi olmasıdır, böylece bu tür şeylerin bakış açına bağlı olduğunu görüyorsun,” diye karşılık verdi Hayalet. “Normal üç boyutunda bir şeyin görünüşünün bakış açına, ona nasıl baktığına bağlı olması seni şaşırtmamalı. Bir cetvele eğri bir yönden bakarsan, daha kısa olduğunu görürsün ve hızla hareket eden bir çerçeveden bakarsan ise bu sana uzayda eğri bir bakış açısı vere-

cektir ve bu nedenle de onun kısalmakta olduğunu görürsün. Böylesine bir kısalma kendini uzayın rölativistik kısalmasında gösterir. Gördüğün diğer etki olan zaman içindeki iki olayın sırasının gözlemcilerin hızına bağlı olması etkisine gelince, bu normal üç boyutta gördüğün etkiye benzerdir; hızlı hareket ettiğinden gözlemlediğin paralaks etkisine örnek teşkil eder.”

Birdenbire sahne değişti ve Scrooge Hayalet’in bir şey yapmak istediğini fakat dönüşümü yavaş yavaş yapmaya uğraşmadığını gösterdiğini anlamaya başlamıştı. Scrooge şimdi, İngiliz manzara ressamlarının başlıca ekolünün tipik bir çalışmasını akla getiren, manzaranın ortasındaki alçak, otlak tepede duruyordu. Tepenin uzak tarafında küçük ağaçlar yer alıyordu. Scrooge, uzaktaki bir kilise kulesiyle tamamen paralel duran belirgin biçimde düz bir gövdesi olan ağacı orada fark etti.

“Kilise kulesinin ağaçlardan biri ile paralel olduğunu fark edeceksin,” dedi Hayalet. “Tabii ki bu tamamen bir tesadüf. Bir kaç adım sağa gittiğinde neler olduğuna bak. Scrooge söyleneni yaptı ve ağaç ile kulenin artık aynı hizada olmadıklarını gördü, uzaktaki kule şimdi ağacın sağındaydı. Hayalet’in bir başka önerisi ile Scrooge sola yürüdü ve bunu yaparken kulenin de hareket ediyor görüldüğünü ve artık ağacın solunda olduğunu gördü.

“Bunda gizemli hiçbir şey yok,” dedi rehberi. “Paralaks olgusu sana çok tanıdık gelmeli. Hareket ettikçe, bakış açın sana farklı görüş doğrusu verir. Bir konumda, bakış hizası ağacın ve kulenin ikisinden de geçebilir. Görüş açısının sağındaki bir konumda ise ağacın solundan geçecektir. Eğer sola doğru yürümüş olsaydın, doğrun da ağacın soluna geçerdi. “Uzay-zamanda ‘görüş doğru’n zamanı da içerecektir. Farklı bakış açısı da hızlı göreceli hareket ile sağlanır ve uzaktaki cisimlere böyle farklı bakış açılarından baktığında, bakış açına, yani hareket yönüne bağlı olarak daha yakında olanların ‘gelecek’, daha uzakta olanlarınsa ‘geçmiş’ tarafında olduğunu görebilirsin.”

“Fakat bu mümkün olamaz!” diye karşı çıktı Scrooge. “Olayların sırasında belirsizlik olamaz. Bir yemeği pişirmeden önce yiyemem. Bir yazıyı yazmaya başlamadan bitiremem. Sonuçlar nedenlerin ardından gelir ve bu asla bir görüş ya da bakış açısı konusu olamaz!”

“Ölebileceğini söylemedim! Gördüğün olayların birbirleriyle açıkça çok ilişkisiz olduklarını fark etmiş olabilirsin. Bunlar şu sırada ya da başka sırada olabilirler. Onlar arasında hiçbir şekilde neden ve sonuç sorunu söz konusu değildir.” Scrooge gördükleriyle böyle bir izlenim edindiğini kabul etti.

“Farklı gözlemciler tarafından farklı sıralarda görülebilen olaylar birbirleriyle ilişkisiz olmak *zorundadırlar*! Önemli olan nokta bu! Olayların sırası, gözlemcinin hareketini gösterdiği biçime de bağlı olabilir, yalnızca olayların *ayrımı uzay-benzeri* ise. Bu kolayca gösterilebilir. Uzay-benzeri bir ayrımı olan olaylar arasında hiçbir bağlantı, hiçbir iletişim olamaz, fakat *aynı anda* meydana geldiklerini görebileceğin olaylar yalnızca bu tür olaylardır. Bunu sana açıkladım. Eğer iki olay uzay-benzeri bir ayrımına sahipse, neden ve sonuç olamazlar çünkü onlar arasında hiçbir şey birinin diğerini etkilemesi için hareket edemez. Işık bile birinden diğerine gidemez ve hiçbir şey de bundan daha hızlı hareket edemez. Hiçbir şekilde, ne olursa olsun, böyle bir olay diğerini etkileyemez.”

“Fakat olayların birbirleri üzerinde etkileri vardır!” diye karşı çıktı Scrooge. “Eminim ki neden ve sonucun varlığını inkâr edemezsiniz.”

“Ah kesinlikle,” diye karşılık verdi Hayalet itiraz etmeden. “Fakat eğer bir olay diğerinin nedeniyse, ikisinin ayrımı zaman-benzeri olmak zorundadır çünkü neden olan olay bilgilerini bir şekilde sonuç olan olaya göndermek için bir yol bulunmak zorundadır. Olayların ayrımı zaman-benzeri olduğunda, birinin ya da bir şeyin bir olaydan diğerine gönderilmesi, çok hızlı hareket etmek zorunda olsa bile, olay sırasının *tek* olduğunu gösterir. Belirsizlik yoktur. Biri diğerinin geleceğindedir ve bu durum *tüm gözlemciler için* geçerlidir. Yani hiçbir gözlemci onların *aynı anda* meydana geldiklerini göremez. Herhangi bir gözlemci iki olayın aynı anda meydana geldiğini görürse, bu olaylar uzay-benzeri bir ayrımına sahip olmak zorundadırlar.

“Geçmiş ve gelecek sıralarının gerçekten önemli olduğu yer, en azından bir olayın diğerinin nedeni olabilme ihtimalinin bulunduğu yerlerde, tüm gözlemciler için aynı zaman sırasını görecek olmalarında saklıdır. ‘Uzaktaki bir yıldızda ŞİMDİ ne oluyor?’ diye sorabilir ve net bir cevap bekleyebilirsin. Böyle bir so-

ruya verilecek cevap 'kimin sorduğuna bağlı,' olmak zorundadır. Eski bir sözde dile getirildiği gibi: "Şimdi gibisi yoktur.

"Senin geleceğin, uzayda *senin* konumunda farklı zamanlarda meydana gelen olaylar dizisidir. Bunlar geleceğinin yolunu çizerler. Bu yol sürekli art arda konumlar dizisidir. Tane tane kumlar yolun yüzeyini meydana getirir ve her bir tane seni hedefine daha da yaklaştırarak bütünlüğü meydana getirir. Hayat çizgin hayatını tane tane oluşturan bu olaylar dizisidir. Bu yalnızca *senin* geleceğindir ya da aslında uzayda *senin* işgal ettiğin noktanın geleceğidir. Zaman, tıpkı uzay gibi, görecelidir. Şimdi gel, normal uzay görüşüne dönelim."

Scrooge bunu duyduğunda etrafına bakındı ve Hayaletin sözleri biterken soyut 'dört-boyutlu' uzaya dönmüş olduklarını fark etti. Scrooge kendi ışık konisinin merkez noktası üzerinde tekrar ayağa kalktı. Bu tabii ki her biri farklı bir ŞİMDİ üzerinde bulunan sonsuz sayıdaki konilerden sadece bir tanesiydi. Geçmiş çizgisi, geçmişten geleceğe yanında uzanıyordu. Bu çizgi üzerinde yaşamının olayları küçük boncuklar ya da kum taneleri gibi yanından geçiyordu; yaşam çizgisi boyunca gelecek konisinden boşalıyorlardı; şimdisinin dar sınırları arasından geçip, altındaki koniye dökülüp uzak geçmişte giderek kayboluyorlardı.

Scrooge geçmiş ve geleceğini içeren bu ikili koniye ve geçmişe giden zaman tanelerine bakıyordu. İzlerken iki koninin üzerine devasa bir elin kapandığını ve onu tuttuğunu görünce şaşırıp kaldı. Koni yukarı kaldırıldığında gözlerinin önünde geçmiş ve gelecek küreleri, çok uzun beyaz sakalı olan yaşlı bir adamın kemikli eli tarafından sıkıca tutulmuş ve bir kum saatinin alt ve üst tarafları haline gelirken el yok olmuştu. Scrooge, bu ihtiyarın yanındaki Hayalet'in başka bir görünüşü olduğunu anladı, artık Zaman Baba'nın geleneksel görünüşüne bürünmüştü. İkisi birlikte, görünürde hiçbir bina ya da yolun olmadığı, yalnızca kaya, ot ve bir kaç küçük ağacın bulunduğu boş manzarada ayağa kalktılar. Ne kadar kasvetli olsa da, normal üç boyutlu uzaya baktıkları bir manzaraydı karşılarındaki.

Scrooge yaşlı Zaman Baba'ya döndü ve fazla teori yüklenmeye karşı sağduyunun itirazı olarak gördüğü şeyi dile getirmek için son bir girişimde bulundu. "Bana söyledığınız şey de kesin-

likle ciddi olamazsınız. Açıkça ŞİMDİ olan bir zaman olmak zorundadır!" diye karşı çıktı Scrooge. "Sizler, tüm Hayaletler, Zaman geri alınamaz biçimde akarken, bizi ileri doğru taşıyan bir şu anın farkında olmak zorundasınız."

"Böyle fikirleri nereden ediniyorsun?" diye sordu Hayalet ters ters. "Sana zamanın, tıpkı uzayın koordinatları gibi, bir koordinat olduğunu göstermedim mi? Zaman akmaz, sadece *vardır*. Uzayın aktığını söyler misin? Bir yola bakarsan, soldan sağa dümdüz giden bir yola, aktığını söyler misin?"

"Aktığını şimdi siz söyletiniz!" dedi Scrooge oldukça kendini beğenmiş bir biçimde.

"Pekala, evet her zamanki ifade bu," diye kabul etti Hayalet sinirle. "Fakat kimse yolun *gerçekten* aktığına inanmaz. Yol sağdan sola aktığı gibi, soldan sağa da akıyor diyebilirsin ve herkes aslında yolun akmadığını bilir. Yalnızca iki kasaba arasındaki mesafeyi dolduran farklı kısımları ile orada durur."

Bunu göstermek için Scrooge kendisinin ve yanındakinin şimdi her iki yönde de dümdüz akan (eğer bu kelimeyi kullanmaya izin varsa) dar bir yolun üzerinde durduklarını fark etti. Hayalet ayağının yanındaki bir noktayı işaret etti. "Yol üzerinde istediğin herhangi bir noktayı seçebilirsin ve bu noktayı BURASI olarak adlandırabilirsin. Bu nokta seçilince yoldaki diğer noktalar solda ya da sağda kalacaklardır. BURASI'nı birazcık daha solda olan bir nokta olarak seçmiş olsaydın, sol tarafta yakın bulunan noktalar artık bu yeni noktanın sağında olacaktı. Sağ



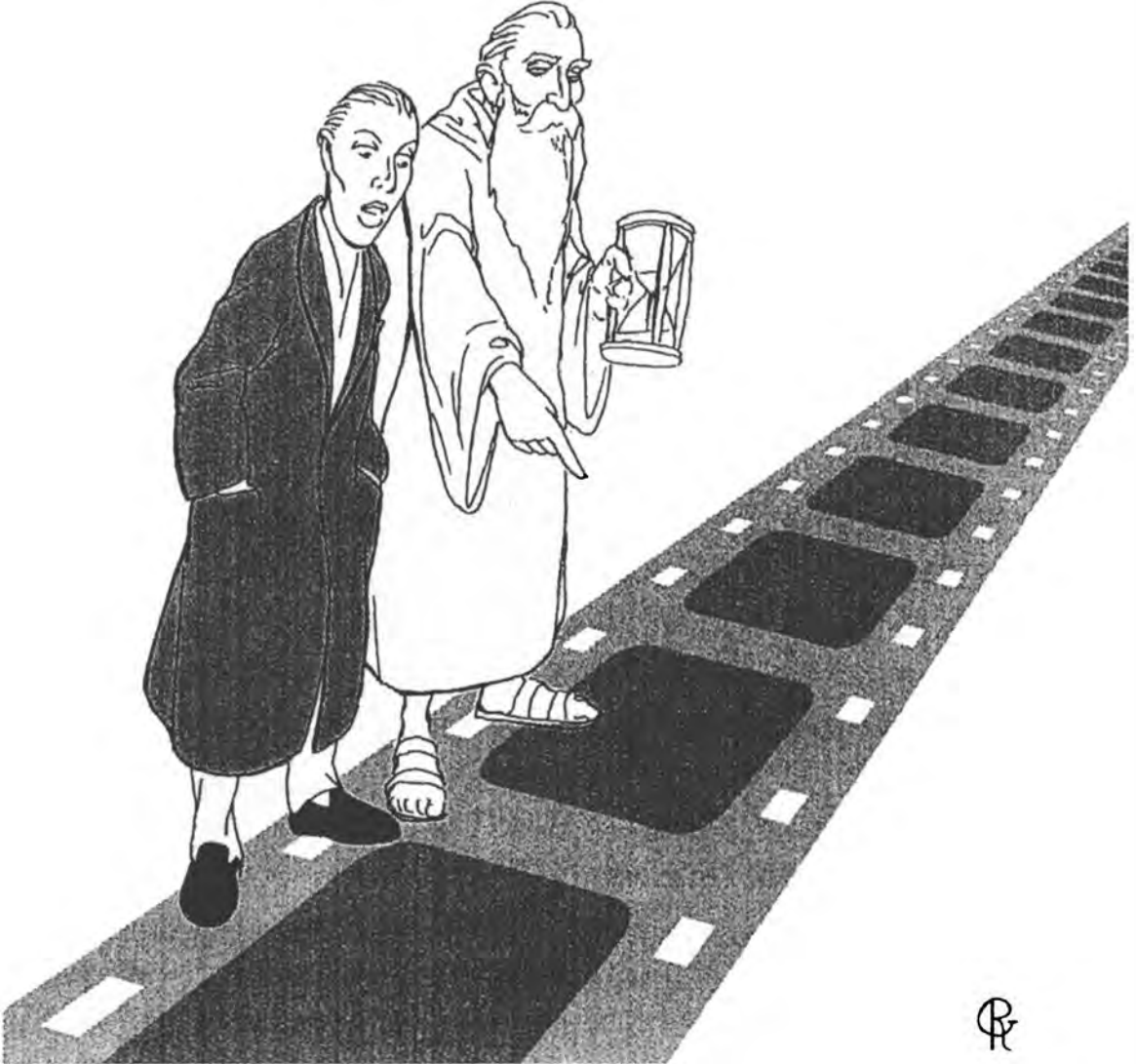
ve sol görecelidir. Aynı şekilde geçmiş ve gelecek de göreceli konumlardır. Sana söylediğim gibi, gözlemcinin olası hareketleri uzay-zamandaki bir noktanın, üzerinde akla yatkın bir etkisinin olabileceği *başka herhangi bir noktanın* geçmişindeki ya da geleceğinde bulunmasını etkilemez. Bir noktanın *geçmişte* ya da *gelecekte* olması ise başka bir şeydir çünkü bu senin zamanda ŞİMDİ olarak adlandıracağın noktaya bağlıdır. Bu kişisel bir şeydir.

“Evrensel ŞİMDİ olmadığını söyledim. Bilinçli bir gözlemci olarak, senin için ŞİMDİ olarak adlandırmayı seçeceğin bir nokta vardır. Arkadaşların ve tanıdıklarınla konuştuğun zamanlarda, kaçınılmaz olarak çok yakınındadırlar. Sonuç olarak onlarla senin ŞİMDİ’nde hiç fark yaratmayacak kadar yakın bir zamanda konuşuyor olacaksın. Diğer insanlar senin işgal ettiğin noktalar ile aynı noktalarda bulunmamak zorundadırlar, bu nedenle de kelimenin tam anlamıyla ortak zamanınız yoktur. Yine de, o kadar yakındadırlar ki değişiklikler fark edilemeyecek kadar küçüktür.

“Burada zamanın *akışı* yoktur. Kişisel ya da ulusal tarihte meydana gelen vakalar, olaylar vardır. Tarihteki her bir olayın kendi yeri ve zamanı vardır. Kişisel tarihin ise bir olaylar dizisi olur – o kadar çok olay vardır ki onları birbirlerinden ayırt etmek için zamanı ‘tarih’ kelimesinin genellikle ima ettiğinden çok daha kesin biçimde aktarmak zorundasındır. Belirli tarih ve yerde doğdun ve bu yaşam çizgini birleştiren noktalardan biri oldu. Diğer uçta ise ölümün yer alır fakat aradaki çizgi üzerinde birbiri ardına gelen olaylar yer alır. Bazıları önemli olaylardır ve kilometre taşları ile belirtilir. Önemli bir sınavdan geçtiğinde, evlendiğinde, çocuğun olduğunda – tüm bunlar önemli anlardır. Böyle önemli anların arasında diğerleri yer alır. Yemek yemeyi istersin ve bu nedenle önünde bir yemek ile bir masaya oturursun. Uzay ve zamandaki bir noktada ellerin çatala uzanır. Başka bir noktada, yakın zaman içinde, elin çatalı kavrar. Uzay-zamanda buna yakın noktalarda, çatalı kaldırdığın, onu bir sosisi tutmak için kullandığın, sosisi ağzına götürdüğün diğer olaylar yer alır. Bu dizinin sonunda ise sosisi ısırır ve çiğnemeye başlarsın fakat ardından başka olaylar gelir. Kilometre taşları arasındaki olaylar uzadıkça uzar ve belirli bir ayırım olmadan birbirinin peşi sıra gelen olay sürekliliği ile sıkıca paketlenir.”

Scrooge'nin ayaklarının bulunduğu yüzey, yolun ortalarında değil de kenarlarında ilerleyen delikli, kaygan, plastik bir görünüme bürünmüştü. Ortada ise Hayalet'in anlattığı olayları gösteren kareler birbiri ardına diziliydi. Her bir resim hareketsiz ve tamdı, hepsi peş peşe izlendiğinde zamanın geçtiği illüzyonunu veren donmuş birer andılar. Zaman yolunda bu 'hareketli resimler' dizisi akıyordu.

"Olaylar birbirine geçmiş durumdadır ve her birinin uzayda ve zamanda kendi konumu vardır. Bir yolda seyahat ederken arkanda bıraktığın kısım senin için bilindik hale gelir fakat önündeki yol bilinmezdir. Yaşamında da bu böyledir. Geçmiş olarak adlandırdığın arkanda kalan kısım, iyi bir hafızan olduğu var sayılırsa, senin için bilinirdir. Önünde bulunan kısım ise büyük ölçüde bilinmezdir fakat her ne kadar bilinmez olsa da geleceğinin de zaman yönünde yayılmış olaylar dizisi olduğundan emin olabilirsin.



“Bununla birlikte, gelecek tamamen bilinmez değildir,” diye devam etti Zaman Baba heyecanla. “Gelecek, geçmişin bir sonucu olduğu için, genellikle neler içereceği konusunda iyi tahminlerde bulunabilirsin. Sosisi ağzına attığında onu yiyeceğinin kesinlikle söyleyebilirsin. Bu düşünce yalnızca zaman dizisinin kendisini değil, gerçekte *zamanda* neler olduğunu düşünmemizi sağlar. Zamanın en önemli özelliği değişim olasılıkları içermesidir. Geçmiş ile gelecek arasındaki ayrımın belirgin olmasının tek nedeni her şeyin değişmesidir. Dolayısıyla geleceğin geçmişten farklı olmasını bekleyebilirsin. Değişim olmadıkça zamanın anlamı olmayacağını söyleyebilirsin çünkü değişim zamanın en gözlemlenebilir etkisidir ve bu nedenle de değişmeye devam edecektir; *Sebeplere* ve *sonuç* olmak için. Artık biz de dikkatimizi bu konuya vermeliyiz.”

7. BÖLÜM

Otomatik Evren

Çıplak manzaranın ortasında bütün heybetiyle duran sakallı, antik Zaman Baba, zamanın doğası ve sonuçları hakkında konuşmaya devam ediyordu. “Zaman değişimi mümkün kılar ve en açık haliyle değişim hareket demektir; bu da mekanik biliminin konusudur. Dünya’nın Sahibesi ile karşılaştığında ve sana enerji ve momentumdan bahsettiğinde, mekaniğin bazı önemli kavramlarıyla tanıştın. Bu korunan büyüklükler cisimlerin nasıl hareket edebilecekleri konusunda engel ve sınırlamalar koyar fakat genel bir kural olarak bir cismin hareket etme biçimi bir kuvvet uygulayarak değiştirilir. Eğer cisim hareketsiz ise kuvvet onu harekete geçirebilir. Eğer cisim hareket ediyorsa, kuvvet hareket etme şeklini değiştirebilir ya da onu durdurabilir. Hiçbir kuvvet olmadığında ise bir cisim düz bir doğru üzerinde sahip olduğu hız ne ise onun ile ilerlemeye devam edecektir. Düzgün hız gözlemcinin referans çerçevesine göre tümüyle göreceli olduğundan, bu cismin mutlak bir hızı olduğunu söyle-

mek için hiçbir nedenin yoktur. Herhangi bir cisim ivme hissetmediğinde kendisini hareketsiz olarak kabul etme hakkına sahiptir. İlginç olan, davranışı meydana getiren şeyin hareketteki değişimler olmasıdır ve bunlar kuvvetlerin uygulanmasından doğarlar. Peki kuvvetler nedir?”

Scrooge’ye bu soru daha önce de sorulmuştu ve bu sefer kendisinden bir cevap almak için sorulmuş olmadığı besbelli olduğundan, yanıt vermemeye karar verdi.

“Bir kuvvet uygulandığında, aslında her zaman kuvveti meydana getiren bir şey vardır ki bu da kuvvetin *kaynağıdır*. Newton’un kanunlarından bir tanesi ‘her etki için eşit ve ters yönlü bir tepki vardır’ der ve bu da bir kuvvetin her zaman iki yönde etki edeceğini söyler. Kaynağını tıpkı üzerinde etkilediği cisim gibi iter ya da çeker. Dünya’ya doğru düşersen, bunun Dünya’nın senin üzerinde seni kendisine doğru çeken bir kütleçekimi kuvveti olmasından dolayı olduğunu söyleyebilirsin. Senin de Dünya üzerinde onu sana doğru çeken eşit büyüklükte bir kuvvet uyguluyor olduğun da aynı şekilde doğrudur. Kuvvetler bu iki ifadenin aynı olması gibi eşitirler. Seni düşüren kuvvetin etkisi senin Dünya üzerinde uyguladığın eşit büyüklükte ve ters yöndeki tepki ile dengelenir. Her ikiniz de kuvvet tarafından ivmelendirilirsiniz fakat Dünya senden çok daha büyük bir kütleyle sahip olduğundan onun hareketi çok belli değildir. Dünya ve sen eşit büyüklükte ve zıt yönlü momentumlar kazanırsınız, bununla birlikte toplam momentum değişmez. Newton’un kanunları ve momentumun korunumu yasasının aynı şey olduğu ortaya çıkar.

“Bu tür durumlarda kuvvetin birbirinden uzakta olan iki şeyi etkilediğini görebiliriz. Dünya’nın *yüzeyinden* çok uzakta olmayabilirsin fakat merkezinden çok uzaktasındır ve Dünya’nın her parçası sana bir miktar kuvvet uygular. Birbirlerini etkileyen



iki cismin ayrımı, Güneş'in kütleçekiminin etkisiyle gezegenlerini kendi etrafındaki yörüngelerde nasıl tuttuğunu düşündüğünde daha belirgin hale gelir."

"Evet, ama nasıl?" diye sordu Scrooge. "Güneş'in kendisinden bu kadar uzakta olan herhangi bir şeyi ne şekilde etkileyebileceğini anlamıyorum. Aralarında çok büyük bir mesafe olan cisimler arasında bir tür etkinin olması gerekir gibi görünüyor, Güneş'in bir aracı olmadan doğrudan Dünya'ya tesir edebilmesini sağlayan bir şeyin..."

"Bu doğal olarak ortaya çıkan bir soru. 'Uzaktan etki' fikri, daha çok söz konusu cisimleri birbirlerine bağlayan bir şey olduğunu düşünmeyi tercih eden bilim insanları tarafından pek sevilmez. Güneş ile Dünya arasındaki uzayı dolduran bir *alan* olduğuna ve bu alanın aralarındaki mesafe boyunca kuvveti ilettiğine inanırlar. Görecelik iki nokta arasındaki bir etkinin ışık hızından daha hızlı iletilemeyeceğini söyler ve bu sınırlama kütleçekimi kuvveti için de geçerlidir. Hiç kimse kütleçekiminin bir etki oluşturduğunu inkar edemez.

"Kuvvetin etkisinin kaynağı ile hedef arasındaki iletim hızının sınırlı olduğunu söylersek, *bir şeyin* gerçekten aradaki uzay boyuca bu hızda hareket ettiğine inanmak mantıklı olur ve aradaki etki, onca mesafeden ulaşır, kendini açık biçimde gösterebilmektedir.

"Özel görecelik teorisi, enerjinin ışık hızından daha hızlı gidemeyeceğini söyler. Bu da uzay gemileri ile farklı yıldızlar etrafındaki yörüngelerinde olan gezegenler arasındaki bir iletişim yolu olan radyo dalgalarının hızları üzerinde bir sınır meydana getirir. Bu, uzay ve zaman hakkında bir ifadedir ve aslında ışığın kendisi hakkında değildir. Aynı sınırlama her türlü iletişim yolu için de söz konusudur. Boşuna çabalayan bir bilim kurgu yazarı, mesajları ışık hızından daha hızlı göndermek için son derece basit bir alet fikri ortaya atabilir."

Zaman Baba elini açınca, Scrooge elinde bir ucundan tuttuğu uzun çubuğu gördü. Gerçekten çok uzun bir çubuktu ve gökyüzüne doğru yükselip gözden kayboluyordu. O kadar uzundu ki diğer ucu hiç görünmüyordu.

"Bu ne?" diye sordu Scrooge. "Yalnızca uzun bir çubuk gibi görünüyor."

“Ne görüyorsan o; uzun bir çubuk işte. Ama çok, çok uzun bir çubuk, uzunluğu bir kaç ışık yılı kadar. Buradaki fikir, bu çubuğu bir gezegenden başka bir gezegene kadar uzatabiliyor olmamız. Bilgiler bu çubuğun bir ucundan girip, oraya buraya çekiltilse de diğer ucuna gönderilebilir ve diğer uçtakiler Mors alfabesinde bir mesaj alırlar.”

Hayalet kısa bir süre durdu. “Bu proje konusunda bir takım uygulama mühendisliği zorlukları vardır,” dedi donuk bir ifadeyle, “Fakat temel fikir her şeye rağmen durumu değiştirmez. Böyle bir çubuk yapılabilsen ve bir ucu hareket ettirilebilseydi, bu hareket diğer tarafa ışık hızından daha hızlı iletilemezdi. Çubuğun atomları elektriksel kuvvetler sayesinde göreceli konumlarında dururlar ve yalnızca ışık ya da radyo dalgalarının iletilmesinde söz konusu olan elektrik alan aracılığıyla iletirler fakat çubuğun malzemesinin yıldızlar arasındaki boşlukta bir kanal oluşturmamasının da büyük bir önemi yoktur. Mesaj çubuk boyunca ışık hızının altında bir hızda ilerleyecektir. Bir de, çubuğu hareket ettirebileceğimizi var sayacağız çünkü aslında böyle uzunluktaki bir çubuk kesinlikle ağır olacaktır!”

Hayalet’in elindeki uzun çubuk parıldayan minik toz zerrecilerine ayrıldı ve bunlar etrafta dolanan, gözlemcinin görmediği bir takım kuvvetler tarafından yönleri değiştirilip birbirilerinden seken ya da dönüp başka tarafa sapan çok sayıdaki küresel parçacık haline geldi.

“Bir kuvvetin doğası ne olursa olsun, kuvvetler olduğunda, *Newton’un ikinci kanunu*’nun çalıştığını anlarsın. Herhangi bir cismin momentumundaki değişim hızı, üzerine etkiyen kuvvetle hissedilir. Bu, mekaniğin temel bir kanunudur ve tekrar tekrar test edilmiş ve istisnasız biçimde doğru olduğu ortaya çıkmıştır. Bir cismin nasıl hareket ettiğini biliyorsan, konumunu ve hızını ve onun üzerine etkiyen kuvvetleri biliyorsan, hareketinin nasıl değişim göstereceğini kestirmek için bu kanunu kullanabilirsin. Bu değişimi bilerek, yakın gelecekte hangi konumda ve hızda olacağını da bilirsin. Çok sayıdaki parçadan oluşan bir grubun konumlarını ve hızlarını biliyorsan, bu bilgi aralarında etkiyen kuvvetleri de tanımlar, çünkü kuvvetler parçacık çiftleri arasında etki ederler ve parçacıkların aralarındaki mesafe ile hızlara bağlıdır.

“Dünya’ya doğru çekildiğinde, vücudunun tüm bileşenleri Dünya’nın her bir minik tanesi tarafından çekilmektedir. Sana yakın olan zemindeki bu tanecikler seni Dünya’nın diğer tarafında Avustralya ovalarına yayılmış bulunan parçacıklardan daha güçlü biçimde çekerler çünkü ikinci gruptakiler daha uzaktadır fakat hepsi de toplam çekim kuvvetine kendince bir katkı yaparlar. Herhangi bir zamandaki konumlar, hareketler ve çeşitli parçacıklar üzerinde etkiyen kuvvetler bunların hızlarının nasıl değişeceğini belirler ve yeni hızları ise bir an sonra nerede olacaklarına karar verir. Yeni konumları ise hissettikleri kuvvetler için yeni değerler verecek ve bir kez daha sonrasında nasıl hareket edeceklerini ve kısa bir süre sonra nerede bulunacaklarını kestirebilmeni sağlar.”

Farklı parçacıklar arasında parıldayan çizgiler belirdi ve bunlar Scrooge’nin önünde nokta nokta dizildi. Parçacıklar kendi aralarında kedi beşiği¹ çizgileri meydana getirdiler. Bu ağ, her bir çift arasındaki kuvvetleri gösteren yoğun bir ağdı. Çizgilerden bazıları diğerlerinden çok daha parlaktı ve bu durum söz konusu kuvvetin çok daha güçlü olduğunu gösteriyordu. Genel olarak, parçacıklar arasındaki mesafe ne kadar kısaysa, birbirleri üzerinde etki eden kuvvetler de o kadar büyük oluyordu.

Bu kilometrelerce giden parçacık yığını içinde, büyük, düz bir kadranı ve belirgin siyah sayıları ile fark edilebilen, nabız gibi atan bir saniye kolu bulunan saat belirdi. Saatin her bir atışında, parçacıkların konumları değişiyor ve aralarında belirgin şekilde güçlü bir kuvvet çizgisinin olduğu, iki parçacığın bulundukları yerde hareketlenip birbirine doğru büküldüğü görülebiliyordu. Parçacıklar saatin bir vuruşu ile diğeri arasında hareket ederlerken, kuvvetlerin şiddetleri de yeni mesafelere göre değişiyordu ve sonuçta her bir parçacığın hareketi diğerlerini de kıpırdatıyor, hareket yol boyunca ilerliyordu. Görüntü oldukça karmaşıktı ve sürekli değişim halindeydi fakat her bir aşamada yeni hareketin kaçınılmaz biçimde kuvvetlerin etkilerinden doğduğu ve kuvvetlerin de mutlak biçimde parçacıklarında bir önceki konumları tarafından belirlendiği görülebiliyordu. Pek çok parçacık bulunduğundan, durum karmaşıktı, fakat her bir parçacık çiftinin etkisi basit bir yol takip ediyordu.

1. İki elin parmakları arasına geçirilen ipe çeşitli şekiller verme oyunu (Ç.N.)

NEWTON'IN HAREKET KANUNLARI

Isaac Newton, elmalar ya da gezegenler gibi cisimlerin nasıl hareket edeceklerini tarif eden üç kanun tanımlamıştır. Bu kanunlar on yedinci yüzyılda ortaya atılmış olmalarına rağmen, insanlar hala onların doğruluğundan şüphe etmek için çeşitli nedenler ile sürmüşlerdir.

İlk Kanun: Üzerine bir kuvvet etki etmiyorsa, bir cisim sabit hareket durumuna devam eder. Bu durum, onu yalnız bırakırsanız aynı eylemsizlik sürecindeki hareketine devam edeceği anlamına gelir.

İkinci Kanun: Hızın değişme miktarı, etkiyen kuvvetle doğru orantılıdır.



Bu kanun genellikle $F = ma$ şeklinde ifade edilir. F kuvveti, m cismin kütlesini temsil ederken, a da hızın değişme miktarını (ivmeyi) temsil etmektedir.

Üçüncü Kanun: Her etki için eşit büyüklükte ve zıt yönlü bir tepki vardır. Bu da bir şeyi iterseniz, onun da sizi aynı şekilde iteceği anlamına gelmektedir.

“Bu süreç sonsuza kadar genişletilebilir. Şu anda bulunan tüm parçacıkların hareketleri hakkında yeteri kadar şey bilseydin, gelecekte herhangi bir zamanda nerede bulunacaklarını ve nasıl hareket edeceklerine kestirebilirdin.

“Hayır, edemezdin!” dedi Scrooge.

“Pekâlâ, belki de *edemezdin*; hesaplamaları yapmanın o kadar da kolay olmadığını kabul etmek zorundayım. Belki de kimse bu hesaplamaları yapamaz fakat bilgi mevcuttur ve bu nedenle parçacıkların geleceğinin tamamen şimdilerinde bulunduğunu iddia edebilirsin. Newton'un ikinci kanunu, tersine de aynı şekilde işler; kuvvetleri biliyor olsaydın, bu sana parçacıklarının

hareketlerinin nasıl değiştiğini söylerdi ve bu da yalnızca yakın gelecekte *bulunacakları* durumu değil, aynı zamanda yakın geçmişte de nerede *bulunduklarını* sana söyleyebilirdi. Bu dizi geçmişe doğru da genişletilebilir ve parçacık grubunun tüm geçmişi tamamen şimdidedir.”

Bu Newtoncu görüşü kabul eden biriysen ve Newton kanunlarının doğruluklarından şüphelenmek zor gelse de, aslında parçacıkların *bağımsız* geçmişleri, şimdileri ya da gelecekleri yoktur. Onlar için zaman yalnızca farklı hareket ve konum durumlarını belirten fakat yeni bir şey söylemeyen bir koordinattır. Bu parçacık kümesinin tüm geçmişi tamamen kestirilebilirdir, baştan aşağı belirlidir. Bu parçacıkların geçmişleri tamamen bilinir, gelecekleri ise değişmezdir.”

Hayalet durdu ve hem etraflarındaki yeri hem de gökyüzünü kapsayacak şekilde bir hareket yaptı. “Peki evren çok büyük bir parçacık grubundan başka nedir ki?” diye sordu cevap beklemediği açık olan bir soru ile. “Evrendeki her şey atomlardan meydana gelmiştir ve başka hiçbir şekilde olmasa bile kütleçekimi sayesinde birbirlerini az ya da çok biçimde etkilerler. Evrenin muazzam büyüklüğünü düşündüğünde, hiç kimsenin gerekli hesaplamaları yapma beceri ve sabrına sahip olmayacağı açıktır. Tüm parçacıkların şu andaki durumları hakkındaki eksiksiz bilgi dikkate alındığında, gelecek durumlarının hesaplanması da mümkün olabilir; en azından prensip olarak, öyle değil mi? Şimdi hakkında yeteri kadar şey biliniyorsa, yine prensip olarak, her zaman için gelecek davranışını hesaplayabilirsin. Böyle bir hesaplama *yapılabilseydi*, yapılabilmesini *mümkün kılacak* bilgi var olsaydı, tüm evrenin geleceği hiçbir sürpriz olasılığı olmaksızın belirlenirdi.”

“Belirlenebilir miydi?” diye bağırdı Scrooge. “Geleceğin özü tamamen bilinmez olmasıdır.”

“Sana *deterministik evren* görüşünü anlatıyorum. Bu, on dokuzuncu yüzyıl ve sonrasında yaygın olarak kabul gören bir görüştür. Bilim adamı olmayan pek çok insan bunun tüm bilim adamlarının inandığı şey olduğunu düşünür. Böyle bir evrende, kesinlikle sürpriz yoktur ve hiçbir şey şansa bırakılmaz. Güneş’in altında yeni bir şey yoktur, aslında *hiçbir* güneşin altında. *Ola-*
cak her şey *şimdi* çerçevesinde belirlenmiştir.”

“Eğer şimdide bulunan tüm parçacıkların eksiksiz bilgisine sahip olunsaydı, böylesine mutlak bir determinizmin mümkün olabileceğini söylüyorsunuz,” diye ünledi Scrooge. “Bana uzun uzadıya şimdi diye bir şey olmadığını, bunun gözlemciye bağlı olduğunu söylemediniz mi?”

“Bu kesinlikle doğru, ama önemli değil. Sana tarif ettiğim böylesine birbirine kenetlenmiş deterministik bir evrende bizim şimdi olarak adlandırdığımız olayların kimin tarafından gözlemleniyor olduğu fark etmez; tüm olaylar belirlenmiş olduğundan, herhangi bir gözlem noktası bir diğeri kadar iyi bir başlangıç noktası olabilir. Bu görüşte, tüm evren tüm uzay ve zaman boyunca yayılmış olan büyük bir makinedir ve hepsi birlikte dönen, daha önceden belirlenmiş ve bir şekilde birbiri üzerine etki eden kenetlenmiş durumdaki inanılmaz sayıda dişliye sahiptir.”

Hayalet konuşurken, etraflarındaki dünya değişiyor gibi görünüyordu ve daha önce yer ile gökyüzünün, kayalar ile taşların bulunduğu yerde, Scrooge şimdi muazzam bir biçimde birbirine kenetlenmiş dişliler sırası görüyordu. Bazıları devasa boyutlardaydı ve dönüşleri ile birlikte gezegenler hareket ediyordu. Bazıları ise ufaktı, Scrooge’nin normal algılarının gösteremeyeceği kadar küçüktü. Bunların üzerinde atomların etrafında dolanan elektronlar dönüyordu. Mümkün olan her boyutta dişliler vardı ve görünen her yerdeydiler. Kayalar ile ağaçlarda, gökyüzüne ve yerin derinliklerine doğru sonsuz bir neden ve sonuç zinciri halindeydiler.

“Peki zaman nedir? Böylesine sabit bir mekanizmada o nasıl bir rol oynar?” diye sordu Hayalet. Kendisi Zamanın vücut bulmuş hali olduğundan, bu da şüphesiz başka bir cevap beklemeyen soruydu ve Scrooge de böyle kabul edip Hayalet’in devam etmesine izin verdi. “Zamanın değişim ile eş anlamlı olduğunu söylemiştim fakat böyle deterministik bir evrende *gerçek* bir değişim yoktur, yalnızca sonsuzluğun donmuş yapısı boyunca farklı dilimler vardır. Şimdi nedir? Geçmiş ile gelecekte farkı nedir, tabii eğer bir farkı varsa? Özel göreceliğin uzay-zaman sürekliliği şimdinin mutlak bir şey olmadığını söyler; bu durum gözlemciye bağlıdır. Einstein ve senin klasik fizikçilerin arasındaki diğerleri şimdinin bir yanılgı olduğunu, zamanın uzaydaki diğer boyutlardan hiç de farklı olmayan bir boyut olduğunu ve

her bir kişinin kendi zaman çizgisinin, beşikten mezara kadar kendi yolu olduğunu, hiçbir noktanın diğerlerinden daha önemli olmadığını söylerler. Mutlak bir ŞİMDİ yoktur, tıpkı mutlak bir BURASI olmadığı gibi. Zaman yalnızca bir yön, yaşamındaki peşi sıra gelen olayları sıralayan bir çizgi ise, geçmiş ile gelecek arasındaki ayrım nerededir? Newton'un kanunu şimdi olarak seçebileceğin herhangi bir noktadan başlayabilir ve sana geçmiş ile geleceği aynı biçimde anlatabilir, peki öyleyse fark nerede yatıyor? Sana çok açık görünebilir fakat bu fark nereden çıkıyor?

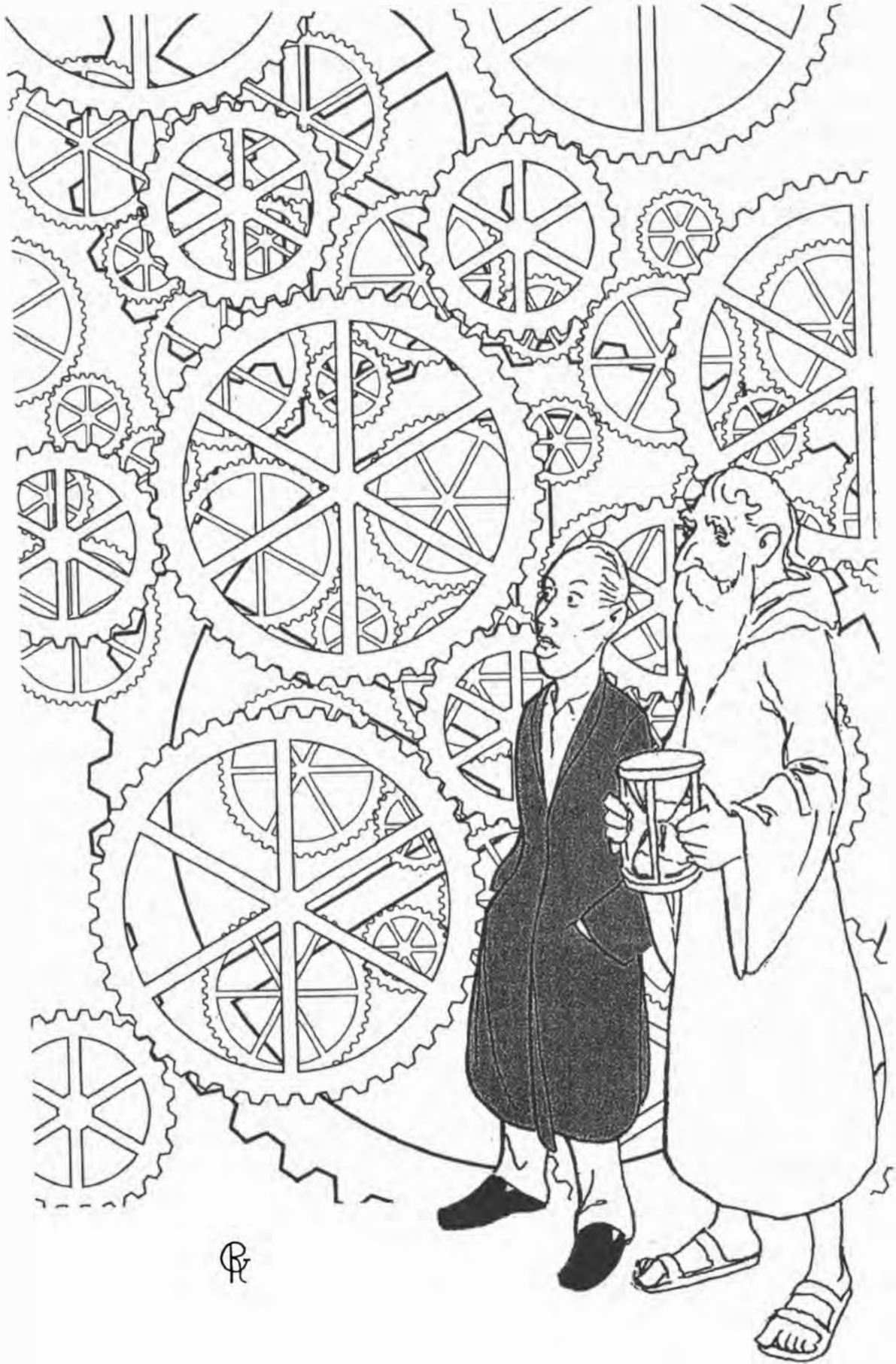
“Daha önce bahsettiğimiz düz yolu düşün. Eğer bir noktayı başlangıç noktan, yani BURASI dediğin nokta olarak alıp da, yolun üzerindeki diğer noktalara bakarsan, bazı noktalar solunda, bazıları da sağında yer alacaktır. Yüzünü diğer tarafa dönersen daha önce solunda bulunan noktalar artık senin sağında olacaktır. Geçmiş ile geleceğin bu şekilde yer değiştirmesi için arkana dönebilir misin? Onları ayıran nedir?”

Scrooge gene öfkeden deliye dönmüştü. “Farklılık çok açık! Geçmiş hatırlayabilirsiniz fakat geleceği hatırlayamazsın. Geleceği değiştirebilirsiniz fakat geçmiş değiştirilemezdir.”

“Evren tamamen sebep ve sonucun şaşmaz kanunu tarafından belirleniyorsa, tabii ki geçmiş değiştiremezsin ama aslında geleceği de değiştiremezsin. Bu bakımdan hiçbir seçeneğin ya da özgür iraden yoktur. Neyi hatırlayıp neyi hatırlamayacağına gelince, bu evreni ilgilendirir mi?”

Scrooge bu ifade karşısında daha da sinirlendi. “Saçmalık!” diye bağırdı, “En saçması da buydu yani! Böyle mantıksız bir saçmalığı kabul edemem. Zamanın var olduğunu, geçmiş ile geleceğin aynı şey olmadığını biliyorum ve beni aksine inandırmazsınız.”

Hayalet alaycı bir bakış attı. “Ah canım benim, ne kadar da sinirlendin! Senin yerinde olsam *bunun* mantıksız ve saçma bir ifade olduğunu söylemekte bu kadar acele etmezdim. Deterministik evren kavramı *doğru* olmayabilir fakat aslında oldukça mantıklıdır. Gerçekten mantıksız bir saçmalık duymak istiyorsan, ben senden ayrıldıktan sonra gelecek olan benim küçük kardeşim ile tanışana kadar bekle. Sana her ne kadar doğru oldukları gösterilebilir olsa da, kesinlikle saçma şeylerden bahsedecek.



Sana tarif ettiğim donuk, deterministik evren, Klasik Fiziğin bir görüşüdür. Sana bu fiziği anlatmak büyük abilerim ile ablalarıma karşı bir sorumluluğumdur fakat güvenilir kestirmeler her zaman doğru olmayabilir. Ancak donuk evrenin buzları bugün önemli ölçüde çözünmüştür.

“Dünyaya dair en derin algılarını, birisi aksini söylüyor diye kolayca bir yana bırakamayacağını hissetmekte haklısın. Geçmiş ile gelecek ve zamanın akışının kendisi o kadar belirgindir ki onu fark etmiyor olmazsın fakat mutlak bir şu an, kendiliğinden ortaya çıkan evrensel mutlak bir zaman, evrensel bir ŞİMDİ bulunmak zorunda olması fikrini korumayı seçtiğinde, aynı muhakemeye sahip olamazsın. Bunlar konusunda doğrudan bir deneyimin olmaz. Aralarında büyük mesafeler olan konumlardaki eş zamanlı olaylar konusunda kişisel bir deneyimin yoktur. Asla aynı zamanda farklı konumlarda *bulunmadın*. Bu da *senin* gerçekten minnettar olman gereken bir durumdur. Zamanın her yerde mutlak olduğu fikrinde ısrar ediyorsan, bu yalnızca alışkanlık ve önyargı olabilir. Ve yanılıyorsundur.”

“Öyleyse sabit, deterministik bir evren fikrinin doğru olmadığını mı söylüyorsunuz?” diye sordu Scrooge, artık bu konuda çok daha rahat hissediyordu kendini.

“Zaman garip bir şeydir,” diye yanıtladı yanındaki oldukça dolaylı bir biçimde. “Kesin olay şey ise zamanın cisimlerin doğası üzerinde çok özel bir rol oynadığıdır. Deterministik evren ve aslında zamansız evren fikri iki parçacığın kestirilebilir davranışlarının pek çok parçacığı ve ardından da tüm evrene genişletilmesinden doğar. Bu oldukça büyük bir bilinene dayanan değerlendirilmedir.

“Etrafına bak!” dedi Hayalet. Geceye doğru dönmekte olan gökyüzünü işaret ediyordu ve Scrooge uzayın karanlığına doğru baktı. Aslında etrafına bakınmaya çalışırken, üzerinde bulundukları manzaranın yok olduğunu gördü ve kendi güneşi etrafında dolanan bir gezegene bakar halde uzayda süzülüyor olduğunu fark etti. Zaman algısı bir kez daha o kadar yavaşlamıştı ki, güneş etrafındaki yörüngesinde pek çok turu esnasında onu izleyebiliyordu. Her defasında aynı yolu izlediğini görüyordu, kesin bir biçimde ve sapma olmadan.

“İşte karşılıklı kütleçekimlerinin etkisi altında hareket etmekte olan iki cisim görüyorsun. Böyle bir sistem için hareket aslın-

da kestirilebilirdir. Gezegenin, istediğin bir gelecekte nerede bulunacağını söyleyebilirsin. Aynı şekilde geçmişte nerede bulunduğunu da söyleyebilirsin. Yalnızca aralarındaki kuvvetin etkisi altında bulunarak hareket eden iki cisim tamamen kestirilebilir ve hareketleri her zaman için hesaplanabilir. Onlar için gelecek aslında tamamen belirlenmiştir. Hatta bu hesaplamayı yapmak çok zor bile değildir.

“Bu, düzenli ve periyodik bir hareket örneğidir. Sürekli tekrar edip duran bir hareket. Pek çok hareket periyodiktir. Güneş ile gezegenin karşılıklı yörünge hareketleri ya da kusursuz bir sarkacın salınımı tamamen periyodiktir ve bir seferinden diğerine hiçbir fark olmaksızın aynen tekrarlanırlar. Mevsimlerin birbirini izlemesi gibi bazı hareketler ise yaklaşık olarak periyodiktirler. Her yıl ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış olur fakat her yıl hava durumu farklılık gösterir. Doğada pek çok döngü vardır ve bunların pek çoğu bir seferden diğerine değişimler gösterirler.

“Tamamen deterministik bir evrene inanıyorsan, her şeyin üstünde büyük bir döngü bekleyebilirsin. Evrendeki diğer her bir döngüyü içeren bir döngü. Gerçekten onun bir parçası olanlar için deterministik bir evren, kestirilemeyen bir evrenden çok da farklı görünmeyebilir. Her parçacığın konum ve hızlarının doğru ve eksiksiz bilgileri geleceğin hesaplanmasını mümkün kılabilir fakat bu bilgiye sahip olmazsın. Her bir atomun hareketi hala senin bilginin tamamen dışında olacaktır, tıpkı Entropinin Gölgesi tarafından varsayıldığı gibi. Dünya’da mümkün olan mikrodurumların muazzam sayısı arasında ayırım yapabilme yetersizliğine bağlı olarak, istatistiksel fizik ve artan entropi fikirleri sana hala aynı gelecektir. Termodinamikse değişmeden kalır ve sen Isı Ölümü’nün gelmesini beklersin.

“Bununla birlikte, sana nihai Isı Ölümü gibi gelen bir noktaya kadar beklersen, sonunda tüm atomların hareketlerinin geçmişteki bir noktadaki gibi aynı biçimde olduğunu görebilirsin; hangi nokta olduğu fark etmez. Bunun olması gerçekten uzun bir zaman alabilir fakat sınırsız bir zaman içinde her şey er ya da geç meydana gelecektir. Eğer her şey *tam olarak* daha önceki gibi hareket ediyorsa, bu gelecek daha önceki sefer gelen geleceğin aynısı olmak zorundadır çünkü şimdi, geleceği tamamen içeriyordur. Ondan sonra, evrenin geleceği tıpkı son defasında oldu-

ğu gibi gelişir ve her şey, her şey tekrar meydana gelebilir. Bu tüm insanlık tarihini de içerir ve her şey tekrar yaşanabilir; gide-rek küçülerek tekrar ve tekrar ve tekrar ve tekrar... Bu büyük döngü *Poincare tekrarlama*sı olarak bilinir. Dengede ve sonsuz zamanı olan deterministik 'otomatik bir evrende' bunun olması beklenebilir. Yalnızca ne yapacağın konusunda seçeneği bulunmamakla kalmaz, ayrıca bunu tekrar tekrar yapman gerekir!"

Scrooge bu düşünce karşısında dehşete kapılmıştı. Deterministik bir evren fikri yalnızca amacı olan yaşamları çalışıyor gibi gelmiyor, aynı zamanda artık herkes sonu olmayan bir zaman boyunca tekrar tekrar aralıklar halinde bu akılsız dansı yapmaya mahkum gibi görünüyordu. Bu, Scrooge'nin hayal ettiğinden daha büyük bir ölçekteki bir Yaşam Çarkı idi fakat aynı zamanda fena halde boş ve amaçsız görünüyordu.

Hayalet duruma hiç de uygun olmayan neşeli bir tonda konuşmaya devam ediyordu. "Böyle bir determinizmin doğru olduğunu gördün, en azından yalnızca iki cisim içeren bir evren için. Tabii ki üç cisim için hesaplamaların daha zor hale gelmesini beklersin. Dört cisim için ise açıkçası daha da zordur ve çok sayıdaki cisim için, örneğin güneş sistemindeki çeşitli gezegenler ve küçük göktaşları için durum daha da zorlaşır. Tüm cisimlerim birbirleri üzerine kuvvet uyguladıkları kaç cisim için, gelecekteki her anda konumlarını tam olarak hesaplamanın mümkün olduğunu düşünüyorsun?"

"Söyleyemem," diye karşılık verdi Scrooge. "Prensip olarak bunun tüm evren için mümkün olduğunu öne sürmüştünüz fakat bu ifadenizden geri adım atıyor gibisiniz. Uygulamada tüm gezegenler ve büyük göktaşlarının pek çoğu için gelecekteki konumlarını hesaplamanın mümkün olabileceğine inanıyorum, bunların sayısının en azından elli olmak zorunda olduğu gösterilebilir sanıyorum. Evet, ellinin üstünde diyebilirim."

"Sorumun cevabı *iki*," diye karşılık verdi Hayalet sakince.

"İki mi!" diye bağırdı Scrooge, bir kez daha öfkeyle itiraz ediyordu. "İki olamaz! Gezegenlerin gelecekteki konumlarını çok kesin biçimde kestirmenin mümkün olduğunu biliyorum, bu nedenle bu sayı açıkçası bundan daha büyük olmak zorunda."

"Hayır, korkarım yanılıyorsun. Gezegenlerin konumlarının gelecek pek çok yıl için gayet kesin biçimde hesaplanabildiği

doğru fakat bu hesaplamalar yalnızca yaklaşıktır. Doğru, fakat yine de yaklaşık. Prensip olarak, tamamen kesin olan bir hesaplama ile yaklaşık hesap arasında büyük bir fark vardır. Kesin bir sonuç sonsuza kadar doğru olmaya devam edecektir. Yaklaşık bir sonuç ise neredeyse doğru olan fakat kesin olmayan bir değer verebilir. Dahası, herhangi küçük bir hata zamanla büyüyebilir ve kısa sürede hesapların tamamen yanlış hale gelebilir.

“Yalnızca uzayda izole edilmiş bir kayaya sahipsen, onun gelecek davranışının hesaplanması çok basittir. Aslında, bu bir hesaplama da değildir çünkü bu cisim onu tanımlamak için kullandığın referans çerçevesine bağlı olarak düz bir çizgi boyunca ilerlemeye devam edecek ya da hareketsiz kalmayı sürdürecektir. Etrafında bir gezegenin döndüğü bir güneş gibi iki cisim daha karmaşıktır fakat gerçekte yalnızca hesaplayacağın bir hareket vardır. Momentum korunduğu için, birinin herhangi bir hareketi diğerinin hareketi ile dengelenmek zorundadır. Yalnızca bir bağımsız hareket vardır, düzensiz etkiler yoktur ve yörünge tamamen düzgün ve değişmezdir, tıpkı gördüğün gibi.”

“İki cismin hareketini hesaplamak kolay olsaydı, üç tane olduklarında daha zor hale gelmezdi, öyle değil mi?” diye ısrarını sürdürdü yalnızca üç cismin sonsuz bir karmaşıklık oluşturacağına inanmayı zor bulan Scrooge. “Güneş sistemindeki gezegenler ne olacak?”

“Korkarım ki üç cisim çok fazladır ve aslında bunları ortak hareketleri tam olarak çözümlenemez. Dediğin gibi sayıları üçten daha fazla olan *tüm* gezegenlerin hareketlerini kestirdiğinde, hesaplaman çok iyi olabilir ve gezegenler tam olarak senin bulunmalarını kestirdiğin yerde olabilirler. Problem tam olarak çözülebilmek için çok karmaşıktır fakat önündeki uzun bir süre için gayet iyi yaklaşık sonuçlar elde edebilirsin. Yaklaşık sonuçların neden iyi olmaları gerektiği için bir kaç sebep vardır.

“Güneş çok ağır olduğu için, sistemde tamamen baskındır. Her bir gezegen Güneş tarafından, diğer gezegenler tarafından çekilmeleri ile karşılaştırıldığında çok, çok daha güçlü biçimde çekilirler. Tüm diğer gezegenlerin var olmadıklarını varsayıp, Güneş etrafında tek başına dolanıyorlarmış gibi gezegenlerin hareketlerini hesaplayarak, her bir gezegen için iyi bir kestirim elde edebilirsin. Bir gezegenin kütleçekimi kuvvetinin başka bir

gezegen üzerindeki etkisi büyük değildir fakat yine de böyle bir etki vardır ve zaman geçtikçe yörüngelerin birazcık değişmelerine neden olacaktır. Diğer gezegenlerin etkileri göreceli konumlarına bağlı olacaktır ve genellikle de birbirlerinden çok uzaktadırlar. Ara sıra bu etki bir gezegeni biraz yavaşlatır. Bazen de eğer göreceli konumları farklı ise hızlandırabilir. Tüm gezegenler Güneş'in etrafında farklı zamanlarda dolandıkları için, göreceli konumları sürekli değişim halindedir. Bu tür etkiler senin hesaplamalarına hassas biçimde dahil edilemezler, fakat kuvvetler küçük olduklarından, basit hesaplama sonuçlarından ciddi sapmalar gösterecek kadar büyümeleri için zaman geçmesi gerekir.

“Gezegenlerin konumlarının gelecek yıllar için hesaplanabileceğini söyleyebilirsin fakat tabii ki bir yıl Güneş Sistemi'nin ölçeğinde uzun bir zaman değildir. Dünya'nın Güneş etrafında bir defa dönmesi bu kadar sürer. Bazı gezegenler için daha uzun sürer, bazıları için ise daha kısa; fakat senin yaşam sürende yaklaşık bir sonuçtaki hatalar çok küçük kalmaya devam edebilir. Fakat büyüyeceklerdir. İlk başlarda bu büyüme yavaş olur fakat gerçek hareket senin kestirimlerinden algılanmayacak düzeyde sapacaktır. Yeteri kadar uzun bir süre beklersen bugün yaptığın kestirimler tamamen yanlış olacaktır. Yalnızca üç cisim için uzun vadede neler olacağına bak. Benzer boyutlarda olan üç cisme bakacağız, bu nedenle de hiçbiri baskın olmayacaktır.”

Scrooge'nin gözleri önündeki uzay üç parlayan küre ile aydınlatılıyordu. İkili bir yıldız sistemine değil de, her biri birbirinin etrafından dönen üç yıldızlı bir sisteme baktığını fark etti. Hiçbir belirgin merkezi olmayan hareket karmaşık ve değişkendi. Artık yıldızların arası iyice açılmıştı ve şimdi ise bir tanesi diğerine yaklaşıyor ve yüzeyinde uzun şiddetli çıkıntılar yükseliyordu. Ara sıra da iki tanesi birbirlerine yaklaşıyor ve üçüncü yıldız bir tarafa doğru giderken karşılıklı olarak dönüyorlardı. Daha sonra hepsi etrafa dağılıyor ve eşleşme değişiyordu. Sonunda yıldızlardan bir tanesi ateşli bir eşe her zamankinden daha çok yaklaştı. Eşi etrafında bir swing dansı yaptı ve yeni bir yönde yükseliverdi. Bu yeni yön daha öncekilerden o kadar farklıydı ki diğerlerinden uzaklara gitti ve ışığı sonunda uzayın karanlığında kayboldu. Kalan iki yıldız artık birbirleri etrafında

sakince yörüngeleri boyunca dolanıyorlardı ve evlilik dinginliğinin kestirilebilir hareketine kavuşuyorlardı.

“Gördüğün gibi, ikiden daha yüksek sayılar için sorunlar var. Bunu gökyüzü dışındaki bir ölçekte gösterebiliriz. Daha önce pek çok defa baktığını bildiğim bir şeyi inceleyelim; bir sarkacı.”

Bir kez daha Scrooge'nin saatinin sarkacı önünde sallanır halde belirdi. Gezegenlerin kendi etraflarındaki yörüngelerine denk görünen bir kestirilebilirlik ile saniyeleri ölçerek o yandan bu yana sallanıyordu.

“Sarkacı önünde görüyorsun, fakat herhangi bir anda gördüğün şey sana tüm hikâyeyi anlatmaz. Bir sarkacın bir anlık görüntüsü hiçbir şekilde onun hareketinde yatan temeli göstermez. Bir sarkacın gerçek doğası konum ile hareket arasındaki karşılıklı etkileşimdedir. Bir resim sarkaç topuzunun asılma noktasının altında asılı olduğunda veya sağa ya da sola doğru bir durumda olduğunu gösterebilir. Sarkacın nasıl hareket ettiğini göstermez. Salınımın uç noktalarında hareketsiz olduğunu, en alt noktasında en hızlı biçimde hareket ettiğini göstermez. Yalnızca konumunu değil aynı zamanda hareketini de gösteren bir resme ihtiyacın var. *Faz uzayının* bir portresine ihtiyacın var.”

“Faz uzayı nedir sorabilir miyim?” dedi Scrooge, sorabileceğini varsayarak. Bana zaten dört boyuttan bahsettiniz. Bu da benzer bir şey mi?”

“Bir bakıma öyle. Evreni görüşünü, boyutlarından bazılarının uzayın normal boyutlarından biri olmayan bir aralıkta ölçülebildiği bir resim ile genişletme yöntemidir. Dört boyutta, resmin bir eksenini zaman yönündedir. Şimdi farklı bir yön benimseyip zaman değil de momentum boyutunu çiziyoruz. Konum ve momentum. Bu ikisi birlikte bir cismin hareketini tanımlar ve basit bir sarkacın hareketini çizmek için kullanacağımız şeyler konum ile momentumdur.”

Zamanı temsil eden karakter, arka tarafında yer alan büyük bir cüzdana uzanıp içini alt üst edip karıştırmaya başladı. Scrooge, Zaman Baba'nın içinden söylendiğini duyuyordu: “Bu cüzdan da entropi ile dolacak; Dünya'nın artık ısısı ile... Unutulup bir yana atılması da cabası. Bir şeye ihtiyacım olduğunda onu bulmamın benden nasıl beklenebileceğini bilemiyorum.” So-

nunda istediği şeyi buldu ve büyük bir yazı tabletiyle kalem çıkardı.

“Tamam!” dedi kararlılıkla. “Haydi diyagramımızı çizelim. Nereden başlayacağız? Sarkaç soldan sağa sonra da ters yönde salınır, bu nedenle *konumunu* çizmek için yalnızca bir yön kullanmamız gerekiyor. Sarkacın ne kadar *hızlı* hareket ettiğini göstermek için sayfanın yukarısına doğru ölçülen diğer yönü kullanacağız. Bu da bize sayfanın ortasındaki orijinde kesişen referans eksenlerini verir. Bunlar bizim konum ya da hızı ölçeceğimiz çizgilerdir. Sayfanın merkezindeki dikey çizginin sağına ya da soluna doğru konumu ölçeriz. Yatay çizginin yukarısı ya da aşağısı boyunca ise sarkaç topuzunun momentumunu ölçeriz – sağdan sola doğru hareket ediyorken çizginin yukarısında, ters yönde hareket ediyorken ise çizginin altındadır.

“Topuzun sağa doğru çekili olduğu durumdan başlayalım. Bu konumda sarkaç hareketsizdir. Merkezden farklı bir konumdadır fakat hareketi yoktur, bu nedenle orijinin sağında ve yatay çizginin tam üzerinde olarak gösteririz. Sarkaç bu konumdan aşağı doru düşmeye başlarken, kağıt üzerindeki resmi merkezdeki dikey çizgiye doğru hareket edecektir fakat hızı artacak ve merkezden uzaklığı sıfıra düşerken hızı ve sonuçta da momentumu en yüksek noktasına ulaşacak ve kağıt üzerindeki gösterimi yatay eksenin yukarısına yükselecektir. Salınımının merkez noktasında, en yüksek hızla hareket ediyor olacaktır. Bundan sonra, konumu sola doğru gidecek ve hızı tekrar sıfıra düşecektir, böylelikle de en soldaki noktada bir kez daha hareketsiz kalacak ve konumu yatay eksen üzerinde gösterilecektir.

“Artık bir kez daha sağa doğru salınacak ve benzer bir eğri takip edecektir ancak ters yönde hareket ediyordur ve bu nedenle de izlediği yol yeniden en sağdaki konumuna ulaşana kadar yatay eksenin altındadır. Bu noktada döngü bir kez daha başlar ve aynı eğriyi takip eder. Bir çizimde sarkacın tekrar edip duran tüm geçmişini göstermek için çizdiğim eğriye bak.”

Scrooge tablet üzerindeki çizime baktı ve bir daire oluştuğunu fark etti. Her iki tarafta da topuzun dikeyden uzakta fakat hareketsiz olduğu zamanki durumu vardı. En üst ve en alt noktalar sarkacın dikey olduğu fakat en yüksek hızında hareket ettiği durumlardı. Daire sürekli devam eden bir yol izleyerek hareketini tekrar ediyordu.

“Faz uzayındaki yolun bir daire olduğunu görüyorsun; ya da aslında mesafe ve momentumu çizdiğim göreceli uzaklıkları isteğe bağlı olarak seçebildiğim için, yörünge daha çok bir elips şeklindedir. Tabii ki bunun herhangi bir sarkacın gerçekte tam olarak izleyeceği yol olmadığını fark ediyorsun.”

“Neden etmesin?” diye sordu Scrooge.

“Çünkü her zaman sürtünme vardır ve diğer enerji dağıtıcı kuvvetler mevcuttur. Bir sarkacın, tıpkı hareket halinde tüm sistemler gibi, nasıl her bir döngüde enerjisinin bir kısmını kaybedeceğini daha önce de duydun. Enerjisini artık ısı olarak kaybederken, salınımı da azalacaktır. Her bir salınım hareket tamamen durana kadar bir öncekinden biraz daha küçük olacaktır.”

Hayalet’in pörsümüş elinde tuttuğu tabletin yüzeyi donuk beyaz, temiz, parlayan bir ekrana dönüştü. Üstündeki dairenin kaba çizimi keskin hatlara dönüştü ve bilgisayar hassasiyeti ile çizilmiş gibi oldu. Scrooge bunun tam bir daire olmadığını, daha çok sarkacın hareketi azalırken yavaşça merkezine doğru kıvrılan gergin bir spiral olduğunu görebiliyordu. Sonunda çizgi hiçbir yer değiştirme ve hareket kalmadan merkezdeki tek bir noktaya iniyordu.

“İşte, her sarkaçta topuz başlangıç için ne kadar yana çekilirse çekilsin, salınımın nihai kaderini görüyorsun. Ne kadar çok yana çekersen, salınımın genliği o kadar büyük olur. Fakat az olsun ya da çok olsun, enerji azalacak ve nihai durum burada gösterildiği gibi olacaktır. Süreç nasıl başlarsa başlasın, bu olası tek sonuçtur. Başlangıç koşulları ne olursun olsun, hareketin nasıl biteceğini biliyorsun. Er ya da geç hareketin grafiği merkezi noktasına doğru olacaktır. Bu nokta bir *çeker* olarak bilinir; mümkün olan yegane nihai sonuç budur. Bazen birden fazla nihai durum olacaktır ve artık sonuç belli olmaz. Sana tanıdık gelebilecek şu küçük oyuncağa bak.”

Yaşlı Hayalet elini uzatınca kırıxık avucunda Scrooge’nin gerçekten tanıdığı küçük bir sarkaç belirdi. Bu sarkaç normalde ofisindeki masada bulunan bir “yönetici oyuncağı” idi. Her yönde salınabilecek şekilde yerleştirilmiş bir topuzu vardı. Sarkaç topuzu demirden yapılmıştı ve aletin tabanında topuz yanlarından geçerken onu çeken üç mıknatıs gizlenmişti. Tüm olanlar bu kadardı fakat tamamen Scrooge’nin biraz önce gördüğü üç gü-

neşin hareketi kadar rastgele görünen çılgın bir hareket meydana getiriyorlardı.

“Bu alet için, sarkacın hareket enerjisini kaybettiğinde bulunabileceği bir değil üç nihai durum vardır. Topuz üç mıknatısın herhangi birinin üstünde durabilir ve manyetik çekim tarafından bu konumda tutulabilir. Hangi mıknatıs seçilecek? Açıkçası bu topuzun daha önce yaptığı hareketine bağlı. Kıvrımlı yolu boyunca eğilip dönerek yapabileceği bu hareket gezegenlerin hareketleri kadar özenli biçimde Newton’un kanunları ile yönetilir. Farklı mıknatıslar tarafından uygulanan kuvvetler sarkacın konumu ile hareketine bağlıdır ve bunlar sayesinde gelecekteki konumu ile hareketi adım adım kestirilebilir. Bu tamamen deterministik bir sistem olmalıdır. Sarkacın hareketini nerede sonlandıracığı başlangıç koşullarına bağlıdır; yani serbest bırakıldığı konumu bağlıdır.

“Söz konusu bağımlılığı bu tablet ile gösterebiliriz. Her bir olası başlangıç noktası farklı bir renk ile gösterilebilir; oradan başlayan hareket belirli bir mıknatısın yanında sonlanırsa kırmızı, diğer mıknatısta sonlanırsa mavi ve sonuncusu için yeşil.” Hayalet’in elinde parlayan tabletin yüzeyi her bir konumdan başlayan hareketin kestirilebilir nihai sonuçlarını göstermek üzere kırmızı, mavi ve yeşil şeklinde alanlara bölündü.

“Belirli bölgelerin içindeki cidar noktalardan herhangi birinden sarkacı bırakırsan, aynı mıknatısta duracaktır. Peki bu bölgelerin sınırlarında ne olur? Birinden diğerine ani bir geçiş mi olur?” Tablet üzerindeki görüntü kırmızı, mavi ve yeşil bölgelere ayrılmış bir yere yakınlaştı. Görüntü giderek büyüdü ve bu bölgelerin de kırmızı, yeşil ve mavinin birbirine karıştığı daha küçük alanlara bölündüğü görüldü. Ne kadar yakından bakarlarsa baksınlar, hala farklı olası sonuçların bir karışımı vardı önlerinde. Sarkaç buraya ne kadar hassas yerleştirilse de, bu üç mıknatıstan birinin zıttında son bulabiliyordu.

“Sarkacın nihai durumu tamamen Newton kanunları ve başlangıç noktaları tarafından belirlenir. Geleceği *deterministiktir* fakat bağımlılığı fraktal.”

“Fraktal nedir diye sorabilir miyim?” dedi Scrooge soğuk bir ifade ile. Son söylenen cümlenin pek faydalı olduğunu hissetmiyordu.

“Buna en iyi şekilde kendim bir soru sorarak yanıt verebilirim. Bana Britanya kıyılarının uzunluğunu söyleyebilir misin?”

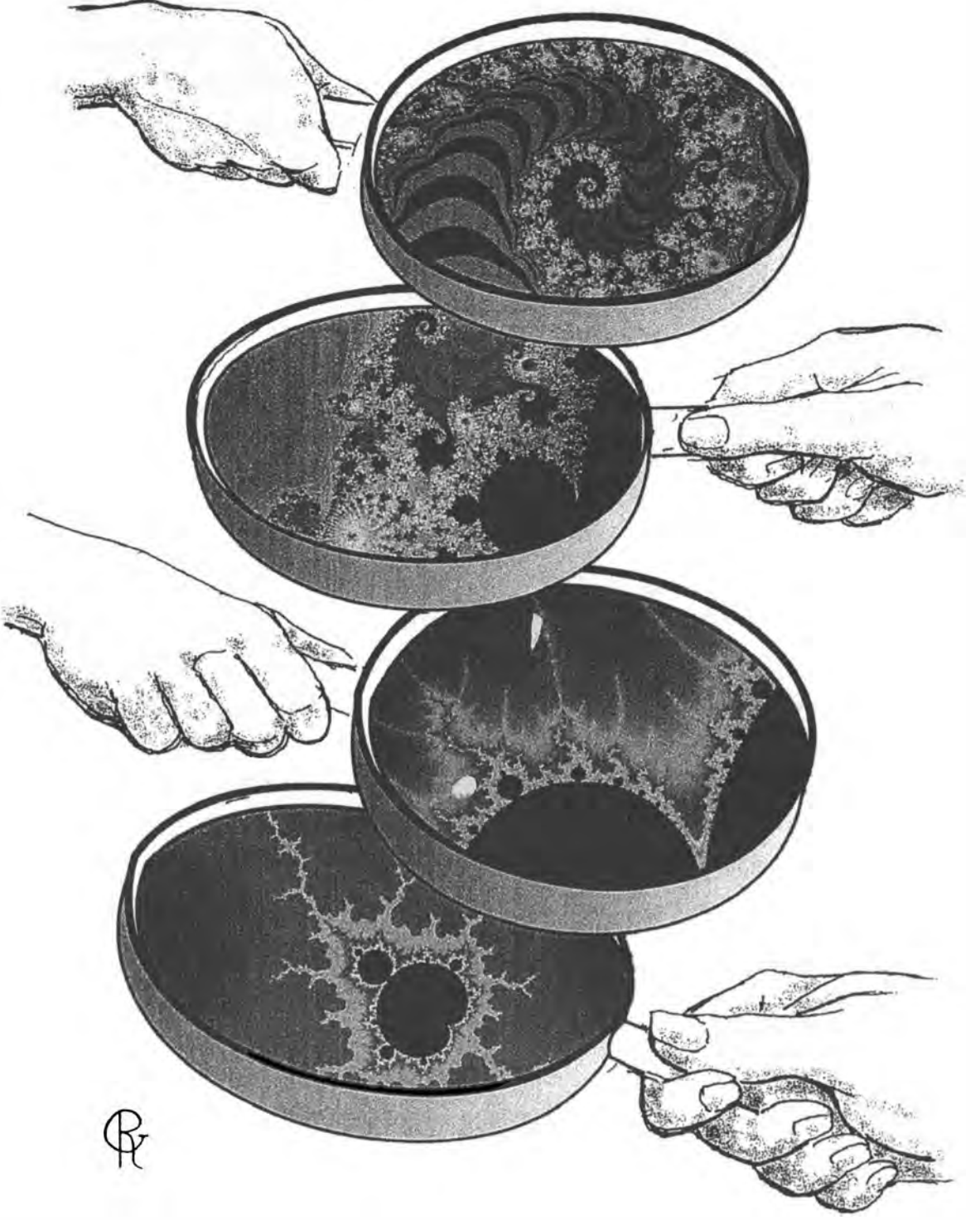
“Bu benim sorumu nasıl cevaplar?,” diye karşılık verdi Scrooge kafası yine karışmış biçimde. “Ne kadar uzunlukta olduğuna dair hiçbir fikrim yok. Kesinlikle bin mil civarındadır. Eğer gerçekten bilmek istiyorsanız, cevabı bir ansiklopedide bulabileceğinizi düşünüyorum.”

“Sanmıyorum,” diye karşılık verdi Hayalet sakince. “Cevap herhangi bir ansiklopedide verilemez çünkü bu sorunun tam bir cevabı yoktur. Uzunluğu nasıl belirlersin? Adanın bir haritasını alırsın ve bir pergel ile kıyıları ölçersin. Bu bir sonuç verir. Pergelin uçlarının birbirine daha yakına yerleştirip ölçümünü tekrarlayabilirsin. Artık daha önce üstünden geçtiğin koy ve burunların hatlarını adım adım ölçersin ve sonuç farklı olur. Yalnızca biraz farklı olsaydı bu şaşırtıcı olmazdı. Daha hassas bir ölçme yöntemiyle daha hassas bir sonuç vermesinin beklendiğini söyledin. Sorun, sonucun tamamen farklı olmasıdır. Bir koyun etrafındaki mesafe bir ucundan diğer ucuna olan uzaklığın üç ya da dört katı olabilir.

“Elde ettiğin sonuç onu incelediğin ölçeğe bağlıdır. Doğru ölçüm nedir? Basit pergeller ile bir harita üzerinde yapılan mı yoksa kıyıda yürüyüp bir cetvel ile elde ettiğin değerler mi? Eğer böyle yaparsan, sahildeki her taşın etrafını ölçmen gerekecektir. Her bir kayanın yüzeyindeki incecik çatlakların hepsini ölçmeli misin? Her taştaki her bir atomu ölçmeli misin? Her bir durumda cevap çok farklı olur. Kıyı şeridi *fraktal* bir şekildir. Onu ne kadar yakından incelersen o kadar çok ayrıntı gösterir.

“Doğa fraktal biçimli cisimler oluşturma eğilimdedir. Yumuşak küreler ile silindirler doğada pek sık görülmez; yakından baktığında her zaman daha ince ayrıntılar görürsün. Tekrarlı bir hesaplamalar dizisi yaparak bilgisayarda fraktal cisimler oluşturabilirsin ve bu tür bir sonuç popüler ticari bir üne sahip olur. Oluşturduğu desenlerin sanatsal posterler üzerinde bulunan kopyalarını satın alabilirsin. Basit bir bilgisayar programının prensip olarak sonsuz karmaşıklıkta oluşturabileceği Mandelbrot Setleri gibi.”

Zaman Baba’nın tableti kıvrılan desenlerle dolu olan karmaşık desenlerle çevrelenmiş karmaşık siyah şekiller göstererek ay-



dındlandı. Bir büyüteç çıkardı ve bir bölgeyi büyüttü. Bunu yapınca tüylü, çiçeğe benzer daha da karmaşık bir şekil ortaya çıktı. Daha fazla büyütme daha ince ayrıntıları gösterdi ve her bir ayrıntıda aynı garip siyah şeklin örnekleri görüldü. Bunları inceleyince etraflarında da orijinali ile aynı ayrıntıları gösterdiği ortaya çıktı. Daha keskin, daha büyük büyütme sonu gelmez biçimde daha çok ayrıntı ortaya çıkarmaktan başka bir işe yaramıyordu.

“Bunun bir sonu yok,” dedi Hayalet. “Ayrıntı düzey tam anlamıyla sonsuzdur. Bu, ayrıca senin yönetici oyuncağının başlangıç konularının grafiği için de geçerlidir. Nihai durum aslında tamamen başlangıç koşulları tarafından belirlenebilir fakat o kadar hassastır ki yine de herhangi bir kestirim yapmak imkansızdır. Başlangıç konumları ve hızlar ne kadar hassas olarak bilinse de yine ortaya çıkabilecek pek çok sonuç vardır. Bunlar yalnızca küçük farklılıkları olan gelecek durumları değil, tamamen farklı durumlardır. Bu durum, klasik determinizm fikri ile alay etmektedir. Şimdinin koşullarındaki küçücük bir farklılık geleceği yalnızca *birazcık* farklı kılmaz, muazzam sonuçlar meydana getirebilir. Şimdiyi *ne kadar* hassas olarak bilersen bil, asla *yeterince* hassas olmayacaktır.

“Küçük etkiler önemli sonuçlar meydana getirebilir. Bu genellikle kelebek etkisi olarak adlandırılır. Bu durum şöyle ifade edilir; Dünya’nın hava durumundaki değişimler daha önceki koşullara o kadar hassas biçimde bağlıdır ki Borneo’daki bir kelebeğin kanat çırpışı Amerika’da bir kasırgaya neden olabilir. Kasırganın tabii ki pek çok ‘nedeni’ olacaktır fakat uzaktaki bir kelebeğin etkisi hava durumunun gelişimi konusundaki iki olası yol arasında yeterince etkin olabilir. Bu iki olası yoldan bir tanesi bir kaç gün sonra Amerika’da bir kasırgayı içerirken, diğeri içermez. Küçük etkilere böylesine hassas bir bağımlılık hava durumunun ne kadar kestirilemez olduğunu göstermektedir.

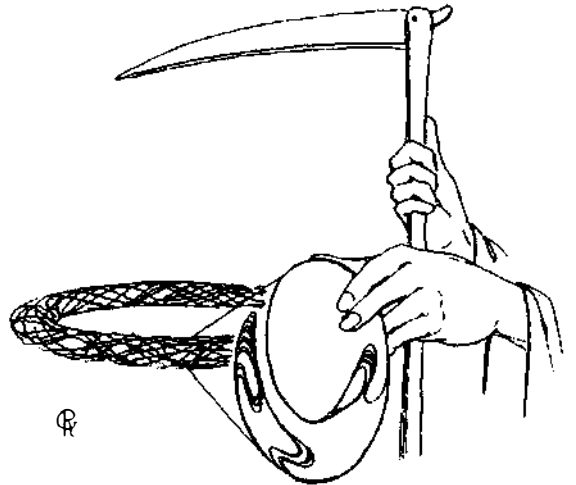
“İşte sana determinizm ikilemi. Evet, gelecek şu andaki durumların doğrudan bir sonucu olabilir ve neden ile sonucun kesintisiz zinciri tarafından ortaya çıkartılabilir fakat öyle olsa bile, bu kesin koşullara o kadar hassas biçimde bağlı olabilir ki *ne kadar* iyi bilebilsen de, *asla yeterli değildir*. Gördün mü, gelecek şimdi tarafından belirlense de, kestirimler yapabilmek için yeteri kadar hassas bilgilere sahip olmak imkânsızdır. Bu da geleceğin kestirilebilir *olmadığı* anlamına gelir.”

8 . B Ö L Ü M

Gideceğin Yeri Boşver, Manzaranın Tadını Çıkart

Scrooge kadim Zaman Baba'ya bakıyor ve artık inanılmaz şekilde yaşlanmış olduğunu görüyordu. Sadece yaşlı değil, insandan çok bir mumya gibi duruyordu. Her ne kadar durumunu kabul etmeye meyilli görünmese de, sıradan bir gözlemci için gayet ölü gibiydi. Scrooge ona karşı saygı duyuyor olsa da, giderek küçülüp solduğunu görebiliyordu.

Hayalet bir kez daha konuşmak için zorlukla doğruldu. Sesi o kadar cılızdı ki Scrooge onu duymak için ister istemez kendisini zorluyordu. "Eğer gelecek, tıpkı Gölgenin sana söylediği gibi, gerçekten rastlantısal ve kestirilemez ise, bu durum geleceğin Isı Ölümü vaadi dışında



hiçbir şey getirmediği anlamına mı geliyor? Zaman, deterministik olarak önümüzdeki resimden tamamen yok olduktan sonra, evrenin bir oyuncusu olarak geri gelse bile, düzenli entropi artışı, bozuşma ve mutlak bir biçimsizlik dışında ne getirebilir ki?"

"Pekala, ne getirecek? Eğer gücünüz varsa söyleyin," diye karşılık verdi Scrooge.

"Isı Ölümünün nihai dengesi umutların sonu olabilir," dedi cılız, yorgun ve titrek sesi ile Hayalet. "Fakat henüz kesinlikle o noktada değiliz ve yolumuz üzerinde yeni dolambaçlar olabilir. Söyleyebileceğimiz yegâne şey, bu yolun çarpıcı ve ilginç olan her şeyden uzaklaşan ve aklın



alabileceği bütün olasılıkların ötesinde, gri ve sıkıcı bir yere doğru giden, sapmış bir yol olduğudur."

Konuşurken Hayalet'in sesi yeniden güçlenmiş görünüyordu. Biraz daha doğruldu ve bu sırada kırıxık cildi artan bir canlılık gösterecek şekilde pürüzsüz hale gelmeye başladı. Hâlâ yaşlı göründüğüne şüphe yoktu fakat yeniden capcanlı oluvermişti. "Entrponin Dünya'da arttığı doğrudur. Isı her zaman daha sıcak olan cisimden daha soğuk olan cisme doğru akar ve böyle yaparken de entropideki düzensizlikte bir artış olur. Dengeye giden yolda başka bir adım daha vardır. Kullanılabilir olan enerji ilk baştaki stoklarının bir kısmın kaybeder, nihai ısı bataklığı evrende kullanılabilir enerjinin bir miktarını daha alır. Bu doğrudur fakat olayın yalnızca iki uç noktasına bakmak anlamına gelir. Isı kaynağından ısı çukuruna giden yolun ortalarında neler vardır? Burası bizim var olduğumuz bölgedir. Bu orta bölgede, donuk denge noktasına doğru giden yol dümdüzdür ve EVREN bu yol üzerinde bulunur!" Hayalet artık dimdik ve hareketli hale gelmiş, parlayan gözleri ve uçuşan saçlarıyla yaptığı açıklamanın etkisi, Eski Ahit peygamberini andıran bir biçimde giderek yükseliyordu. "Burası senin konumundur, yani *orta nokta*! Dünya'nın devinimini sağlayan enerji Güneş'ten gelir. Yavaş ve düzgün bir biçimde Güneş, yakıtlarını harcayıp kullanılabilir

enerji stoklarını kaybeder fakat daha çok uzun bir yolu vardır. Senin yaşamın ve senin ardından gelen tüm torunlarıninkiler boyunca da sürecektir; kayda geçen zamanın son anına kadar. Bu enerji akışının bir kısmı Dünya'dan geçer ve sonunda da çoğunlukla uzayın derinliklerine yayılan, düşük nitelikte ısı halinde, sıcaklık olarak kaybedilir. Bu sürecin iki ucu da seni ilgilendirmez. Seni ilgilendiren, Güneş'in enerjisinin Dünya'nın hava durumu makinesini çalıştırdığı ve içinde yaşadığın uygarlığın ihtiyaçlarını karşıladığı orta kısımdır. Bitkilerin büyümesini sağlar ve hayvanların yaşamaları için gerekli enerji akışını sağlar.

"Sen ısı dengesinin sağlanacağı noktanın çok uzağında bir yerde hayatını sürdürmeye devam edersin ve yaşamının büyük bir kısmında o noktaya yaklaştığının pek de parkına varmazsın. *Termodinamiğin İkinci Kanunu* bu bakımdan yanlış değildir. Entropi gerçekten her zaman artar. Sen ve diğer insanlar üreyip gelişir ve büyürken, giderek daha karmaşık ve daha düzenli yapılar haline gelirsiniz. Bu bakımdan entropi artıyormuş gibi görünmez ve aslında artmıyordur da. Gelişiminiz boyunca daha düzensiz hale gelmezsiniz fakat *İkinci Kanun* bunun neden böyle olması gerektiğini söylemez. *Yalıtılmış* bir sistemin toplam entropisinin artması genel bir kuraldır.

"Evren muhtemelen yalıtılmış bir sistemdir fakat entropisi senin yaşamın ile *artar*. Toplam entropi artışı, Dünya'da yaşayıp büyümen sırasında ortaya çıkan düzensizlikteki yerel azalmaları karşılayacak olandan daha fazla miktarda saldıran ısı ve artık-enerji ile olur. Söylediğim gibi, sen kendin yalıtılmış bir sistem değilsin ve termodinamik dengeden çok çok uzaktasın. Enerji her zaman üzerinden akar, yiyecekler, Güneş ışığı, nefes alman ile. Yaşamını sürdürmek için dengeye doğru düzenli olarak giden bir bozuşmaya karşı isyan edebilmen için bile bunların hepsine ihtiyacın vardır. Herhangi bir hayvan yalıtılmışsa ve sonuç olarak bu enerji akışı içinde yer almıyorsa, iç entropisi *İkinci Kanun*'un gerektirdiği biçimde artar. Yiyecek yemek ya da alınacak nefes ile hiçbir kullanılabilir enerji girdisi olmaksızın entropi artmaya devam ederek, evrenin yapısı ve düzeni giderek bozuşacaktır. Bu durumun teknik adı, *ölmektir*."

"Öyleyse, bana bu söylediğiniz dengeye hızla erişilemeyeceği mi söylüyorsunuz? Bu durum karşısında, kaçınılmaz olanı bir süreliğine ertelemekten başka bir şey yapılabilir mi?"

“Ah, evet, aslında ‘bir şey yapabilir!’ Her şey yapılabilir. Sistemler söylediğim dengeden çok uzakta ve üzerlerinde cömert bir enerji akışı olduğu sürece, ilginç süreçler ortaya çıkabilir. Yeni bir yaradılış meydana gelebilir. Ne olacağı Dünya’nın farklı bileşenlerinin birbirleriyle nasıl etkileşime gireceğine bağlıdır. Yalıtılmış atomlar ile moleküller dışında bir şey yoksa ve her biri diğerlerinden bağımsız olarak kendi başına hareket ediyorsa, tüm durum ve koşullar eşit olasılıkta ve değerdedir. Bu senin bir önceki kılavuzun Gölge tarafında yapılmış bir varsayımdır ve böyle bir durumda, rastlantısal dalgalanmalar dışında hiçbir şey gelişmez. Dengeye giden yol temiz ve dosdoğrudur. Fakat olaylar böyle olmuyor. Gerçekte, uzun menzilli etkileşimlere sahiptir ve onlardan bir geri besleme alırsın. Bunlar hep birlikte düzeni oluşturmak, daha önce bulunmayan yeni şeyleri meydana getirmek için çalışırlar.”

“Uzun menzilli kuvvet ve geri besleme ile tam olarak neyi kast ediyorsunuz?” diye sordu Scrooge hemen.

“Uzun menzilli kuvvetlerle neyi mi kastediyorum? Bunlar kütleçekimi ve elektriksel etkileşimler gibi şeylerdir. Yeni ve ilginç hiçbir şey yok diyebilirsin aslında. Bu tür uzun menzilli etkileşimlerin varlıkları, sadece parçacıkların gaz ve diğer formlarda, kinetik teoride varsayıldığı şekilde çarpıştıklarında değil, her zaman birbirleri üzerinde etkileri oldukları anlamına gelir. Her bir parçacık uzakta olan diğerleri tarafından etkilenebilir ve bu durum parçacıkların kendi iç dengelerine bağımlılıklarını ortadan kaldırır. Birinin davranışı diğerlerini etkiler ve bu da tutarlı genel bir etkiyi teşvik eder. Her parçacık yalnızca kendi işini yapmaz, hepsi birlikte çalışabilirler. Bunun sonucunda ortaya çıkabilecekler, Dünya’daki tüm yaşam tarafından kullanılabilir enerjinin kaynağı olan Güneş gibi yıldızların oluşumlarında da görülebilir.”

EVRENSEL KÜTLEÇEKİMİ

Uzun menzilli bir kuvvetin varlığı ilk olarak Newton’un evrensel kütleçekim teorisinde ortaya çıkmıştır. Newton, uzaydaki tüm ci-

simlerin birbirlerinden ne kadar uzakta olurlarsa olsunlar, birbirlerini kütlelerine bağlı olan ve aralarındaki mesafenin karesi ile ters orantılı biçimde çektikleri tezini ortaya atmıştır.



Aralarında r mesafesi bulunan m_1 ve m_2 kütleli iki cisim, birbirlerini aşağıdaki kuvvetle çekerler.

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad G, \text{ kütleçekimi sabitidir.}$$

Newton, bu kanunun tüm gezegenlerin gözlenen hareketlerini açıklamakta yeterli olduğunu gösterebildi (Elbette o zamanlar elinde bulunan olanakların hassasiyetiyle; Einstein'ın görecelik teorisi ile ortaya attığı düzeltmeler, Merkür'ün yörüngesinin ölçülebilmesiyle biraz daha kanıtlanmış oldu).

Scrooge, başına daha önce geldiği gibi en ufak bir uyarı olmadan, bir kez daha uzayda süzülüyordu. Bu sefer önünde bir Güneş ya da gezegen yoktu ve yakınlarda bir yerde henüz bir gezegenin de oluşmadığı anlaşıyordu. Her ne kadar tamamen emin olmasa da, önünde ve etrafında çoğunlukla hidrojen içeren büyük bir gaz bulutunun sürüklendiğini fark ediyor ve bu madde-den uygun bir zamanda bir yıldız doğacağını anlıyordu.

Moleküller rastlantısal hareketler yaparlarken, bulutun içindeki gazın yoğunluğunda dalgalanmalar oluyordu. Bir an, bir noktadaki yoğunluk diğerinden biraz daha fazla oluyordu fakat moleküller hareket ettikçe, bu etkiler birbirlerini dengeliyor ve daha yüksek ve düşük yoğunluktaki bölgelerde dalgalanmalar devam ediyordu. Scrooge, bir nedenden ötürü belirli bir bölgede yoğunluğun ortalamanın oldukça üstünde olduğunu görüyordu. Eğer moleküller arasında hiçbir etkileşim olmasaydı, termal hareket, tıpkı daha az yoğun bölgelerde yaptığı gibi, bu yerel yoğunlaşmayı da ortadan kaldırılabirdi çünkü yoğunlaşmalar arasında sürekli bir etkileşim *vardı*. Her molekül, kütleçekimi-

minin zayıf çabası ile diğer molekülleri kendine doğru çekiyordu. Etraftaki gazın içindeki moleküller, halihazırda onları kendilerine çekecek daha çok molekülün bulunduğu bölgelere doğru biraz daha güçlü biçimde çekiliyorlardı ve giderek daha fazla molekül o alanlarda bir araya geliyordu. Daha düşük çekim altındaki bölgelerden kaçan moleküller bu bölgeye çekiliyor ve böylece gazın yoğunluğu orada giderek artıyordu. Yoğunluk daha da arttıkça, kütleçekiminin etraftaki bölgelerde bulunan diğer gaz molekülleri üzerindeki çekimi de daha fazla oluyordu.

Daha yoğun olan ilk kabuk geliyordu. İlk başta, geçici olarak gelişen bu kabuklar, moleküllerin rastlantısal hareketlerinin yarattığı kütleçekiminin etkisiyle tekrar bozuyor, yeni yoğun alanlar ve kabukların ortaya çıkma olasılığı geliyordu. Bununla birlikte, merkezi bölgedeki yoğunluk arttıkça, etraftaki moleküllerin hissettikleri kuvvetler dengesizliği de giderek artıyor ve bunlar daha düşük yoğunluklu bölgelerden, müstakbel yıldızın büyüyen kalbine doğru daha da kararlılıkla çekiliyorlardı. Etraftaki bölgeler bu düzenli gaz kaybı yüzünden boşalınca, yoğunluğun daha düşük olduğu bölgeler tarafından uygulanan kütleçekimiyle oradan uzaklaşıp sürüklenmeye ve çekime karşı giderek daha az karşı koyabilir hale geliyorlardı. Halihazırda güçlü kütleçekimine sahip olan bölgelere daha fazlası gidiyordu. Bütün bu hareketlilik içinde bünyesine topladığı molekülleri kaybetmemiş olan bölgeler etkin hale geçiyordu. Etraftaki gaz, atom ve moleküllerinin tümü gelişmekte olan yıldıza doğru sürükleniyordu.

Giderek daha çok madde bu yeni yıldızın merkezine doğru yaklaştıkça, yıldızın kütlesi artıyordu. Sonuç olarak, üstüne düşen madde tarafından salınan potansiyel enerji, zaman içerisinde daha da büyüyordu. Bu enerji ısı olarak ortaya çıkıyor ve yıldız sıkışıp etraftaki gazın giderek daha büyük bir kısmını kendisine çektikçe, daha çok ısınıyordu. Yıldızın sıcaklığı daha sıcak noktalara yükselerek akkor haline geldi ve parlak biçimde ışımaya başladı. Yıldızın merkezi ise, görünür ışığın büyük kısmının geldiği yüzeyinde parlayan fotosferinden daha yüksek sıcaklıklara çıktı. Yıldızın kalbindeki sıcaklık sonunda o kadar yüksek hale geldi ve moleküllerin çarpışma enerjileri o kadar büyüdü ki, Dünya üzerinde örneği geliştirilmiş olan hızlandırıcıda görüldüğü gibi, çekirdek tepkimeleri meydana gelmeye

başlamıştı. Yıldızın merkezi nükleer bir fırın haline gelmiş, daha da fazla enerjiyi ısı ve ışık olarak yayar olmuştu. Sıcak yıldızdan gelen ışık ve diğer radyasyonun dış yönlü basıncı, kendisine doğru gelen maddeleri dışarı doğru itiyordu ve *radyasyon basıncı*, yıldızın merkezine doğru oluşma eğilimindeki daha fazla çökmeyi engelliyordu.

Çok yakında, Scrooge'nin gözleri önünde, bildiği, tanıdık Güneş'in ikizi olan yeni bir yıldız yanıyordu. Yıldız, geçici bir denge durumuna kavuşmuştu. Artık ne çöküyor ne de yeni madde çekiyordu çünkü içindeki nükleer yangınlardan gelen radyasyonun dış yönlü basıncı bu süreci durdurmuştu. Bu nükleer tepkimeler devam ettiği sürece yıldız değişmeden duruyor, boyutu sabit kalıyor ve dışarı doğru ısı ve ışık salıyordu. Bunların hepsi de yıldızı meydana getiren maddenin içinde daha önceden hapsedilmiş olan nükleer enerjiden geliyordu.

Yıldızın çöküşündeki bu duraksama geçiciydi, kütleçekimi yalnızca zamanının gelmesini bekliyordu ve işte o zaman nihai zaferini elde edecekti. Er ya da geç yıldız nükleer yakıt kaynağının tamamını tüketecek, nükleer yangınlar sönecek ve yıldızın çöküşünü engelleyen radyasyon basıncı zayıflayacaktı. Bu andan itibaren de amansız çöküş yeniden başlayacaktı. Bununla birlikte, bu geçici durgunluk çok uzun bir süre devam edebilirdi. Scrooge'nin kendi güneş sistemi, Güneş'inin çöküşündeki duraklama evresinin henüz başındaydı.

"İşte uzun menzilli kuvvetlerin daha belirgin olan etkilerinden birini görüyorsun." Hayalet'in sesi, gözlerinin önünde solan kızgın yıldızla bakarken, Scrooge'nin dikkatini dağıttı. "Kütleçekiminin geniş bir ölçekte belirli bir düzeni nasıl meydana getirdiğini gördün. Daha da önemlisi, olup bitenler tıpkı senin dünyanın yaşam ve ışık kaynağı olan Güneş gibi, yerel bir kullanılabilir enerji kaynağı meydana getirdi. Karmaşıklık belirtisi ya da yaşamı meydana getiren işaretler yoktu. Bunu görebilmemiz için, geri besleme ve doğrusal olmayan etkilere bakmamız gerekecek."

"Doğrusal olmayan etki ne olabilir ki?" diye sordu Scrooge. "Bu anlamda, *doğrusallık* nedir?"

"Fiziksel etkileşimlerdeki doğrusallık, parçacıkların birbirleriyle etkileşime girmedikleri varsayımının ötesine geçerken, teori tarafından ortaya atılan ve deneysel olarak savunulamaya-

cak ilk adımdır. Tüm etkileşimler iki, yalnızca iki parçacık arasında olur ve hiçbir şekilde diğerlerini ilgilendirmez. Eğer pek çok parçacık mevcutsa, her biri diğeriyle etkileşime girebilir fakat etkileşime girme biçimleri asla bu iki parçacığın dışındakilerin varlığından etkilenmez. Parçacıklar değil, artık parçacık çiftleri söz konusudur. Pek çok parçacığın varlığından kaynaklanan potansiyel, her birinden kaynaklanan ayrı ayrı potansiyellerin toplamıdır. Diğer parçacıkların varlıklarının ve birbirleri üzerindeki etkilerinin artmasının, yani ortak etkileşmelerinin olmadığı varsayılır. Her şeyden önemlisi, geri beslemenin olmadığı düşünülür.”

“Aşikâr olan soruyu sorabilir miyim?” dedi Scrooge, sanki sırada bu soru varmış gibi aklında. “Geri besleme derken ne demek istiyorsunuz? Sorular sorarak sizin söylediklerinize verdiğim tepkiler gibi bir şey mi?”

“Sanırım sorularının, benim söylediklerimden doğan birer geri besleme sayılabileceğini söyleyebilirim fakat bu tanım, fiziksel sistemleri etkileyen geri beslemelerin çok önemli bir özelliğinden yoksun olur. Geri besleme, bir şeyin sonucu, *nedenleri* arasında yer aldığına meydana gelir. Neden ve sonuç zinciri bükülür ve uçları birbirine bağlanır ve bu durumda, tahmin edebileceğin üzere, ortaya önemli bir fark çıkar. Geri besleme nedenselliğin sırasını etkilediğinden ve tabi ki yarattığı etkiyi de değiştirdiğinden, bunun sonuçlarını fiziksel sistemler yanında, mantıksal ifadelerde de görebilirsin. Şu iki direği düşünelim mesela...” Önlerinde belirgin herhangi bir yere gömülü olmayan iki direk belirdi. Bir tanesinin üzerinde şöyle yazan bir tabela vardı:

Bir elin nesi var, iki elin sesi var.

Diğerinde ise,

Yukarıdaki önermeyi boş verin, doğru değil.

yazıyordu.

“Bu iki duyuru bir çift olarak ele alındığında herhangi bir mantıksal sorun teşkil etmezler. İlkinin de doğru olup olmadığını tartışabilirsin. Bir tanesi doğru ve diğeri yanlış olabilir. Hangisinin doğru olacağı dış bilgiye, yani harici durumlara bağlıdır. Ancak ilk uyarıyı şu şekilde değiştirirsek durum olduğu gibi değişir.” İkinci tabela aynı kalırken, ilk tabelada şöyle bir yazı belirdi:

İkinci uyarı yanlıştır.

“Artık bir geri beslemeye sahipsin. Sonuç, her bir uyarının yorumunun diğerinin girdisini etkiliyor olması ve onun doğruluğunun dayandığı *girdiyi* değiştirmesidir. Birlikte ele alındıklarında, yorumlar kapalı bir döngü meydana getirir. Bu uyarılarda tek tek hala belirgin bir sorun yoktur. Eğer ilki doğru kabul edilirse, tabii ki ilkinin doğru olmasıyla tutarlı bir şekilde, ikincisi yanlış olur. Buradaki yorum karardır. Bununla birlikte, ilkinin yanlış olduğu ve ikincisinin doğru olduğu durumda da sonuç aynıdır; tutarlıdır. Dikkate değer olan özellik, her biri eşit oranda doğru olan fakat birbirlerini dışlayan iki önermenin olmasıdır. İlginç özellik ise, *harici şartlarda herhangi bir değişiklik olmadan* her iki yorumu da seçebilecek olmandır. Eğer kendi girdisini sağlayan bir uyarıya bakarsak, durum çok daha uç bir noktaya gelebilir.” İki uyarı da gözden kayboldu ve yerlerine çok basit bir ifadenin yer aldığı tek bir önerme geldi:

Bu uyarı doğru değildir!

“Burada makûl bir yorumun mümkün olmadığı bir önerme söz konusu. Uyarı daha öncekilerden pek de farklı olmaksızın makûl bir ifade gibi görünüyor fakat anlamı kararlı değil. Bu öneri doğru mu? Eğer öyleyse, demek ki öneri yanlış. Eğer yanlış ise doğru. Daha önceki örnekte her bir uyarı doğru ya da eşit oranda yanlış olabilirdi, bu durumda ise, her ikisi de olamaz. Bu garip ve rahatsız edici davranış, uyarıların kendi kendine gön-

derme yapması yüzündendir. Geri besleme fiziksel sistemlerde de aynı oranda garip sonuçlar doğurabilir. Bu olasılık genellikle bir sistemin durumunun, ona daha ileride ne olacağını belirlemede yardımcı olduğunda görülür. Geri besleme, evinin ısını denetlemek için bir termostat kullandığında olduğu gibi, bir durumu daha sakin ve daha kararlı yapmaya hizmet edebilir. Termostat genellikle negatif geri besleme sağlar. Eğer odan çok sıcaksa, geri besleme ısıtmayı keser, eğer çok soğuksa, ısıtmayı açar. Net etki, sıcaklığı kabaca sabit tutmaktır. Pozitif geri besleme ise tam tersi bir etki doğurup hiçlikten çarpıcı etkiler meydana getirebilir. Bunu, bir mikrofonu sesi çok açık bir hoparlörün önüne yaklaştırarak görebilir ya da daha ziyade duyabilirsiniz.”

Hayalet zayıf ellerinden birinde bir mikrofon tutuyordu. Arkasında ise güçlü bir ses sisteminin yüksek hoparlörleri görülebiliyor olsa da, yaşlı Zaman Baba’dan bir pop şarkıcısı hayal etmek zordu doğrusu. Hayalet en yakın hoparlöre doğru yürüdü ve mikrofonu sanki hoparlörün patlamasını bekliyormuş gibi te-dirgince ona doğru tuttu. Bir bakıma öyle de oldu. Daha önce duyulan her sestən tamamen farklı, doğaüstü, sağır edici bir çığlık duyuldu ve Scrooge işkenceye uğrayan kulaklarını elleriyle kapattı. Ses, her bir kemiğini titreten bir seviyeye yükseldi ve sonra duyulmaz oldu. Ellerini kulaklarından çekince, hoparlör yığınının yok olduğunu ve Hayalet’in de tekrar kendisine hitap etmekte olduğunu fark etti.

“...işte sürtünmesiz sarkaç gibi doğrusal olan ve herhangi bir kaybı olmayan dinamik bir sistemin tamamen kestirilebilir bir biçimde sonsuza kadar ilerleyeceğini gördün. Böyle bir davranış monotondur ve oldukça gerçek dışıdır. Normal deneyimlerde hiçbir şey herhangi bir tür kayıptan tamamen muaf değildir. Gökyüzündeki yörüngelerindeki gezegenler bile gelgit etkileri ve yolları üstündeki az miktardaki madde ile çarpışmalar nedeniyle enerjilerinin bir kısmını kaybederler. Enerji kaybı olduğunda ve yerine konmadığında hareket, sonunda duracaktır. Bu hareketin genliği ne olursa olsun, nihai bir sınır noktasına doğru düzgün biçimde ya da daha çok kademeli olarak, bir çekim noktasına doğru küçülecektir. Sarkaç örneğinde, bu çekim noktası tüm hareketin durduğu ve sarkaç topuzunun aşağı doğru sarkmış olduğu andır fakat başka örnekler daha karmaşık davranış-



lar gösterebilirler. Kaybedilen enerji yeniden sisteme verildiğindeyse, durum özellikle belirginleşir.

“Bu, bizim incelemek zorunda olduğumuz bir durumdur çünkü Dünya’da meydana gelen dengeden uzak etkinliklerle sonuçlanır. Kaybedilen enerji sisteme geri verilir. Temelde enerji Güneş’ten, büyük bir süreçler zinciriyle iç içe bir biçimde ilerleyerek gelir. Enerji sistemden kaybolduğunda, şu ya da bu tür etmenlerle enerjiyi sistemden çalanlar, onu nihai ve düşük nitelikli ısı haline getirirler. Ama enerji girdisi olan yerde sistem, gücünü kaybetmeden sonsuza kadar iş görmeye devam edebilir. Enerji, enerji kaynağından nihai batışına aktarılır ve bu süreçte entropi sürekli olarak artar. Ortadaki minik kısmın, yani seni en çok ilgilendiren kısmın, entropi artışı ile ilgisi olması gerekmez. Eğer sistem doğrusal ve geri beslemesiz ise, nihai çekim nokta-

sının etkisi yumuşak ve düzenli olur; bir sınır döngüsü olarak kendini gösterir. Hareket sonsuza kadar yumuşak ve düzenli biçimde sürer. Entropisi değişmez; ne artar ne de azalır.

“Eğer belirgin bir geri besleme varsa, işler karmaşıklaşır. Geri besleme ve *kendini düzenleme* hem bireysel hem de tür olarak yaşayan organizmaların çarpıcı özelliklerinden biridir. Geri beslemenin en basit örneği de, bir popülasyonun yıldan yıla değişme biçimi ile gösterilir.”

Scrooge'nin etrafını kaplayan biçimsiz zemin, tıpkı aniden netlik kazanan bir filmin bulanık görüntüsü gibi, Hayaletle birlikte değişti. Büyük, düzenli bir bahçede, çalılar ve otların etrafı sardığı bir açıklıkta duruyorlardı. Açıklığın bir ucunda, büyük bir balık havuzunun kenarında, flütünü çalan bir *Pan* heykeli vardı. Scrooge havuzun içine baktığında, bir çok balığın karanlık, gizli şekillerini görebiliyordu.

“Bu havuzun içinde bir balık popülasyonu var. Her yıl balıklar ürer ve bir sonraki yıl yeni bir popülasyon olur. Eğer geri besleme olmasaydı, her bir balık diğerlerinden tamamen bağımsız bir biçimde yaşayabilseydi ve her biri çeşitli yavrular üretebilseydi, sayıları düzgün ve katlanarak artardı. Tabii ki balıklar sonsuza kadar yaşamazlar ve her yıl bazıları ölür fakat doğum oranının ölümle paralel olmaktan ziyade daha yüksek olduğu dikkate alındığında, popülasyon her halükarda büyüyecektir. Bununla birlikte, balıklar etraflarındakilerden etkilenmiyor değildir; hepsi de aynı havuzda yaşamak zorundadırlar.

“Havuzda yemek miktarı sınırlıdır ve bu durum popülasyonun artışına bir sınır koyar. Bir kaç balık varsa, popülasyon hızlı artar çünkü hepsi için yeterince besin vardır. Eğer çok fazla balık varsa, besinin büyük kısmın yiyip bitirirler ve hemen hemen hepsi ölür, bu nedenle de popülasyon çarpıcı biçimde düşer. Popülasyonun bir denge değerinde, bir sınır değerinde kararlı hale gelmesini bekleyebilirsiniz ve bu değerde ölenlerin sayısını dengeleyecek kadar yeni balık doğar ve yemek miktarı değişmediği sürece, popülasyon yıldan yıla değişmeden aynı kalır. Popülasyon ne olursa olsun, ilk başta onun bu optimum sayıya yaklaşmasını, başlangıçta muhtemelen bu sayı etrafında biraz gidip gelmesini fakat sonunda sabit değere oturmasını bekleyebilirsiniz.

“Bu örnek, dengede olmayan sistemlerin özelliklerinden pek çoğunu göstermektedir. Yıllık üreme, Güneş’ten Dünya’ya gelen kullanılabilir enerji girdisine benzer biçimde, yeni balık girdisi olarak düşünülebilir. Yaşlılık ya da açlık yüzünden meydana gelen balık kaybı, sistemin geri beslemesidir çünkü balıkların ölme hızı, aynı yem miktarı için mücadele eden balık sayısına bağlıdır. Eğer balıklar yavaş ürüyor ve yıldan yıla artışlarını gösteren *büyüme değişkeni* küçükse, popülasyon büyüyecek ve bir optimum değerde kararlı hale gelecektir.”

Hayalet elini uzattı ve havuzun yüzeyinde, sanki kara tahta da çizilmiş gibi bir çizgi belirdi. Bu çizgi önce kıvrıldı fakat yıldan yıla sabit bir popülasyon olduğunu gösteren bir grafikte, havuzun merkezine doğru değişmez, sabit bir çizgi haline geldi.

“Üreme hızı artar ve popülasyonun büyümesi daha da hızlı hale gelirse, çizginin davranışı değişir. Popülasyonunun büyüme oranının bir takım kritik değerlerinde, birbirini takip eden yıllardaki sayılar aniden kararsız bir davranış gösteremeye başlar. Bir yıl nispeten çok sayıda ürer ve açlık çekerler; bir sonraki yıl bu sayı çok daha küçük olup, popülasyon hızla artabilir. Bu nedenle de popülasyon, tekrar daha yüksek bir değere gelir. Yıllar içinde popülasyon bu iki sayı arasında gidip gelir ve asla bunlardan birinde sabit kalmaz.” Hayalet elinin parmaklarını açtığında, suyun üstündeki çizgi birden ikiye bölündü – bir tanesi büyük olan popülasyonu, diğeri ise küçük olanı gösteriyordu ve birbirini takip eden yıllarda bu değer birinden diğerine gelip gidip durdu.

“Eğer popülasyonun büyüme hızı daha da artarsa, birden olasılıklar bir kez daha ikiye katlanır; bu sefer popülasyon arasındaki yılların farklı değerleri olan dört yıllık bir döngüden geçer. Büyüme hızında meydana gelen aşırı bir artış ile popülasyon bir kez daha ikiye katlanır ve her sekiz yılda bir tekrar eder. Sonunda büyüme değişkeni için, tanımlanabilir bir periyodun bulunmadığı kritik bir değer çıkar ve popülasyon yinelenmez. Yıldan yıla bu sayıdaki dalgalanmanın oldukça rastlantısal olduğu açıktır ve balık popülasyonu kaotik hale gelir.” Havuzun yüzeyinde görünen çizgi tekrar tekrar bölünüyor ve büyüme hızı içinde anlaşılır olmaktan uzak, bulanık bir hale gelene kadar parçalanıyordu.

“Gerçek balıklarla dolu olan bir havuz tabii ki daha karmaşık bir şeydir. Balıklar bir takım hastalıklara yakalanabilirler. Havuza inip balıklar için daha fazla besin sağlayan böcek sürüleri olabilir. Her türden etki popülasyonun değişmesine ve durumun daha karmaşık hale gelmesine neden olabilir. İdeal bir havuzdaki popülasyon büyümesi, balık sayısının her yıl sabit bir sayı ile artacağını fakat bir önceki yılın popülasyonuna bağlı olarak, bir miktar da azalacağını söyleyen çok basit bir matematiksel model ile verilebilir. Bunun kadar basit bir model bile, salınımların tümünü tarif ettiğim nihai, kaotik bir davranışı gösteriyor olacaktır. Basit süreçler, çok karmaşık durumlar meydana getirebilirler. Kaosun mesajı budur.

“Kaos rastlantısallık ile aynı şey değildir. Rastlantısal davranış hiç kestirilemezdir ve ayrıca herhangi bir düzen ya da tanımlı bir grafik göstermez. Kaos ise kestirilemez olabilir fakat genellikle çok ayrıntılı ve karmaşık olan grafik dalgalanmalardan oluşturabilir. Bir kez daha sarkacı düşün çünkü bu tür deneyler için sarkaç en basit alettir. Bu sefer her bir salınımda sarkaca enerji vereceğiz ve enerji kaybı ile salınının giderek yok olmasına izin vermeyeceğiz.”

Havuz ile Pan heykeli arasında bir direk belirdi. Bu direk, topuzu bir o yana bir bu yana sallanan sarkacın sarktığı bir desteği ayakta tutuyordu. Salınım noktasındaki bir mekanizma, her salınımda topuza hafifçe vuruyor ve bu şekilde kazanılan enerji, salınının geri kalanında sürtünme ve hava direnci ile kaybolan enerjiyi geri kazandırıyor, sonuç olarak, sarkacın topuzu sürekli aynı hareketi yaparak sallanıyordu. Peki bu aynı hareket miydi? Kesinlikle aynı görünüyordu.

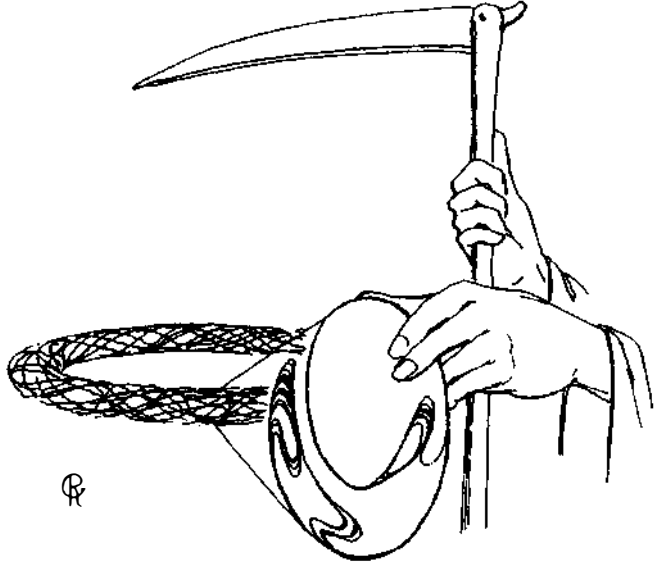
“İşte sana sarkacın tekrar tekrar sallandığı basit bir sistem. Hareket gücünü kaybetmeyecektir çünkü kayıplar ile yok olan zararı telafi etmek için sistem enerji ile beslenmektedir; tıpkı Dünya’nın Güneş’ten beslenmesi gibi. Hareket tekrar edip durur fakat tamamen aynı şekilde tekrar etmez. Şimdi görebileceğin gibi, burada bir kaos unsuru vardır.”

Hareketi esnasında sarkaç, havada geçtiği yol boyunca, bazı havacılık gösterilerindeki uçaklar gibi, arkasında güzel renkli, dumandan bir iz bırakıyordu. Bu ince çizgi gidip geliyor ve ağır topuzun birbiri ardına devirlerinin izlerini havada bırakıyordu.

Yakından bakınca, Scrooge yörüngelerin tam olarak aynı olmadığını görebiliyordu. Her biri diğerine benziyordu fakat tam olarak aynısı değildi. Arkada bırakılan bu izler *tamamen* aynı değillerdi. Peşi sıra çizilen yörüngelerden, giderek daha çok çizgi biriktikçe, bütün çizgiler belirli bir sıra olmaksınız dönerek ve bükülerek, birbiri içinden geçen dolaşık bir ip çilesine benzemeye başlıyordu. Bu hareket fark edilir biçimde kaotikti ve aslında Scrooge'ye tamamen rastlantısal görünüyordu. Zaman Baba sözlerini sürdürdü:

“Burada görebildiğin gibi, hareketin kaybı rastlantısal ve biçimsiz görünebilir fakat değildir. Tam olarak göremiyor olsan da, burada bir düzen vardır.” Hayalet torbasına uzandı ve uzun

bir çubuğa benzeyen bir şey çıkarttı. Çubuğun üzerindeki gizli bir dile bastı ve çubukla dik açı yapacak şekilde uzun, korkunç bir bıçak çıkıverdi. Scrooge Hayaletin elinde bir *tırpan* tuttuğunu görüyordu. Hayalet bu tehlikeli aleti neredeyse Scrooge'nin görebileceğinden çok daha hızlı biçimde iki defa havada savurdu ve çizgi çilesinin



ortasından ince bir parçayı kesip ayırdı. Bu parçayı, ince fakat güçlü eliyle sıkıca tutup, Scrooge'nin incelemesi için ona doğru uzattı.

Kesitin alanı üstünde Scrooge küçük noktaların saçılmış olduğunu görüyordu. Bunların her birinin, salınım yörüngelerinin bu alandan geçerken bıraktığı noktalar olduğunu anladı. İzlerken bile gitgide daha çok noktanın bu alana eklendiğini görünce şaşkınlığa düştü. Kesip çıkartılmış olmasına rağmen, hareket halindeki sarkacın bu alandan geçtiği noktalar kaydedilmeye devam ediyordu. Bu geçiş dizilerinde düzenli bir desen görünmüyordu. Bir yerde yeni bir nokta ortaya çıkıyor, bir sonraki geçişte ise çok daha uzak bir yerde başka bir nokta beliriyordu. Bu geçiş *dizisi* belirgin bir desen göstermese de, *konumları* kesinlikle düzenli görünüyordu. Hayaletin elinde tuttuğu kesip çıkartılmış

kısım boyunca, bir dizi ince döngü çizgisi yayılmış durumdaydı. Bunlar çok karmaşık bir iz meydana getirerek kıvrılıp bükülüyor, ayrılıp birleşiyorlardı. Bu çizgiler kendileri üzerinde bulunan noktalar dizisi ile görünür hale geliyorlardı. İlk başlarda sarkacın devir sayısı ve geçiş noktalarını gösteren noktaların sayısı sınırlı olduğundan, inceledikleri alanda pek çok boşluk vardı. Zaman geçtikçe, giderek daha fazla nokta beliriyor ve her nokta bu çizgiler üzerine düştükçe desen gitgide belirgin hale gelip netleşiyor ve ne kadar çok nokta varsa, çizgiler de o kadar net görülebiliyordu.

“İşte yapıyı görüyorsun; kaostan doğan ince ayrıntılar! Sarkaç, doğrusal olmasa da basit bir sistemdir fakat hareketin yok olmasını engelleyecek bir enerji kaynağı ile enerji kaybı bir arada bulunduğu kaosu bulursun ve kaos içinde de bir düzen bulursun.”

KAOS

Kaotik sistemler, genellikle doğrusal olmayan etkiler nedeniyle, başlangıç koşullarındaki sonsuz küçüklükte değişikliklerin kısa sürede tamamen farklı bir davranış doğurabildiği sistemlerdir. Kaos, çok basit denklemler ile tanımlanan süreçlerde görülebilir ve bu tür davranışlar bilgisayar programları ile kolaylıkla oluşturulabilir. Kaotik davranış konusundaki araştırmaların büyük kısmı bilgisayar ile yapılır ve böylelikle anlaşılır.

Bir kaotik davranış örneği de, dumanın sigaradan yavaşça yükselmesi ve sonra birden düzensiz dönüşler ve girdaplar ortaya çıkarması ile verilebilir.

Kaosun bir özelliği de, süreç tamamen kestirilemez görünse bile, genellikle çarpıcı biçimde sıralı ve düzenli davranış gösteriyor olmasıdır. Bu durum başlangıç koşullarına pek bağımlı değil gibidir ve aynı davranış döngüsü, ya da *çekim noktası*, başlangıç koşulları ne olursa olsun ortaya çıkabilir.

“Pek çok sistemde oldukça basit kurallar ve mekanizmalar, rastlantısal biçimde enerjiyi tüketen etkilere karşı besleyici bir

enerji kaynağı ile bir araya gelir. Bu durum kaos oluşturabilir ve kaostan da düzen doğabilir. Genellikle meydana gelen yapılar son derece karmaşık ve kırılgan olabilir. Bu durumdan, davranışın halihazırda maddenin içinde var olan kimyasallara bağlı olduğu ve böylelikle de geri beslemenin tamamen kimyasal süreçlerde görülebildiği anlaşılır. Böyle tepkimeler uzayda düzenli desenler ve zamanda düzenli atımlar gösterebilirler. Canlı değildir fakat söz konusu davranışlar basit bir yaşayan organizmanın davranışlarını andırır.

“Kendini düzenleme konusuna gelince; bu, pek çok atom içeren karmaşık sistemlerin bir özelliğidir. Böyle bir desen ve düzen görebilmek için, enerji kaybı ile doğrusal olmayan bir davranışa sahip olmak zorundasın fakat bunların ikisine sahip olduğunda da atomik seviyede altta yatan mekanizmaların ayrıntıları ile pek ilgisi olmayan karmaşık biçimlerin ortaya çıktığını görebilirsin. Atomik ölçekte zamana bağlı olarak tersine çevrilebilir basit davranışlar, büyük ölçekte karmaşık ve yaratıcı davranışlar *sergiliyor* olabilir. Başlangıçta herhangi bir kesin plan ile sisteme ait olmayan yeni türeme biçimler elde edersin. Bu biçimler zamanın başlangıcında onları meydana getirecek programlaların yazılmış olması nedeniyle ortaya çıkmazlar. Durum bundan daha önemli ve daha yaratıcıdır. Biçimler yenidir. Böyle sistemlerin davranışları, başlangıç koşullarına o kadar hassas biçimde bağlıdır ki, tamamen kestirilemezdirler ve böyle karmaşık desenlere bir kendini düzenleme şansı kazandırdığında, tamamen yeni bir yaratı meydana gelir.

“Bu davranışı bildik bir örnekte görebilirsin.” Hayalet konuşurken, gökten beyaz kar taneleri yağmaya ve çimlerin üstüne düşmeye başladı. Kar yağıyordu. Kar taneleri genelde kar yağdığında olduğu gibi giderek büyüyorlardı fakat bu sefer makul bir beklentiye aşacak şekilde büyümeye devam ediyorlardı. Scrooge kar yağışının ağırlaşmadığını fakat kar tanelerinin ona daha büyük göründüklerini fark etti. Gitgide artan bir büyütme ile, sıradan kar tanelerine bakıyordu ve artık onların farklı dantel desenlerine sahip olarak indiklerini görebiliyordu. Her bir kar tanesi kırılgan ve harika ayrıntılarla dolu, altı uçlu birer yıldız görünümündeydi. Her biri altı uçlu bir yıldızdı fakat bunun yanında hiçbir diğeri ile aynı değildi. Etrafı, aynı altı uçlu simet-

riye sahip ve tabii ki oldukça soğuk, bunun dışında da herhangi ortak özelliği olmayan, sonsuzmuş gibi görünen çeşitlikte şekiller ve ayrıntılarla sarılmıştı.

“İşte sana soğuk bir buluttaki suyun donma süreciyle ortaya çıkan ayrıntılı bir düzen örneği. Altı uçlu simetriye olan eğilim dışında, kar tanelerinin hiçbir özelliği başlangıç koşullarında belirlenmemiştir. Kar tanesinin gelişiminde bir geri besleme vardır çünkü gelişen bölgelerin yüzey alanları büyüdükçe, üzerinde daha fazla buz donabilir. Böylece de, burada gördüğün düzen ve ayrıntı çeşitliliği ortaya çıkar. Yan yana duran kar tanelerini gözlemlediğinde görebileceğin dikkat çekici farklılıkların ortaya çıkmasının nedeni, bulutlardan geçerken *tamamen* aynı yolu izlememeleridir ve her bir kar tanesinin gelişimi çevre koşullarına o kadar hassas biçimde bağlıdır ki, sonuçta taneler birbirlerinden tamamen farklı şekillere kavuşurlar.”

“Bana gösterdiğiniz bu gelişim çeşitliliğinin tümü şüphesiz çok etkileyici,” dedi Scrooge. “Fakat bana söylediklerinize göre, sonunda yok olmaları kaçınılmaz. Kısa ya da orta vadede belki bir yaratı söz konusu olabilir ama Isı Ölümü’nün nihai denge-sinde hiçbir şey kalmaması bir kader, öyle değil mi?”

“Evrenin tamamında nihai denge olduğunda, gerçekten Isı Ölümü elde edersin fakat bu aşamaya henüz gelinmiş değil. Ne de yakında olacağına dair bir işaret var. Evren, yıldızlar ve etraflarındaki maddelerin muazzam sıcaklığı ile yer yer çok farklı olabilir. Büyük ölçekte de evren sürekli genişlediği için durağan değildir. Yıldızlar ve uzak galaksiler birbirlerinden uzaklaşıyorlar ve bu uzaklık giderek hızlanarak büyüdükçe, tüm evren, büyük bir kozmik havai fişek ya da işaret fişeği gibi açılarak genişliyor. Bu hareket sonsuza kadar devam edebilir ya da kütleçekimlerinin etkisi genişlemeyi durdurabilir. Belki de böyle bir durmanın sonucunda, kütleçekiminin sürekli çekişi hareketi tersine çevirebilir ve evren giderek daha küçük bir boyuta inmeye başlayarak kendi üstüne çökebilir. Sonunda, ilk başta Büyük Patlama ile doğmuş olan evren, döngüyü tamamlayarak nihai Büyük Çöküş noktasına gidebilir.”

Scrooge bir kez daha kendini uzayın derinliklerinde sürüklenirken ve her tarafa yayılan ve birbirlerinden uzaklaştıklarını görebildiği büyük bir galaksi gösterisine bakarken buldu. Za-

man algısının yine bozulduğunu fark eden Scrooge, bu sefer izlediği evrenin, Gölgenin onu Isı Ölümünü göstermek için aynı noktaya getirdiği zamana göre daha fazla bozulmuş olduğunu idrak etti. Her bir kozmik parça hareket ediyordu fakat Scrooge uzaklaşmanın yavaşladığını düşünmekte haklıydı. Zaman algısının güvenilir olup olmadığını bilmesinin imkanı olmadığı için, ne kadar zaman geçtiğini bilemiyordu fakat bilinmeyen bir süre sonra genişlemenin durduğunu ve daha uzaktaki yıldızların artık uzaklaşmadığını hissetti. Üstelik, her ne kadar yavaş olsa da, yıldızlar geri dönmüş ve bir araya toplanıyor gibi görünüyordı.

Bu sıkışma, uzaydaki tüm yıldızların birbirleri üstüne düşükleri görüne kadar devam etti ve evrendeki her şey tek bir küçük alana sıkıştı. Uzaydaki maddeler kütleçekimi altında çökmeye başladılar ve giderek daha da sıkışık hale gelirlerken, büyük ölçekte yıldızların oluşumunda meydana gelen her şey tekrar ederek, sıkışan kütlenin sıcaklığı yükseldi. Scrooge, evrendeki her şey Büyük Çöküşe doğru ilerlerken ortaya çıkan tüm aşırı durumlardan mucizevi biçimde korunduğunu hissediyordu. Aniden sıkışmanın son anı geldi ve Scrooge, yaylı bir yatakta büyük bir çarpışma yaşarmış gibi, çöküşün etkisini pek fazla hissetmedi. Etrafına bakındı ve ne olduğunu anladı: Kendi yatağında, kendi odasındaydı ve hala geceydi.

Üçüncü Ziyaret

Scrooge'nin bir başka hayalet tarafından üçüncü ve son kez ziyareti, önceki ziyaretlerden çok daha acayip ve onu aptal durumuna düşürecek nitelikte olur.

Bu kez duydukları, bonkör ve her yanı saran doğanın tahayyülü üzerinedir. Olabilecek şeylerin tümünün bir şekilde nasıl olduğu, hiçbir ihtimal dışlanmaksızın, düşünülebilecek her durumun, doğru gözlemler yapıldığında görülebilecek biçimde, aslında doğada nasıl var olduğu anlatılır. Yegane gerçeği yaratanın, sistemle yolunu kesiştirmeyi beceren gözlemci veya ölçümle anlaşılacağı açıklanır.

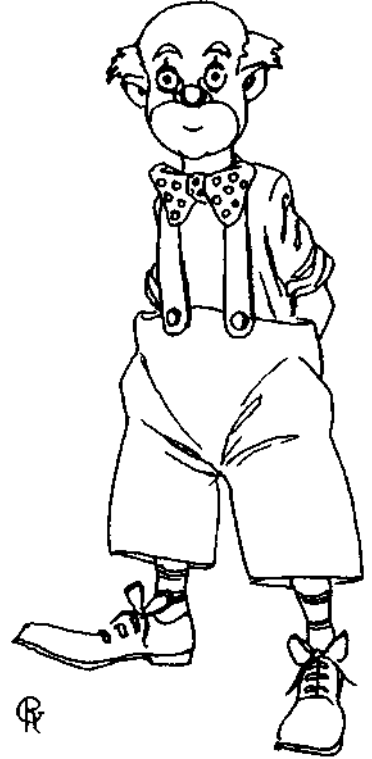
Scrooge bu ziyarette, kesişip birleşme, dalgalar, parçacıklar ve belirsizlik hakkında bilgi edinir. Düzensizlik, iniş çıkış ve parçacıkların belirsiz yerlerden gelip yine belirsizliğe dönüşleri üzerine kafa yorar. Bazı fizik kurallarına uymazmış gibi görünen ilinti ve bağlantıları öğrenir. Ama yine bütün bu bilgileri, güvenilir ve deneylerle kanıtlanan kaynaklardan edinir.

9. BÖLÜM

Atomdaki Hayalet

Scrooge, kendi muazzam horultusunun orta yerinde uyanıp, kafasını toparlamak için yatağının içinde doğrulup otururken, kendi yatak odasından başka bir yerde olmadığını hatırlaması için ortada hiçbir sebep yoktu. Hala şafağın sökmesine çok vardı ve odası karanlıktı fakat bir önceki hayaleti beklerken olduğu kadar yoğun biçimde karanlık değildi.

Odası yine gölgeler ve yanıltıcı şekillerle doluydu ve bunlar gözüne her çeşit yaratık ve hayaletler gibi görünüyordu. Gözleri etraftaki karanlığı delip geçmeye çabalarırken, gözlerinin önünden rasgele hareketler ile karanlık benekler



gelip geçiyordu. Solgun ışığa giderek daha çok alışırken, bir gölge parçasının diğerlerinden daha belirgin olduğunu fark etti. Gözlerini bu şekle dikti ve toprağın üzerine çökmüş sis gibi yatağına doğru yaklaşan, kumaşla örtünmüş ve kukuletalı bir hayalet gördü. Etrafına bakınıp duruyordu. Scrooge, bu kukuletalı şekil gibi, üzerine gelen pek çok başka gölge de görünce, hem şaşırdı hem de dehşete düştü. Bu belirsiz şeklin pek çok kopyası yatağının etrafında toplanmıştı bile. Bazıları daha büyüklerdi ve yatağın etrafında karanlık hareler halinde öbeklenmişlerdi.

Grubun tam ortasında bir tanesi çok belirgin ve mutlak gerçekliğe en yakın biçimde görünüyordu. Başını, yüzünü, biçimini saklayan ve uzattığı elinin dışında hiçbir yerini açıkta bırakmayan simsiyah bir cüppe içindeydi. Fakat bu şekilde onu gece-den ve etrafındaki diğer karaltılardan ayırmak daha zor oluyordu. Scrooge, yanına doğru yaklaşırlarken bu gölgelerin uzun ve görkemli olduklarını görmüş ve gizemli varlıkları içini büyük bir korkuyla doldurmuştu. Önünde duran şekil konuşmadığı ya da hareket etmediği için, hakkında daha fazlasını bilemiyordu.

“Bana geleceği söylenen Hayaletlerin sonuncusunun huzurunda mıyım?” diye sordu Scrooge, sonunda.

Gölge cevap vermedi fakat eliyle ileriye işaret etti.

“Bana ne tür şeyler göstereceksiniz?” diye devam etti Scrooge. “Şimdiye kadar olmamış fakat gelecekte olacak şeylerin gölgelerini göstermeye ne dersiniz? Sizi takip edeyim mi?” Bir an, hayaletin üzerindeki cüppenin üst kısmının kat yerlerinden büzüldüğünü görür gibi oldu; sanki Hayalet başını eğiyordu. Emin olamadı ve aldığı tek cevap da bu hareket oldu.

Her ne kadar artık hayaletlerle haşır neşir olmaya alışmışsa da, Scrooge bu sessiz şekilden o kadar korkuyordu ki, bacakları titriyor ve yatağından çıkıp da onu takip etmeye hazırlanırken ayakta zor duruyordu. Hayalet uzaklaşıyor ve Scrooge, hayaleti de sıktığını tahmin ettiği ağır cüppesinin gölgesi peşi sıra onu takip ediyordu.

Korka korka şehre giriyorlardı. Şehir etraflarında canlanıyor ve onları kendi etkinliği ile sarıyordu sanki. Şehrin durumu gece yarısından sonraki saatlerde olması beklendiği gibi değildi, daha çok gecenin erken saatlerinde, eğlencenin doruğunda, neşeyle coşmuş görünüyordu. İyi giyimli erkek ve kadınların dal-

ga dalga hareket ettikleri lüks bir otelin girişindeki görkemli merdivenlerin üzerinde duruyorlardı. Bu kişilerin hepsi de bol miktarda paranın açıklanamaz ışıltısına sahiptiler.

Kapıya yaklaştıklarında, Hayalet eliyle kapının yanında gözalıcı biçimde duran büyükçe fakat ince bir zevki yansıtan duyuru panosunu işaret etti. Panoda yer alan duyuruda, uzun bir şirketler listesinin yöneticisi ve bu akşam burada toplanacak olan finans çevrelerinin kurduğu derneğin yaşam boyu onur konuğu olarak belirtilen LORD SCROOGE'nin de katıldığı derneğin yıllık yemeğinin ilanı görölüyordu. İlanda söz konusu şirketlerin tamamı listelenmişti fakat bunların, siz okuyucuların pek ilgisini çekmeyeceklerinden emin olduğumdan buraya yazmasam da, Scrooge'nin her bir şirketin adını mümkün olan en büyük ilgi ile tek tek okuduğunu söylemem gerek.

* * * * *

Hayalet Scrooge'yi demir bir kapıya ulaşana kadar götürdü. Scrooge girmeden önce etrafına bakmak için durdu. Burası evlerle çevrelenmiş, çimen ve otların istila ettiği, bitkilerin gelişmesinin yaşam değil ölüm anlamına geldiği, çok fazla mezar nedeniyle tıka basa dolu olan bir kilise bahçesiydi. Hayalet mezarların arasında durmuş, yeni yapılmış, vasat ve bu unutulmuş yerdeki diğer mezarlardan daha zor ayırt edilebilen bir mezarı işaret ediyordu.

“Gösterdiğiniz taşın yanına gitmeden önce,” dedi Scrooge, “bir soruma yanıt verin. Bunlar OLACAK şeylerin gölgeleri mi, yoksa OLABİLECEK şeylerin gölgeleri mi?” Hayalet hala yanında durduğu mezarı işaret ediyordu. Scrooge sessizce yaklaştı, ilerlerken bacakları titriyordu ve Hayalet'in parmağını takip edince, bu ihmal edilmiş mezarın taşında kendi adını okudu, SCROOGE.

* * * * *

Ve şimdi Hayalet Scrooge'yi aşına olduğu sokaklardan geçiyordu. Diğerleri kadar iyi bildiği bir kapının önüne geldiklerinde durdular. Burası Scrooge'nin kendi iş yeri idi. Kapının yanında MARLEY ve SCROOGE isimlerinin bulunduğu bir isim tabelası vardı. Scrooge Hayalet'e döndü, “Tüm bunların anlamı

ne?” diye sordu. “Sıralı değil gibi görünüyorlar. Bana makul biçimde bir arada düşünülemezler görüntüler gibi geliyorlar. Haydi Hayalet, açıklayın. Konuşun benimle!”

* * * * *

* * * * *

“Aha, işte burdasın. Seni bekliyordum!” Ses, gözden kaybolmuş olan örtülü şekilden gelmiyordu. Scrooge bu kadar yakından gelen bir ses duyunca birden döndü ve şu ana kadar kendisine eşlik eden ve derin derin düşünen varlıktan farklı, akılda canlandırmanın daha mümkün olduğu yeni bir şekil gördü. Yeni gelen şey kısa boylu ve yuvarlak yüzlüydü. Kocaman, saçma ayakkabılar ve parlak renkli askıların tuttuğu torba gibi bir pantolon giyiyordu. Keldi ve başının kenarlarında çalı gibi şaşırtıcı yeşil saçları vardı ve ağzı haylaz bir gülümseme şeklinde boyanmış kocaman bir dudakla kaplanmış, suratının ortasına da yuvarlak ve parlak, kırmızı bir burun yerleştirilmişti. Kısacası, çok belirgin bir palyaçoysu bu.

“Siz de kimsiniz?” diye sordu Scrooge, biraz küçümseyerek. Biraz önceki rehberinin gizemli hali Scrooge’nin içini korkuyla doldurmuş olsa da, ciddi tartışmalar için bu gülünç Palyaço’dan daha uygun biri gibi görünmüştü ona.

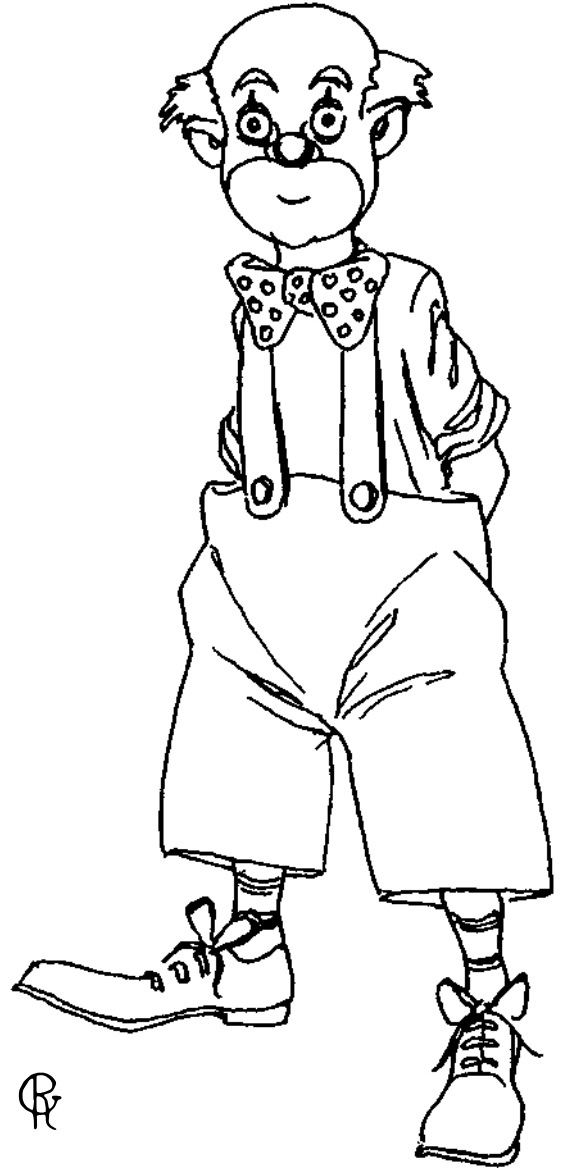
“Ben, sana Kuantum Dünyası’ndan bahsetmek için gelen üçüncü Ziyaretçinim. Beni beklemiyor muydun? Odanda sana baktım, fakat gitmiştin. Neden olman gereken yerde durmadın? Seni görmem tamamen şans eseri oldu fakat tabii, durum her zaman aslında aynı.”

Scrooge palyaçoysa hayretler içinde bakıyordu. Kesinlikle bir sonraki Hayalet kafasında bu şekilde değildi. “Eğer siz gerçekten bana daha önceden söylenen son Hayaletseniz, buraya kadar takip ettiğim şekil kim ya da neydi?”

“Önemli bir şey değil. Odanda bulunan önemsiz, isimsiz bir genlik ve sen onun durum süperpozisyonlarına¹ dahil oldun, hepsi bu. Neyse ki seni burada gördüm ve bu nedenle tabii ki burası şimdi senin bulunduğun yer. Ben, dünyanın kuantum tanımlamasını açıklamak için gelen Kuantum Fiziği Hayaletiyim.

1. Süperpozisyon: İki ya da daha fazla dalgalının üstüste binme durumu (Ç.N.)

Bir palyaço, gerçeklik konusunda gösterişsiz, sıradan bir insandan farklı bir görüş açısına sahiptir ve kuantum fiziği de şüphesiz ki farklı bir bakış açısıdır. Kuantum Mekaniği *Atomdaki Hayalet* olarak adlandırılır fakat ciddi insanlar için çok gülünç ve saçma görüneceğinden, ondan *Evrendeki Palyaço* olarak bahsetmek daha uygun olacaktır. Bu bir palyaçonun mesajıdır fakat genelde olduğu gibi, palyaçoların ifadeleri doğru çıkar. Sana her zaman gördüğün dünyanın aynısı olan fakat çok farklı görünen bir dünya göstereceğim. O kadar garip ve bozulmuş görünebilir ki, onu tanıyabilmek için çok çabalaman gerekebilir fakat yine de aynı dünyadır; gerçek dünya; sahip olduğun tek dünya."



"Durum süperpozisyonu ve genlik derken ne demek istiyorsunuz?" diye sordu Scrooge. Bu saçma şekil ile konuşmanın hikmetine ikna olmamıştı ama eğer gerçekten beklenen üçüncü ziyaretçi bu ise, Scrooge en azından ondan bir şeyler öğrenmek için bir çaba göstermesi gerektiğini düşünüyordu. "Durum süperpozisyonunun fiziksel bir birleşik sistemin tanımlanmasında kullanılan bir laf olduğunu duymuştum fakat genlik ile neyi kastediyorsunuz?"

"Genlik bir olasılıktır, sistem için bir seçenek, deneyimin bütününe meydana getiren parçalardan biri. Gel de sana göstereyim."

"Gel mi? Nereye geleyim?"

"Sirke tabii ki!" Palyaço yola atladı ve Scrooge de aceleyle onu takip etti. Karanlık sokaklar boyunca koşuyorlardı ve ilerledikçe Scrooge yolun ortasında göze pek çarpmayan bir hayalet

alayının olduğunu fark etti. Soluk ve belirsiz olduklarını düşünerek, göz alıcı gösteriler içeren bir sirk in bütün bölümlerini gördü. Hokkabazlar ve atları ayakta sürenler, akrobatlar ile trambolinciler, gösteri yapan ayılar ile ateş yutan adamlar vardı. Alayın en başında zengin kumaşlarla örtünmüş, görkemli bir sıra fil vardı ve onların ardında, sırada kükreyen aslanlar görölüyordu. Hepsi de dar bir sokak boyunca ilerliyor ve Scrooge onları Büyük Çadır'ın kocaman bezinin altındaki açık alana gelene kadar takip etti.

Palyaço, yeri kaplayan bezin altından sürünerek girmeleri gerektiğinde ısrar etti ve böylece içeri girdiler. Scrooge'nin görebildiği kadarıyla, bu yaptıklarının yegane nedeni huysuzluktu. İçeride, arena şeklindeki sirk sahnesi vardı ve en garip olan şey de buydu çünkü seyircinin görüşünü tamamen kapayan uzun perdeler ile çevrelenmişti. Palyaço, Scrooge'yi, boş bir grup sandalyenin tam ortasında, yanına oturması için ittirdi. Oturduktan hemen sonra perdeler açıldı ve bir jonglör sahneye çıktı. Göstericiler çeviktiler fakat gösteri Scrooge'nin söyleyebileceği kadarıyla hiç de sıra dışı değildi. Kısa bir süre seyrettiler ve sonra perdeler bir kez daha kapandı. Bir an sonra bir trambolin gösterisi sunmak üzere yeniden açıldı. Daha sonra da hayvanlarına numaralarını yaptıran bir aslan terbiyecisi için tekrar açıldı.

“Tüm bunların ne ilgisi var?” diye sordu Scrooge. “Ve aslında göstericiler sahneye nasıl gidip çıkıyor? Perdeler açıldığında sahnede gösteri olduğunu görüyorum fakat giriş için bir yol yok gibi görünüyor.”

“Gelip gitmeleri için bir yol yok ve gelip gitmezler de. Sahne, bu kuantum sirkindeki gösterilerin her bir genliğinin farklı süperpozisyonlarını içerir. Bunlar bir bakıma sahnede bir arada bulunurlar fakat biz her baktığımızda onlardan yalnızca birini görürüz.”

“Bu bana pek makul bir açıklama gibi gelmiyor,” diye karşılık verdi Scrooge. “Baktığımız zaman, aslında bizim tüm gördüğümüz, sahnede birinin ya da diğerinin gösteri yaptığı. Bir göstericinin çıkıp bir başkasının onun yerini alması için bir yolun olmasını varsaymak çok daha mantıklı olmaz mı? Bu açıklama gözlemlerimize çok daha doğru uyuyor ve biz *bakmadığımız* zaman hepsinin bir şekilde sahnede olduğunu söylemekten daha akla uygun. Nasıl bir arada olabilirler ki?”

“Bir şekilde, hepsinin birlikte olduklarından emin olabilirsiniz, çünkü burada farklı genlikler arasındaki girişimleri görüyorsunuz. Bir arada bulunan olasılıkların bir karışımını düşün ve bir olasılığın diğerini etkilediğini. İzlemeye devam et!”

Scrooge, perde tekrar tekrar açılıp farklı gösteriler ortaya çıktıkça onları izliyordu. Bazıları normal görünüyordu fakat sonra, binicilerin *ayı* olduğu ve atlara eysiz bindiği bir gösteri izleyince şaşırdı. Ara sıra bir gösteri karışımı ortaya çıkıyordu. Aslanların yalnızca vahşi olmadığı, aynı zamanda ağızlarından ateş çıkartarak aslan terbiyecisinin sıkıntılarını daha da arttırmaları, Scrooge’yi gerçekten hayretler içine düşürmüştü. Fillerin trapez gösterisine gelince, Scrooge bunu kolay kolay unutmuyacaktı!

Palyaço Scrooge’ye döndü. “Tabii ki şaka yapıyorum. Genliklerin girişimi böyle bir şey değildir.”

“Böyle olamayacağını biliyordum!” diye düşündü Scrooge memnuniyetle.

“Fakat gerçek durum, sana çok daha akla yatkın olmayan bir resim çıkarabilir,” diye uyardı Palyaço. “Benimle gel de sana göstereyim.” Scrooge’yi koltuk sıralarından çıkıp sahnenin kenarına getirdi. Yürürlerken Scrooge, yeri kaplayan talaşın belli belirsiz biçimde ince sarı kuma dönüştüğünü fark etti. Birden perdeler açıldı. Giderek daha sık açılıyorlardı. Her iki yandaki perdeler büyük bir deniz manzarası ortaya çıkartacak şekilde uzaklara kadar çekildiler ve



Scrooge önlerinde uzanan bir sahilde yürümekte olduklarını gördü.

“Deniz bu akşam sakin, gelgit var,” dedi Palyaço, laf olsun diye konuşurcasına. “Ve bu çıplak sahilde kumlar uçup gider. Ve uçuşan kumlar, önlerine çıkan bir engelle buluşurlar, bu noktadaki düzgün yarıklardan geçip etrafa saçılarak yayılırlar.” Gerçektende, sahil boyunca yerleştirilmiş alçak çitler vardı. Birbiri ardına tüm sahil boyunca dizilmişlerdi ve kumlar bu çit sırası boyunca ilerleyip, yer yer de suya giriyorlardı. Onlara yakın bir çitin kenarında, Scrooge iki tahta arasındaki küçük yarığı görebiliyordu. İnce kumlar rüzgar ile bu çite kadar taşınıyor ve bir kısmı bu açıklıktan süzülerek tekrar dağılıyordu. Kumlar, bu yarığın diğer tarafında geniş, düzgün bir tepecik oluşturacak şekilde delikten çıkıp birikiyordu.

Sahilde, biraz daha ilerideki bir çitte, yan yana iki yarık vardı. Sürüklenen kum tepecikleri bu deliklerden uçuyor ve merkezi ikisinin ortasında olan bir tane büyük, düzgün tepe oluşturacak şekilde birbirleri üzerine birikiyorlardı. Scrooge’nin görebildiği kadarıyla bunda dikkate değer hiçbir şey yoktu. “Bunda dikkate değer hiçbir şey görmüyorsun,” dedi Palyaço, yavan bir üslupla. “Kumlar bir açıklıktan ya da diğerinden sürüklenirler ve her iki kaynaktan gelen kum taneleri büyük, düzgün bir tepecik oluşturacak şekilde birbirlerinin tepesine yığılırlar. Tıpkı beklediğin gibi.

“Fakat vahşi dalgalar ne söylüyor?” dedi birden hararetle. Görünüşe göre giderek konudan uzaklaşıyordu. Scrooge’ye göre, dalgalar hiçbir şey söylemiyorlardı ve aslında sadece küçük dalgacıklardılar ve vahşi de değillerdi. Scrooge fikrini açıkça söyledi. Dalgacıklar sahilden çok açıkta bulunan çitlerden biriyle karşılaşana kadar deniz yüzeyinde ilerlediler. Bu çitte de aralıklar vardı ve bu bölgedeki dalgacıklar aralardan geçip daha uzaklara geniş biçimde yayılıyorlardı.

“Dalgalar çarpıcı olmayabilir fakat çitteki aralık daraldığında buradan kaçan su ilerideki sakin denize yayılırlarken nasıl da vahşi biçimde hareket ediyor, gel de bak. Ne söylüyorlar? Tabii ki ‘aşağı yukarı, aşağı yukarı’ diyorlar. Bu tüm dalgaların söylediği ya da yaptığı şeydir. Aşağı ve yukarı dalgalanmaları onların doğalarıdır ve buluştuklarında girişime neden olan da bu aynı doğadır.”

Sahilde bir sonraki çite kadar yürümeye devam ettiler. Scrooge'nin artık beklediği gibi, burada da aralıklar vardı ve dalgalar her iki çitin arasında yine sıkışıp yayılıyorlardı. Yarıklar birbirlerine çok yakın olduklarından, çıkan dalga paketleri bu esnada birbirleri içinden geçiyorlardı.

“İşte burada dalgaların buluşmasını görüyorsun ve buluştuklarında da tek bir ses ile konuşmak zorunda olduklarını duyuyorsun. Aşağı mı yukarı mı, suyun yüzeyi nasıl davranmalıdır? Dalgalar bu konuda mücadele etmek zorundadırlar. Eğer ikisi de yukarı gitmek istiyorlarsa ya da aşağı gitmek istiyorlarsa, kolaylıkla anlaşabilirler. Böyle bir durumda, su her bir dalganın tek başına becerebileceğinden daha güçlü bir biçimde yukarı ya da aşağı gidecektir. Birlikte gayretle çalışırlar ve bu davranışa *yapıcı girişim* adı verilir. Diğer yandan, eğer bir dalga ‘yukarı’ derken, diğeri ‘aşağı’ diyorsa, farklı olmak konusunda anlaşırırlar ve su hiçbir emir almaz ve hareket etmez hale gelir. Bu iki dalganın çabaları birbirlerini tamamen yok eder ve hiçbir şey olmaz. Buna da *yıkıcı girişim* adı verilir. Bu dalgaların doğasıdır. Bazı yerlerde ise birlikte çalışırlar, net bozuşma ya da net enerji her bir dalganın bu noktada sağlayabileceklerinin toplamından daha fazla olur. Başka noktalarda ise, birbirlerini yok ederler ve net etki kalmaz.”

“Öyleyse bana parçacıklar ile dalgaların çok farklı olduklarını söylüyorsunuz,” dedi Scrooge. “Ne olmuş ki? Ben bunu hiç de şaşırtıcı bulmadım. Bana bunların aynı olduklarını söyleseydiniz daha şaşırtıcı olurdu!” dedi şaka yollu.

“Aha, tahmin ettin, tahmin ettin,” diye bağırdı Palyaço sevinçle. “Bu tam olarak sana söylemek istediğim şey. Gel de gör!”

Scrooge önlerindeki yola bakıyordu. Sahil, kumların üzerinde araları yer yer açık alçak çitlerle kesintiye uğrayarak ileriye doğru uzanıyordu. Uzaklarda Güneş batıyor, çarpıcı bir kırmızı ile bulutları lekeliyor ve böylece denizin yüzeyi de koyulaşıyordu. Muhteşem bir manzaraydı ve Scrooge'ye televizyonda sık sık gördüğü tatil paketi reklamlarını hatırlatıyordu. Manzarayı çevreleyen televizyon ekranını görmek için farkında olmadan etrafına bakındı. Gördü de! Harika manzarayı çevreleyen dev bir çerçeve onlara doğru yaklaşıp, çerçevenin altından geçerlerken, Scrooge hayretle başının üzerindeki ekrana bakıyordu. Ön-

lerindeki sahil manzarası birden yok olmuştu. Hiçbir özelliği olmayan garip bir yerdeydiler ve Scrooge arkasına baktığında, sahilin *arkalarındaki* gün batımına doğru yayıldığı görüyordu! Bir tür devasa televizyon ekranında oluşmuş bir sahil *görüntüsüne* arkadan baktığının farkına vardı. Televizyonun tüpü çok büyüktü ya da belki Scrooge artık çok küçüktü. Son deneyimlerinden sonra bu tür olasılıklar göz ardı edemeyeceği şeyler haline gelmişti.

“Doğru” dedi Palyaço bilinçli bir şekilde. “Haydi, işe koyulup bu elektronları halledelim.” Ceketini çıkarttı ve yakındaki bir tür manyetik bobine astı; sonra bol pantolonunun cebinden büyük bir kütük çıkartıp bobine onunla vurdu. Sahil manzarası görüntüsü küçüldü ve ekranın ortasında, renksiz, soluk bir ışık beneğine dönüştü. Yakından bakınca Scrooge, küçük parıltıların ekranın iç yüzünde gelip gittiklerini, bir tür parlak, tanecikli etki yarattıklarını görebiliyordu. Palyaço ona bunların *pırıltılar*, yani elektronların fosfor kaplı ekrana çarptıkça meydana getirdikleri parlamalar olduklarını söyledi.

“Şimdi bir tür engele ihtiyacımız var,” diye mırıldandı. Bir kez daha elini cebine atıp koyu bir cisim çıkarttı. Cebine sığmayacağı belli olan bir uzunluğa erişene kadar çıkarmaya devam etti. Sonunda tamamen çıktığında, bunun bir tür koyu madde-den yapılmış uzun bir rulo olduğu görüldü. Palyaço ruloyu, bir kısmının televizyon tüpünü enine kaplaması için hızla açıyordu. “Şimdi de bazı deliklere ihtiyacım var. Cebimde bir yerlerde bir deliğim olduğuna eminim.” Her iki pantolon cebini büyük bir çabayla araştırdı ve çıkartıp bu kısmın yüzeyine vurdu. Palyaço parmaklarından birini içine sokup da hareket ettirerek gösterdikçe, Scrooge gerçekten orada bir delik oluştuğunu görebiliyordu. Daha sonra tam olarak aynı şeyi tekrar yineledi ve artık yan yana iki delik vardı.

Bu gösteri boyunca Scrooge televizyon ekranına bakmıyordu. Sonunda baktı ve elektronlar tarafından düzgün ışık beneğinin değiştiğini ve artık bu bölgede aydınlık ve karanlık bantların bulunduğunu gördü. Her bantta elektronlar ekrana çarparken çıkan parıltıları görebiliyordu fakat aydınlık bandın üzerinde karanlık olandan çok daha fazlaydılar.

“İşte,” dedi Palyaço. “Dalgacık ve parçacık davranışını bir yerde ve aynı anda görüyorsun. Pek çok elektronun tespit edil-

mesinden gelen parıltılar farklı parçacıklar gördüğümüzü gösterir. Her bir elektron ekranda kendi parlamasını meydana getirir ve parlak benekler daha fazla parlamanın olduğu bölgelerdir. Aydınlık ve karanlık bölgelerin bulunması girişim olduğunun bir işaretidir. Aydınlık bantlar yüksek etkinlik bölgeleridir ve karanlık bantlar ise yıkıcı girişimin olduğu ve hiçbir şeyin meydana gelmediği bölgelerdir. Girişim, dalgaların bir özelliğidir ve bu nedenle de elektronların hem dalga hem de parçacık olduklarını görürüz.

DALGALAR VE PARÇACIKLAR

Kuantum fiziğinde, parçacık ve dalga kavramları birbirinin içine geçmiştir. Bu kelimelerin ikisi de büyük ölçekli deneyimlerde oldukça belirgin betimlemeler taşırlar. Söz konusu kavramların işe yaradığı alanlar genellikle küçük ölçeklerdeki uygulamalardır ve onları tanımamızı sağlayan sezgilerimizse büyük ölçekteki fenomenlerden elde ettiğimiz tecrübelerle beslenirler. Burada unutulmaması gerekense, bu kavramların küçük ölçeklerdeki davranışlarıyla büyük ölçekteki davranışları arasında birçok fark vardır.

Dalgalar büyük bir hacme yayılıp, girişimler aracılığıyla birleşebilirler ve bu esnada bazı yerlerde toplanırken, bazı yerlerde de birbirlerinden çıkartılırlar. Dalgalar, enerji ve momentum taşırlar fakat bunlar dalganın tamamına yayıldığından, dalganın her bir noktası söz konusu değerleri çok az miktarda taşır.

Parçacıklarıysa küçük, sert ve yuvarlak nesneler olarak düşünebiliriz ve temel özelliklerinin, sahip oldukları tüm enerji ile momentumu yalnızca bir araya geldikleri yerlerde ortaya çıkarabilmek olduğunu söyleyebiliriz. Parçacıklar için ya hep ya hiç durumu vardır.

Kuantum genliği, dalga ve parçacık özelliklerinin ikisini birden bir araya getirir. Bunlar da dalgalar gibi büyük bir alana yayılır ve *girişim özelliği taşırlar*. Girişim, kuantum fiziği için temel deneysel bir kanıttır.

Gözlemler yapıldığında, 'parçacığın' enerjisi ile momentumunun bir yerde bulunduğu görülür. Bu özellik, parçacıklar için bek-

lenen bir sonuçtur. Gözlemler kuantum fiziğinde çok önemli bir role sahiptir çünkü her gözlem, gözlenen şeyi etkilemek zorundadır. Herhangi bir şeyden ışık yansımazsa onu göremezsiniz ve fotonlar, yani ışık parçacıkları, gözlenen parçacıkla etkileşime girdiklerinde onu etkileyebilirler ve etkilerler de.

.....

Palyaço söylediklerinden çok memnun görünüyordu fakat Scrooge duyduklarından memnun olduğundan o kadar emin değildi. "Girişimin, farklı yerlerden gelen dalgalar tarafından meydana getirildiğini söylediğinizi sanıyordum."

"Ah, kesinlikle. Girişim iki delik tarafından meydana getirilir. Bir tanesi kaparsam neler olacağına bak!" Palyaço, kocaman cebinden bir tıpa çıkartıp deliklerden birini tıkadı. Bu sefer elektronlar tarafından uzaktaki ekranda oluşan benek, geniş bir bölgede titreşen ve ışık noktaları halinde dalgalanan parıltıların dağılmış bir formu haline geldi ve Scrooge'nin daha önce gördüğü aydınlık ve karanlık bantlardan eser kalmadı. "Gördüğün gibi, girişim her iki deliğe de ihtiyaç duyar."

"Deliklerden birinden geçen elektronların," diye başladı Scrooge, bu konuyu aklında netleştirmeye çabalarken, "bir bakıma diğer delikten geçenler ile girişim yaptığını mı kast ediyorsunuz? Tıpkı daha önce çitteki deliklerden geçen farklı dalgalar da olduğu gibi..?"

"Bir bakıma," diye yanıtladı Palyaço, "Fakat sorunun cevabı bundan daha tuhaftır. Diğer delikten geçen elektronlarla girişim yapanlar, kapattığım delikten geçen elektronlar olmak zorunda değildir. Her bir elektron kendi başına her iki delikten birden girişim yapabilir. Göstermeme izin ver." Palyaço tıpayı söktü ve ardından cebinden bir kez daha büyük bir odun çıkartıp televizyon tüpünün arka ucunda parlayan filamana doğru gitti. Burada elektron ışınlarını tetikleyen bir elektron tabancası vardı. Elindeki odunla alete güçlü bir şekilde vurdu ve parlak ışık fark edilebilir biçimde soldu. "Şimdi elektronların geçme oranı, ekranda da görebileceğin gibi, çok daha az." Televizyon ekranının arkasını işaret etti ve gerçekten de parlak parıldamaların sayısı çok azalmıştı. Ekranda parlayan benek çok daha soluktu ve an-

laşılabilir hatlar oluşturmaları daha uzun sürüyordu. Fakat Scrooge bu değişmiş yoğunluğa alıştığında tıpkı daha önce olduğu gibi aynı aydınlık ve karanlık bantları görebiliyordu.

“Artık ardıl elektronların yayımlanması arasındaki süre kaynaktan ekrana kadar gitmeleri için gereken süreden çok daha fazladır. Herhangi bir anda havada yalnızca bir elektron bulunacaktır ve görebileceğin gibi yine de girişim mevcuttur. Bu, elektronlar *arasındaki* girişim değildir; aslında her elektronun kendi girişimidir. Bununla birlikte, elektronlar çok girişimci maddelerdir ve herhangi bir yardım almadan kendi kendilerine girişim yapabilirler.”

“Benim de anlamadığım işte bu. İki deliğin olması bir elektronun ne yapacağını nasıl etkileyebilir? Deliklerin ikisinden birden geçemez ki!”

“Bundan emin misin?” diye sordu Palyaço abartılı bir alay ifadesi ile.

“Tabii ki eminim. Yoksa saçma olurdu. İsteddiğiniz kişiye sorun.”

“İtiraz ediyorum! İtiraz ediyorum, arkadaşım! Bu yalnızca dedikodudan ibaret bir kanıt!” Scrooge şaşkınlıkla Palyaço’ya bakıyor ve şimdi kel kafasına şu avukatların taktığı peruklardan birini taktığını görüyordu. Garip ayaklarını çarpıcı biçimde açmış ayakta duruyordu. Başparmaklarını cüppesinin klapalarına takmıştı. Parlak renkli pantolon askılarının cüppenin dışında olması nedeniyle, yaptığı hareketin etkisi biraz bozuluyordu.

“Bir elektronun deliklerin ikisinden birden geçemeyeceğini söylüyorsun fakat bunu kendi kesin bilgine dayanarak söylüyorsun. Bunu hiç gözlemledin mi?”

“Hayır, tabii ki görmedim,” diye başladı Scrooge, “Fakat akla yatkın geliyor...”

“Derhal bunu gözlemlemenizi istiyorum. Tanığın kanıtı incelemesine izin verilsin!” Bu sözlerle birlikte, peruğunu birdenbire çıkarıp Scrooge’nin yanına koştu ve ona bir büyüteç uzattı. Bu soytarılık yüzünden biraz sinirlenmiş fakat gördükleri karşısında da gerçekten şaşırmış bir halde Scrooge, elindeki büyüteçle iki deliğe yaklaştı ve dikkatle onlara baktı. Hiçbir şey göremedi ve bu durumu belirtti.

“Pekala, ne bekliyordun ki? Biliyorsun, ışık çarpıp onunla etkileşmediği sürece hiçbir şeyi *göremezsin*. Buradaki ışık çok soluk ve gelip geçen elektronlara bu ışığın hiçbir miktarının çarpmasını beklemiyorum, bu nedenle de tabii ki onları göremiyorsun. Bir miktar etkileşim olmadan hiçbir gözlem yapamazsın.”

“Fakat soluk olsa da burada biraz ışık var. Mutlaka az miktarda ışık gelip geçerken bir elektrona çarpmak zorunda!”

Palyaço gözlüklerinin üzerinden Scrooge’ye ciddi ciddi bakıyordu. Scrooge onun daha önce gözlük takmadığını hatırladı ve bu gözlüğü yalnızca üzerinden bakmak için taktığını düşündü. “Az miktarda ışık ile ne

demek istediğini anlamıyorum,” dedi Palyaço. “Umarım ışığın senin istediğin biçimde rasgele miktarlarda küçük parçalara bölünebildiğini düşünmüyorsundur! Biraz önce parçacık olduklarına inandığın elektronların dalgalar gibi davrandığını gördün. Bu durumda, bir dalga olduğuna inandığın ışığın da aynı zamanda parçacık olarak değerlendirilmesi gerekmez mi? Adaletli düşün!”

“Hiç anlamıyorum!” diye karşı çıktı Scrooge, hiddetle. “İnsanların ışık dalgalarından ve dalga boyundan bahsettiğini sık sık duyarım, bu nedenle de ışığın bir tür dalga olduğunu biliyorum fakat eğer öyleyse, ışığın bir parçacık olmadığı açıktır. Gördüklerim karşısında elektronların hem parçacık hem de dalga olduklarına tam olarak ikna olduğumdan emin değilim fakat öylelerse bile, ışık için de aynı şeyin geçerli olması gerekmez.”



“Evet, öyle!” diyerek parmağını şıklattı Palyaço. “Buna şüphe yok, kanıtlar çok net. Işık bir dalga olarak davranır fakat sen onu tespit ettiğinde ya da başka bir şey ile herhangi bir şekilde etkileşime girdiğinde, parçacık gibi davranır. Tarla farelerinin gece etkinliklerini ya da bu tür bir şeyi göstermek için *görüntü güçlendiriciler* kullanılarak karanlıkta çekilen görüntüleri izlemiş olmalısın. Görüntünün orasında burasında parlak noktalar bulunan kötü bir biçimde basılmış eski bir fotoğraf gibi, ne kadar kaba ve grenli olduğunu fark ettin mi? Her parlak nokta bir ışık parçacığı olan *fotonun* tespiti ile ortaya çıkar. Bu durum kusursuz bir simetriye sahiptir. Elektronlar parçacıktır fakat aynı zamanda dalgadırlar. Işık dalga olarak hareket eder fakat aynı zamanda parçacıktır. Bu fotonlardan ya da ışık parçacıklarından yeteri kadar yoksa, fotonların deliklerin yakınındaki elektronlara çarpmasını bekleyemezsin ve bu nedenle de elektronun hangi delikten geçtiğini görmezsin. Işık olmadan görme şansın yoktur. Daha çok ışık vermeme izin ver. Işık, daha çok ışık!”

Palyaço eliyle bir hareket yaptı. Yalnız oldukları için Scrooge bu hareketin kime yapıldığını anlayamadı fakat birdenbire Palyaço’nun her tarafından parlak spot ışıkları gelip onu ışığa boğdu. Scrooge İki delikli bölgeye bir kez daha baktığında, buradan geçen elektronlardan saçılan sönük ışık parlamalarını artık görebiliyordu. Bazısı bir deliğin yakınında, bazıları da diğer deliğin yakınındaydılar. Asla parlamanın her iki deliğin ortasında bir yerlerde olduğunu görmüyordu. Her zaman ya bir delikte ya da diğerindeydiler.

“Tıpkı beklediğim gibi!” diye bağırdı zafer kazanmış edasıyla Scrooge. “Elektronlar bir delikten ya da diğerinden geçiyorlar, tıpkı mantıklı bir insanın bekleyeceği gibi.”

“Kendimi,” diye karşılık verdi Palyaço, “mantıklı bir insan olarak bilmem, neyi beklemenin mantıklı olduğunu da bilemiyorum. Yalnızca gerçekte neler olduğunu biliyorum. Sana yapmanı söylediğim gibi baktın ve elektronların gerçekten de bir delikten ya da diğerinden geçtiğini gördün. Şimdi ise sana hükmünü düşünmeni öneriyorum... FAKAT ŞURAYA BAK!” diye bağırdı birden. Scrooge arkasını döndü. Farklı bir şey göremedi, yalnızca televizyon ekranındaki özelliksiz ışık topağı vardı, HİÇ GİRİŞİM BANDI OLMAYAN bir ışık beneği! Girişim tamamen yok olmuştu.

“Ve bu durum konuyu özetliyor, jürideki bayanlar ve baylar.”

Palyaço, gayet resmi bir havaya bürünmüş ve var olmayan bir jüriye hitap ediyor gibiydi. “Müvekkilimin bu kısımdaki iki deliği de incelediğini ve elektronları gelip geçerlerken gözlemlediğini gördünüz fakat gözlemlerken, tam da bu gözlem sürecinin, yani herhangi bir gözlemin temel ögesi olan ışık ile elektronlar arasındaki etkileşimin bir sonucu olarak, artık hiçbir girişim izinin kalmadığını da gördünüz. Bir elektronun iki olası yol ile karşılaştığında, ki bizim durumumuzda bu yollar ekran-daki iki deliktir, zor bir seçim yapmaktan kaçınıp, iki seçeneği de uyguladığını, hiçbir şüpheyi yer bırakmayacak şekilde önünüze koymuş bulunuyoruz. Bu durum gidilen yola tanıklık edilmediği sürece farklı yollar arasındaki girişimi doğurur çünkü herhangi bir gözlem, elektronun konumu hakkındaki bilgiyi kaydetmek için *fiziksel etkileşime* gereksinim duyar.

“Eğer bir elektron deliklerden birinin yakınında gözlemlenirse, mahkeme, görüldüğü yerin bulunduğu yer olduğunu bilmez. Elektronu gözleme süreci, elektronu etkileyip sistemi başka olasılıkları ortadan kaldıracak şekilde değiştiren bir foton ile etkileşim içerir. Elektron kesinlikle diğer delikten geçmediği için, tabii ki girişim yoktur. Bir gözlem eylemi, doğası gereği sistemi değiştiren bir takım fiziksel etkileşimler içerir ve bu tür gözlemler girişimin kaybolmasından sorumludurlar. Buna göre, Mahkeme’den *Tanığı* suçlu bulmalarını talep ediyorum.”

“Haydi,” diye bağırdı Scrooge. “Bu kadar saçmalık yeter! Gerçekten ne yaptığını görmek için bakmadığınız sürece bana bir elektronun iki delikten de geçebileceğini mi söylüyorsunuz? Dahası, baktığınız zaman da elektronun yalnızca bir delikten geçeceğini fakat sonuçların çok farklı olacağını mı söylüyorsunuz?”

“Hayır, tabii ki sana *ciddi* olarak hiçbir şey söylemiyorum. Bir Palyaço olarak, ben *ciddi hiçbir şey* yapmam. Fakat haklısın. Nihai karar olarak, son derece doğru biçimde, gözlem de sürecin bir parçası haline gelmiştir.”

“Fakat bu nasıl mümkün olabilir ki?” diye karşı çıktı Scrooge. “Gözlemlerin nasıl bir etkisi olabilir ki? Elektron onu izleyip izlemediğini bilemez ki. Gözlemimin hiçbir etkisi olamaz.”

“Oh, fakat olabilir, olmak zorundadır,” diye karşılık verdi Palyaço. “Herhangi bir şeyi onu etkilemeden gözlemleyemezsin. Hiçbir durumda! Asla! Bir şeyi herhangi bir biçimde gözlemleyeceksen, gözlemlenen şey ile bir fiziksel etkileşim içinde bulunmak zorundadır ve bu şey söz konusu etki hakkında da bilgi taşımak zorundadır. Eğer bir şeyi *görüyorsan*, bu yalnızca gözlemlenen şeyden bir miktar ışık saçılıyorsa olabilir. Işık enerjiye sahip fotonlardan meydana gelir. Bir foton başka bir şey ile etkileşime girerse, onun genliğini de etkileyebilir. Gözlem bu bilgiyi ortaya çıkartan süreçtir, yoksa uydurma yaratmak için değil. Parlak ışık, nerede olduklarını görmek için bakmamış olsan bile, iki delikten gelen elektron girişimini yok eder. Bir şey hakkındaki bilgi mevcut olduğunda, sen ona bakmayı istemesen bile, bu bir gözlemdir.²

“Dediğim gibi, gözlem sürecin bir parçasıdır. Benimle Gösteriye gelersen, sana ne demek istediğimi daha iyi anlarsın.”

“Gösteri mi, ne gösterisi?” diye sordu Scrooge şaşkınlıkla.

“Evrendeki En Büyük Gösteri: Evrenin kendisi! Gel!” Palyaço hızla televizyon tüpünün önüne koyduğu engeli rulo yaptı ve tekrar çuval gibi pantolonunun ceplerinden birine soktu. Scrooge’yi tüpün derinliklerine doğru götürdü. Elektron tabancasının solgun biçimde parlayan tel filamanından geçerlerken, odun ile ona bir kez daha vurmak için durdu. Bunun üzerine filaman, ilk baştaki gibi parlak biçimde yandı. Scrooge’yi elektron tabancasının arkasında buldukları küçük bir kapıdan geçirdi. Kapıya varınca, Scrooge arkasına baktı ve sahil manzarasının bir kez daha tüpün yüzeyinde görüldüğünü fark etti. Bu manzara görüntüsü elektronlar renkli fosfor ekranın uygun kısımlarına yönlendirilirken ortaya çıkan çok sayıdaki minik parlama ile meydana geliyordu.

Kapının diğer tarafında kendilerini bir tiyatroda buldular. Burası gerçekten eski tarzdaki bir tiyatroydu. Sahneden salonun

2. Bu tamamen doğru olmayabilir. Şu anda, kuantum mekaniğinin, genliğin hangi noktada yalnızca bir olasılığa “ineceğini” söylemeyi zorlaştıran ve ölçüm problemi olarak bilinen bir sorunu vardır. Zorluk, eğer cisminiz ile etkileşime giren ışık aynı zamanda bir kuantum sistem ise, onun etkileşimin tüm olası çıktılarının bir süperpozisyonu olan bir genliğe sahip olmasıdır. Bazı kuramcılar yalnızca *bilinçli bir akıl* tarafından gözlemlendiğinde bu çıktının kesin ve tek olacağını söylemektedirler. Söz konusu problem *Alice in Quantumland* adlı başka bir kitabımın 5. bölümünde ayrıntılı olarak tartışılmıştır.

gerisine doğru katmanlar halinde yükselen kırmızı pelüş koltuklar vardı. Balkon ve locaların üzerinde, tavandan bol yaldızlı ve parıltılı süslemeleri olan avizeler sarkıyordu. Koltukların arasındaki ana koridor boyunca Palyaço, taklalar atarak sahneye doğru ilerledi. Scrooge, Palyaço'yu aynen takip etmeye niyetlenmedi bile ve boş, tozlu tiyatrodaki koltuklardan birine oturuverdi.

Hayalet sahnenin ortasında duruyordu. Arkasında ise parılayan çerçeveleri olan bir dizi ayna yer alıyordu. Işıklar biraz karardı ve bu aynalarda gerçek dünyanın çeşitli görünüşlerinin yansıdığı görüldü. Scrooge bir tanesinde dönen bir yıldız galaksisi görebiliyordu ve bir başkasında ise gökyüzünde gökkuşağı bulunan yağmurlu bir manzara görölüyordu. Bir başkasında da, bir kristal sırası olması gerektiğini düşündüğü düzenli bir dizi ışıltı göze çarpıyordu. Bir güneşin yüzeyinden fışkıran dehşet verici ateşler içindeki bir patlama görölüyordu. Küçük bir böceğin sahneyi dolduracak kadar büyütülmüş olan karmaşık ağız kısmı vardı. Bir grup kar tanesinin farklı farklı berrak kusursuzluğunu görüyordu. Bu tür bir sürü görüntü, fiziksel dünyanın tüm çeşitliliğini gösterecek şekilde sürekli yenilenip, arkada bir zemin meydana getirecek şekilde peşi sıra belirip kayboluyordu. Aynalar dünyada ve evrende bulunan her şeyi birbiri ardına gösteriyor gibiydiler: Hava, Ateş ve Su; dünya ve gökyüzü. Bu durum multimedya kelimesine tamamen yeni bir anlam veriyordu.

Palyaço konuşmaya başladı ve arkasındaki çerçevelerde görüntüler yok olup yalnızca onun yansımasını gösteren basit aynalar haline geldiler. "Doğa'nın gerçeklik resmi seninkinden farklı görünüyor," diye başladı Palyaço, nazıkçe. Scrooge ile konuştuğu çok açıktı. "Eğer yeteri kadar yakından bakarsan, her şeyin net ve kesin biçimde keşfedilebileceğine inanıyorsun. Senin resmin bir cetvel ve ucu açık bir kalemle ayrıntılı olarak çizilebilir fakat Doğa daha büyük bir fırça ile resim yapar. Doğa daha çok neler olduğu ve neler olabileceğinin bir *hayalidir*. Doğa'nın bir parçacığı görüşü daha cömert ve geniştir ve genellikle *genlik* olarak adlandırılır. Bir parçacığın yapabileceği her şeyi içinde barındırır. Bir takım nedenlerden ötürü yasak olmayan her şey mümkündür. Hatta her şeyin teşvik edildiğini bile söyleyebilirim. Bir parçacık, 'burada bulunabilir miyim?' diye sorar ve Doğa cevap verir: 'Evet, tabii ki bulunabilirsin' ve bu seçene-

ği de bünyesine dahil eder. Bir kez daha parçacık sorar: 'Peki burada bulunabilir miyim?! Ve Doğa bu seçeneği de dahil eder.

GENLİKLERİN SÜPERPOZİSYONU

Genliklerin süperpozisyonu muhtemelen kuantum mekaniğinin en dikkate değer özelliğidir ve girişim olgusu ile çok yakından ilişkilidir. Bu durum, söz konusu kuram için en güçlü deneysel kanıtı sağlar.

Teorinin üzerine oturtulduğu ana dogma, en azından prensip olarak, bir sistemi deneysel olarak gözlemlemeden ayrıntılı olarak tanımlayamayacağınızdır. Eğer, bir tür mevcut bilgi ile yapılamayan kanun olabilecek çeşitli saptamalar varsa ve durumun ne olduğunu söylemenin kesinlikle hiçbir yolu yoksa, bunların *tümü* için bir genlik vardır. Toplam genlik tüm olasılıkların bir süperpozisyonudur. Eğer bir elektron iki delikten birden geçmiş ise ve hangisi olduğunu söylemenin bir yolu yoksa, otomatik olarak her birinden geçmesi için bir genlik mevcuttur. Bu bakımdan, elektronun *her iki delikten de geçtiğini* söyleyebilirsiniz çünkü her biri için *eşit derecede geçerli* bir genlik vardır. Yasak olmayanın zorunlu olduğunu söyleyebilirsiniz.

İlk bakışta ve aslında daha sonraki bakışlarda da, bu durum tamamen saçma gelebilir. Bununla birlikte, farklı olasılıklar arasındaki girişimi mümkün kılabilen tek resim budur ve bu girişim gerçekten meydana gelir.

GENLİKLERİN KÜÇÜLMESİ

Bir sistem, bir gözlem için elde edebileceğiniz olası sonuçların tümünün bir süperpozisyonu olan bir genlikle tanımlanır. Aşağıda belirtildiği gibi, bu alanda yapılacak gözlemler fiziksel bir etkileşim olmadan gerçekleştirilemez ve bu etkileşimler farklı koşullarda farklı sonuçlar gözlemenize neden olur. Böyle bir gözlem yapmadıysanız, bu sonuçların hiçbirisi ortaya çıkmaz. Yaptıysanız da toplam genlik her bir olasılığı içerir.

Bununla birlikte, bir gözlem yaptığınızda belirli bir sonuç elde edersiniz. Önceden yalnızca çeşitli sonuçların olasılıklarını tahmin etmek mümkün olabilir, fakat gözlemden sonra şüphe kalmaz. Sonuç gördüğünüz şeydir. Sistemin genliği *gözlemin bir sonucu* olarak değişmiştir. Görülen sonucun genliği, kendi dışında hiçbir şey içermeyecek şekilde küçülür. Eğer birincinin hemen ardından ikinci bir gözlem yapılırsa aynı sonucu verecektir çünkü yalnızca bir genlik mevcuttur. (Genlikler zaman ile değişebildiği için bu durum çok uzun sürmeyebilir.)

Gözlem bir sistemin durumları arasında ayırım yapabilecek bir tür fiziksel etkileşimi içerek şekilde kullanılan bir ifadedir. Böyle bir gözlem, ayırım yapabileceği sonuçlar arasından bir tanesini seçecektir. Bu durumda seçim unsuru yoktur, gördüğünüz şey tamamen rastlantısaldır fakat 'gözlem' anından itibaren belirli hale gelir.

Hayalet tüm olası genliklerin toplanmasını anlatırken, Scrooge onun arkasındaki aynalarda Palyaço'nun başka küçük görüntülerinin belirlediğini görüyordu ve orijinal yansıması her yeni eklenen görüntü ile daha da küçülüyordu. "Herhangi bir sistemi tanımlayan toplam genlik bir *süperpozisyon*, yani pek çok olasılığın toplamı olabilir. Doğanın havsalası karmaşıktır ve çok fazla olasılık içerebilir. Her şey, çok küçük ölçekte de olsa, diğer her şeyi etkiler ve doğanın hayali, yani genlik, bütün hepsini içerir."

Arkasındaki aynalar artık Palyaço'nun pek çok kopyası ile doluydu; bazısı büyük, bazısı küçük, bazıları net ve temiz, bazıları ise görülemeyecek kadar soluktu; bir Hayaletin en küçük hayali bile vardı. Scrooge'nin her yanından hep birlikte "Arkada, bak! Arkana bak!" diye bağırان pek çok çocuksu sesler duyuluyordu.

"Arkamda bir şey yok!" dedi Palyaço.

"Ah, *evet*, var!" dedi koro.

"Ah, *hayır* yok!" diye karşılık verdi Palyaço.

"Ah, *evet* var!"

Palyaço birden arkasına bakmak için dönüp baktığında, karşısında gerçekten kendi yansıması dışında hiçbir şey yoktu, yal-

nızca kendisi vardı. Bu görüntü ona dilini çıkarttı ve sonra sakince onun her hareketini tekrar etti. Bununla birlikte, artık Pal-yaço'nun önünde olan aynaların olduğu kısımda, bir kez daha çoklu görüntüler dizisi meydana geliyordu.

Hayalet Scrooge'ye döndü. Kendisinin camın arkasındaki pek çok kopyası artık görmediği bu aynaları doldurmak için hızla koşuyorlardı. "İşte gözlemcinin rolünü görüyorsun. Bir sistemi tanımlayan süperpozizyonda pek çok genlik olabilir fakat baktığın zaman, yani bir *gözlem* yaptığın zaman, bir tek şey görürsün ve yalnızca bir olasılık kalır; diğer tüm olasılıklar genlikten yok olur. Kalan olasılığın artık yegane olasılık olduğu açıktır çünkü gözlemlenmiştir. Bu süreç *genliklerin küçülmesi* olarak adlandırılır. Bir gözlemci kendisinin 'yalnızca baktığını' düşünebilir, fakat *bakma* eylemi ışığın incelenen cisim ile etkileşime girmesini gerektirdiği için bu mümkün değildir. Böylesine bir *bakış* Doğa'yı zorlar; bir seçim yapılır ve gerçeklik değişir. Tanık eylemden sorumludur, muhabirse Dünyanın gerçek durumundan sorumludur."

10. BÖLÜM

Sanal Belirsizlik

Scrooge, Palyaço'nun yorumlarına tahammül edemediği sürece kıpırdamadan oturmuştu. Sonunda sabrı taştı. "Bana tüm söylediklerinizin çok şüpheli ve belirsiz geldiğini söylemek zorundayım," dedi. "Ayrıca söylediklerinizin parçacıklar ya da dalgalarla da pek bir ilgisi yok gibi görünüyor," diye ekledi sertçe.



*"Zamanı geldi,"
dedi Palyaço,
"Pek çok şeyi konuşmanın,
Dalgalar ve olasılıklar üzerine,*

*Ve geleceğin ne getireceğini,
Enerji ve parçacıklarla,
Hepsi de kuliste pusu kurmuş bekliyor.”*

Son sözü söylerken, Palyaço kulise doğru koştu ve hemen ardından bir okul öğretmeni cüppesi ve kepiyle geri geldi. Sahnenin ortasına yerleştirdiği bir de kürsü taşıyordu. Kürsünün önünde **“Ders var,”** yazılı bir tabela asılıydı.

“Fark etmen gereken ikinci şey,” diye başladı Palyaço sözlerine, “genliklerin hiç de şüpheli ve belirsiz olmadığıdır! Onlar de en az klasik fiziğin herhangi bir kavramı kadar kesin ve belirgindirler.”

“Buna inanamıyorum,” dedi Scrooge, “Ve eğer bu fark etmem gereken ikinci şeyse, birincisi nedir?”

“İlkine en sonda geleceğim, belki de er ya da geç geleceğim demeliyim,” diye yanıtladı ayaleycvxfv”Hayalet. “Fakat genlik bir dalga formuna sahip olduğu için şimdi dalgalardan bahsedeceğim.”

“Ne dalgası?” diye araya girdi Scrooge, eğer bu değişken Hayalet’ten net bilgiler elde etmek istiyorsa sorular sormaya devam etmek zorunda olduğuna karar vermişti.

“Doğa’daki herhangi bir su kütlesinin üzerinde göreceğin türden bir dalga değil sözünü ettiğim. Bundan ziyade, genlikler, Doğa’nın muazzam bilinçdışılık denizinin üzerindeki dalgacıklardır. Rasgele gözlemlerden ortaya çıkan bu tür pek çok dalga vardır. Suyun üzerindeki dalgalar gibi aynı hizada hareket edebilirler ve yolları üzerinde birbirlerinin içinden geçebilirler. Su dalgaları ya da herhangi başka tür dalgalar gibi, yüksek ve alçak noktaları, yukarı ve aşağıları vardır ve bir araya geldiklerinde toplanabilir ya da çıkartılabilirler. Bunlar da girişim yaparlar ve herhangi bir dalgada olduğu gibi, bu girişimler *yapıcı* ya da *yıkıcı* olabilir. Toplam etki çok daha büyük olabilir ya da *hiçlik* olabilir.”

“Doğru,” dedi Scrooge. “Belki de bu genlikler bir tür dalga-dır fakat bu durumda parçacıklar nereden çıkıyor? İkisi yine de çok farklı şeyler.”

“Parçacıklar gözlemlediğin zaman ortaya çıkarlar. Başka ne zaman çıkacaklar ki? Genlik, Doğa’nın bir tasarımı, olayların na-

sıl gelişeceği konusundaki hayalidir ve pek çok olasılığı bir araya getirir. Doğayı gözlemlediğinde, parçacıkları sahip oldukları enerji ve momentumla birlikte görürsün. Gördüğün her bir parçacık yalnızca bir noktadadır, oradadır ve başka hiçbir yerde değildir. Aradaki bağlantı, dalganın yoğunluğu sayesinde kurulur. Bir genliğin karesi alınıp büyüklüğü bulunduğunda bir yoğunluk elde edilir. Daha önceleri, sudaki dalgalar ya da havadaki ses dalgaları ele alındığında, bu yoğunluğun sana enerjinin dalgası içinde nasıl dağıldığını gösterdiği anlaşılıyordu. Bir bölgede ne kadar, başka bir bölgede ne kadar enerji bulunduğunu gösteriyordu. Şimdi ise parçacık nerede gözlemlenirse gözlemlensin, enerjinin parçacığın içinde konsantre halde durduğunu görüyoruz. Bu durumda enerjinin tümü bir yerdedir; parçacığın görüldüğü yerde... Öyleyse, *enerjinin* bu dalgaların dağılımıyla düzgün biçimde etrafa yayıldığı konusunda bir şüphe yok. Aslında etrafa dağılan şey *olasılıktır*. Kuantum dalgasının yoğunluğu bir *olasılık dağılımıdır*."

"Peki, olasılık dağılımının ne olduğunu sorabilir miyim?" dedi Scrooge, Palyaçonun söylemeye çalıştıklarını anlamakta biraz geciktiğini fark ederek.

"Olasılığın dağılımıdır," diye yanıtladı Hayalet, yardımcı olmak istercesine. "Sana söylediğim gibi, kuantum dalgasının yoğunluğu, farklı yerlerdeki enerji miktarını vermez; bunun yerine, her farklı konumda yaptığın gözlemde, tüm enerjileriyle birlikte o noktada karşılaşacağın parçacıkların olasılığını verir.

OLASILIK DALGALARI VE OLASILIK DAĞILIMLARI

Küçük ölçekli kuantum dünyasında, bir parçacığa bakmadığınız zamanlarda o parçacığın ne yaptığı konusunda akla yatkın bir fikre sahip olamazsınız. Ne yapması ya da neler yapabiliyor olabileceği hakkında önyargılarınız olabilir fakat eğer onu incelemeszeniz, bu bilgiye ulaşmanızın prensip olarak imkânı yoktur. Yalnızca siz (ya da başka biri ya da başka bir şey) bakıp onun durumunu gözlemlediğiniz zaman, gerçekte ne yaptığını söyleyebilirsiniz. Kuantum fiziğinin temel özelliği böyle bir gözlemin bir parçacık için ne göstereceğini tam olarak kestiremez olmanızdır,

yalnızca farklı sonuçlar için olasılıkları hesaplayabilirsiniz. Bu biraz garip gelebilir ve pek çok insan için de tatmin edici bir cevap değildir fakat deneysel kanıtlarla çok güçlü biçimde desteklenmektedir. 'Parçacığın ne yapmakta olduğunun' en iyi tanımı bir *genlik* ya da *dalga fonksiyonu* ile verilir. Tüm dalgalar gibi, bu da farklı yerlerde pozitif ya da negatif olabilir ve girişim yapabilir. Daha büyük bir değer vermek üzere toplanabilir ya da birbirlerinin etkisini yok edecek biçimde çıkartılabilirler.

Eğer dalga fonksiyonu her zaman pozitif olan bir değer elde edilmek üzere kendisi ile çarpılırsa, *olasılık dağılımı* elde edilir. Herhangi bir nokta için elde edilen sonuç, parçacıkların o noktada tespit edilme olasılığını verir. Bu hesaplama, klasik fizikten bekleyebileceğiniz kesin sonuçlar yerine bir olasılıklar kümesi elde edilecektir. Bir parçacığın bazı yerlerde gözlemlenme ihtimali, diğer bazı yerlerde gözlemlenme ihtimalinden *daha olasıdır*. Olasılığın bir bölgede çok yüksekken başka bir yerde neredeyse sıfır olması mümkündür ve çok sayıda parçacık ile ilgilendiğinizde bu durum farklı bölgelerde bulunan göreceli miktarlar için oldukça kesin tahminler verebilir.

.....

"Olasılığın yüksek çıktığı yerler, parçacıkları gözlemlenme ihtimalinin kuvvetli olduğu yerlerdir. Olasılık düşük olduğunda ise parçacığı gözlemlenme pek mümkün değildir. Olasılık sıfır olduğunda ise hiç şansın yoktur. Bu durumda parçacığı o noktada bulamayacağını kesin olarak söyleyebilirsiniz fakat bu sahip olabileceğin yegâne kesin ifadedir. Aksi takdirde, parçacık her yerde görülebilir."

"Bunun faydası ne?" diye karşı çıktı Scrooge. "Baktığınız zaman parçacığı herhangi bir yerde gözlemleyebiliyorsanız, sözünü ettiğiniz genliğin bir faydasız yoktur; *hiçbir şey* söylemiyor!"

"Ah, fakat durum öyle değil! Bir parçacık için geliştirilen dalga fonksiyonu zayıf bir kestirim yapsa da, hepsi aynı genlik ile tanımlanan pek çok parçacık olduğunda, gözlemleyebilme olasılığının yüksek olduğu yerlerde onlara rastlama ihtimalin, gerçekten olasılığın düşük olduğu yerlerdekinden fazladır. Çok fazla sayıda olduklarında ise, olasılık dağılımı parçacıkların dağılı-

mını doğru biçimde gösterir hale gelir. Parçacıklar dağılırlarken, enerjileri de dağılır. Çok sayıda foton mevcut bulunduğunda, klasik bir ışık dalgası yalnızca fotonlar ya da ışık parçacıkları için olasılık dağılımını verir. Olaylara büyük ölçekte baktığında ise bazı zamanlar bir dalga ile başka bir durumdaysa toz zerresi gibi bir parçacık ile ilgileniyor olabilirsin. Bu durumların her ikisi de *çok fazla sayıda* temel parçacığa sahip olduğunda kuantum dalga fonksiyonunun görünüşleridir.”

“Üzgünüm, fakat bunu kabul edemem. Sağduyuya oldukça aykırı,” dedi Scrooge fakat doğruyu söylemek gerekirse, aslında kendini hiç de üzgün falan hissetmiyordu.

Sahnedeki Palyaço büyümüştü ve büyümeye de devam ediyormuş gibi görünüyordu. Fiziksel olarak büyümemişti fakat gülünç görünüşüne rağmen, daha *önemli*, daha **GERÇEK** hale gelmişti sanki. Scrooge birdenbire bunun farkına varmıştı. Palyaçoysa sahnede zor duruma sokacak sorular sorduğundan ve bir dinleyici olarak kendi konumunu güçlendirdiğinden emin olmakla birlikte, karşısında duran varlığın, evrenin vücut bulmuş hali olan bir hayalet olduğu gerçeğini idrak ediyordu. İlk başta cesaretini kıran örtülü şekilden daha ürkütücü bir hal almıştı şimdi.

“ADAMIM, KENDİNİ ÇOK FAZLA ÖNEMSİYORSUN! Doğanın getirdiklerini kabul edip, etmeyeceğini söyleyebileceğin bir konumda değilsin. Doğa neyse odur ve O’nu kabul etmek dışında başka bir seçeneğin yoktur. Senin *sağduyunun* burada işi yok çünkü sağduyun senin daha önce karşılaştıklarına benzer olağan durumlar, olaylar ve şartlar konusundaki deneyimlerinin damıtılmış formundan başka bir şey değildir. Burada anlattıklarımın nasıl işlediğini gördüğünde, onları sağduyunla değerlendirebilirsin. Ama bu aşamada değil. Kuantum dünyasıyla önceden yaşadığın doğrudan bir deneyimin olmadığından, burada sağduyun değersizdir. Doğa’nın



ne yapıp ne yapamayacağını yargılama **hakkına** sahip değilsin. **Kimse sana sormadı!** Doğa ne istiyorsa onu yapar ve senin tüm yapabileceğin gerçeği kabul etmektir. Sana ne kadar tuhaf ve anlamsız gelse de, gerçek dünya budur.”

“Özür dilerim!” diye mırıldandı Scrooge, bu patlama karşısında gözü korkmuş biçimde. “Fakat bana tamamen anlamsız görünüyor.”

“Tabii ki öyle görünür!” diye bağırdı Palyaço, havaya hafifçe zıplayarak sevimli bir hareketle. “Tabii ki anlamsız görünür. Öyle olmasaydı, açıklamak için neden burada olacaktım ki? Senin düşünme biçimine göre *anlamsızdır*. Fakat bir yandan da doğrudur!” Sonra sakın ve dengeli biçimde devam etti Palyaço, sanki sözü hiç kesilmemişçesine: “Dalga fonksiyonu, parçacıkların enerji ve momentumları ile hassas biçimde ilişkilidir ve Newton’un Kanunlarına tabi olan herhangi bir gezegenin hareketi kadar düzenli ve kestirilebilir sonuçlar verir. Oranlar aynı çıkar ve ilişkiler değişmez. Bir parçacığın enerjisi, onu tanımlayan dalganın frekansı ile tam olarak orantılıdır. Frekans dalganın yukarı aşağı hareket etme hızıdır, genliğin bir saniyede bir çukurdan bir tepeye çıkma ve tekrar çukura inme sayısıdır. Dalganın peşi sıra gelen tepeleri ya da peşi sıra gelen çukurları arasındaki mesafe demek olan dalgaboyu ise, parçacığın momentumu ile benzer şekilde ilişkilidir. Momentum daha büyük hale geldikçe, dalgaboyu kesin bir oranla küçülür. Gerçek oran, *Planck sabiti* adındaki bir sabitle gösterilir. Bu çok küçük bir sabittir ve bu nedenle de, herhangi bir parçacığın enerjisi ve momentumu da oldukça küçüktür, gerçekten çok küçük. Senin kaba ölçeğinde, bu kadar küçük bir şeyin farkında bile olmazsın ve yalnızca çok, pek çok parçacık ile karşılaştığında onların varlıklarının farkına varırsın.”

DALGA VE PARÇACIK ÖZELLİKLERİ

Bir dalga, *frekansı* ve *dalgaboyu* ile tanımlanır.

Bir parçacık ise *enerjisi* ve *momentumu* ile tanımlanır.

Kuantum seviyesinde, dalgalarla parçacıkların aynı şey olduklarını görürüz ve bu nedenle de söz konusu tanımlar ilişkili olmak zorundadır. Bu ilişki *Einstein Bağıntısı* ile verilir:



$$E = hv$$

E parçacığının enerjisi, v dalganın frekansı ve h ise Planck sabiti denilen sabittir.

deBroglie Bağıntısı ise şöyle gösterilir:



$$p = \frac{h}{\lambda}$$

p parçacığının momentumu, λ dalganın dalgaboyu ve h ise yine Planck sabiti'dir.

"İşittiğim azarı hak ettiğimi kabul etmek zorundayım gibi görünüyor ve ayrıca bana tüm söylediklerinizi de," dedi Scrooge, bunu oldukça gönülsüz söylese de. "Aslında her şeyin mümkün olduğunu söylüyorsunuz ve gözlemlenip ortaya çıkmaya kadar da ne olacağını söyleyemeyeceğinizi belirtiyorsunuz."

"Hayır, hayır, hayır," diye bağırdı Palyaço ve kel kafasını, cebinden çıkarttığı kalın, çalı gibi gür saçları olan bir perukla kaplayıp, üzerindeki saçları yolmaya başladı. "Hayır, hayır, hayır! Ya da başka bir şekilde söylemek gerekirse, HAYIR! Söylediklerimi dinlemiyorsun! Herhangi bir şeyin meydana gelebileceği hiç de doğru değil. Yalnızca bir olasılığın mevcut olduğu seçenekler gözlemlenebilir ve çok sayıda parçacığa sahip olduğunda ki genellikle öyledir, olasılıklar ne bulacağını çok kesin bir biçimde kestirmene yarar.

"Cümlenin sonunu bile yanlış getirmeyi başardın," diye ekledi Palyaço, daha sakın bir biçimde. "Bir gözlem yaptığında, bir şey belirli hale gelir ve ortaya çıkar fakat tamamı değil, tamamı değil. Tek bir ölçüm her şeyi orta-



ya çıkaramaz ve aynı anda kesin biçimde ölçülemeyecek şeyler vardır. Bir ölçüm yapıldığında, bir sonuç elde edilir ve hemen ardından sistemin genliği bu sonuca uyan hale gelir, yalnızca bu sonuca ama. Hemen ardından aynı şeyi bir daha ölçersen, daha önce elde ettiğin cevabı elde edersin çünkü bu sonuca uyan genliğe sahiptir, başka bir sonuca uyana değil. En azından o anda, söz konusu büyüklüklerin durumu ne olursa olsun, onlar hakkında *belirli bir değere* sahip olursun. Fakat tüm büyüklüklerin ölçümünü bir seferde ve aynı anda yapamazsın.

“Momentumu düşün,” dedi kendinden emin bir biçimde Palyaço, önündeki kürsüye yaslanırken. “Bir parçacığın momentumu tam ve kesin olarak ilgili dalga fonksiyonunun dalgaboyu ile verilir. Eğer dalga fonksiyonu, bunun gibi yalnızca tek bir dalgaboyuna sahipse, momentum kesin olarak kestirilebilir.” Palyaçonun arkasındaki aynada hareketli yeşil bir çizgi belirdi. Aşağı ve yukarı, yukarı ve aşağı dalgalanan, tipik bir örnek olarak peş peşe tepeler arasındaki kesin ayrımların görülebildiği bir dalga görüntüsü yayılmıştı aynaya. Görünüşünde bir değişiklik olmadan, dalgalı çizgi her iki yandaki aynalara doğru yayılıyor-du. Aynalar dalganın ilerleyişine yetişmedi ve çizgi aynalardan sonuncusunun ötesine geçti. Her iki yönde de tiyatronun içinde devam etti ve düzenli biçiminde, hiçbir değişim olmadan gözden kayboldu.

“Bu gördüğün yalnızca tek bir dalgaboyu olan bir dalgadır. Momentumun kesin olarak bilindiği bir durumu tanımlar ve görebildiğin gibi, böyle bir dalga her yerde tam olarak aynıdır. Değişim ya da bir bölge için diğer bölgelere göre daha fazla parçacığa rastlama olasılığın yoktur. Hep aynı halde tekrar edip durur. Böyle bir durumda parçacığı gözlemleyebileceğin konum tam olarak kestirilemez. Bu dalga için momentum olarak bulduğun değerde belirsizlik yoktur fakat parçacık konumlarındaki belirsizlik sonsuzdur.

“Pek çok durumda parçacığın nerede olduğu konusunda bir takım fikirlerin oluşur. Onu tespit edebilir ve en azından yaklaşık olarak nerede bulunduğunu bilirsin. Eğer hemen tespit edersen bir kez daha nerede bulunmak zorunda olduğunu yaklaşık olarak kestirebilirsin çünkü uzaklaşmak için zamanı olmayacak-

tır. Dalga fonksiyonu *yerelleşmiş* olmak zorundadır. Parçacığı bu yerel noktalarda bulmak büyük bir olasılık olmalıdır. Peki dalgamızı bu noktaları elde etmek için nasıl geliştirebiliriz? Tek bir dalgaboyu olan dalgaların değişim göstermediğini gördün, üstelik ne kadar uzağa giderse gitsin, bu dalga hiçbir noktasında *yerelleşmez*. Çözüm, pek çok dalgayı birbirine eklemek ve girişimin ihtiyacımız olan olasılık tepe noktasını meydana getirmesini sağlamaktır. Genliğin pek çok dalganın toplamını içerebildiğini biliyoruz. Merkezi noktada, yani parçacığı bulmayı beklediğimiz yere yakın olan noktada, aynı hızda olan farklı dalgaboylarındaki dalgaları birbirlerine eklediğimizde neler olduğuna bir bak.”

İlk dalgalı çizginin altında bir başka çizgi belirdi ve ikincisinin tepe noktalarının birbirlerine biraz daha yakın olması dışında, ilkinе çok benziyordu. Bu ikinci çizgi ilkiyle birleşmek üzere yukarı doğru hareket ettiğinde, tepelerinin çakıştığı noktada toplam dalgaboyu, dalgaların tek başına olduklarındaki dalgaboylarından daha büyüktü. Her iki yönde de iki dalga, yavaş yavaş hizaları bozulmuş halde ilerlerken, nihayet bir tanesinin tepe noktası diğerinin çukur noktası ile çakıştı ve dalgalar birbirlerini yok ettiler.

“İkinci bir dalga eklemenin genliği yükselttiğini, böylelikle merkez noktadaki sıçrama olasılığını artırdığını ve iki yana doğru parçacık olasılığını daha da azalttığını görebiliyorsun. Sadece iki dalga ile istediğimiz etkiyi elde edemiyoruz fakat bununla sınırla kalmamız şart değil. Kendimize ihtiyacımız olduğu kadar imkan verebiliriz.”

İki dalganın farklı dalgaboyları yavaş yavaş hizalarının bozulmasına yol açmış ve böylelikle de birbirlerini yok etmişlerdi fakat orada durmuyorlardı. Scrooge gözleriyle tepe yapan merkez noktadan öteleri tararken, dalgaların başka bir noktada daha da yüksek bir zirve yaptığını, dalgaboylarının giderek diğerlerinden ayrışıp, neredeyse önceki dalgaboyunun iki misli fırladığını gördü. Bir kez daha yüksek bir parçacık olasılığı meydana getirecek şekilde toplanmışlardı. Daha ileride ise başka bir yok etme, ardından başka bir maksimum nokta vardı ve bu durum böyle gidip duruyor, bu sıra dalga boyunca tekrarlanıyordu.

Merkez noktalardaki bu zirveleri karşılamak için daha fazla dalgalı hareketler beliriyor ve her biri ilk dalgaya doğru yükselip ona ekleniyor, böylelikle de merkez noktadaki konumda parçacık olasılığını giderek arttırıyorlardı. Bununla birlikte, dalgaboylarında belirgin bir yayılma olduğundan, dalgalar artık farklı noktalarda da birbirleriyle hizalarını kaybedip zirveler yapıyorlardı. Scrooge merkezi noktadan uzaklarda da dalgaların birbirlerini yok ettikleri birçok yerin olduğunu görebiliyordu. Artık toplam genlik aynanın ortasına yakın yerlerde yüksek fakat her iki yönde de ihmal edilebilir değerlerde düşüktü ve merkezden uzaklarda yüksek parçacık olasılığı olan bölgeler yoktu.

“Bu bir dalga paketidir. Parçacığın tespit edilmesini yalnızca belirli bir bölgede mümkün kılmak için girişim aracılığıyla birbirlerine komplo kuran dalgalar demetidir. Parçacığın konumu artık *tamamen* belirsiz değildir. Yalnızca içinde bulunmasının muhtemel olduğu sınırlı noktalar aralığı vardır. Bu durum, yine de parçacığın beklenen konumda olması ihtimaline *bir miktar* belirsizlik verir fakat çok fazla değil. Belirsizlik çok azalmıştır. İşte sana düşünmen için bir soru. Bunu nasıl yerelleşmiş, yani parçacığını ele veren bir dalga haline getirdim?”

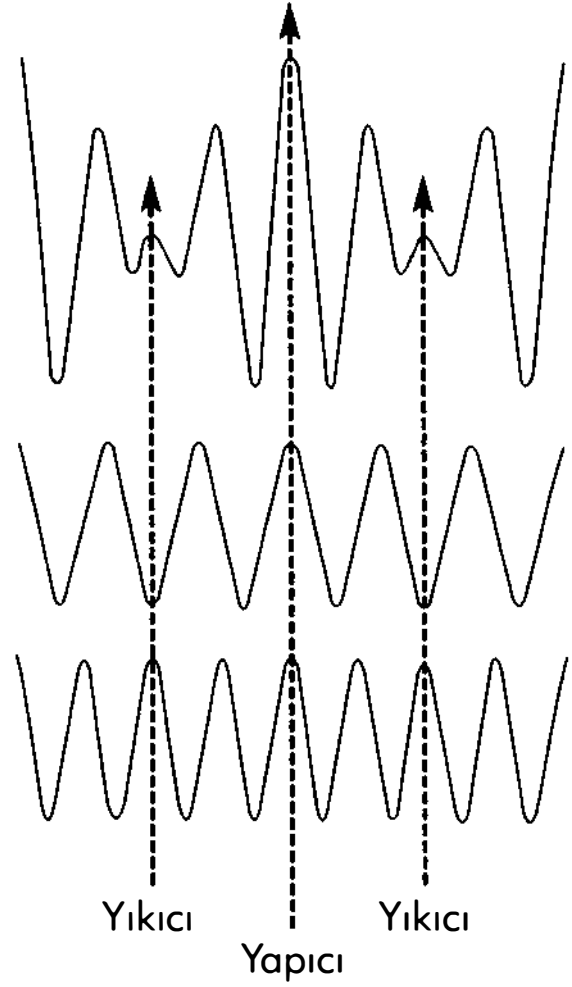
DALGA FONKSİYONLARININ SÜPERPOZİSYONLARI

Tüm ‘parçacıklar’ kendileriyle ilişkili dalgalara sahiptirler. Bu kural, kuantum fiziğinin temel ve kaçınılmaz kuralıdır. Dünya bu şekilde çalışır. Dalga, parçacığı tespit ettiren ve nerelerde bulunma olasılığı olduğunu söyleyen olasılık dağılımını verir. Eğer parçacığın konumu iyi tanımlanmışsa, bu olasılık dağılımı parçacığın başka bir yerde gözlemlenmesini ihtimal dışı kılacak şekilde küçük bir bölgede yüksek olasılıklı olacaktır.

Tek ve belirli dalgaboyuna sahip olan bir dalga, hiç yerelleşmiş değildir. Şeklin alt tarafındaki dalgaların her ikisi tarafından gösterildiği gibi, değişmeden tekrar edip dururlar. Farklı dalgaboyları olan iki dalgayı topladığınızda, bazı yerlerde *yapıcı* giri-

şim yapacak, yani orada daha büyük bir genlik verecek şekilde toplanarak bir araya geleceklerdir. Dalgaboyları farklı olduğu için, başka yerlerde yıkıcı girişim yapacak şekilde yavaş yavaş hizalarını kaybedeceklerdir; yani birbirlerini yok edeceklerdir.

Toplam dalganın genliği artık değişkendir ve olasılık yoğunluğu bazı yerlerde diğerlerinden daha yüksektir. Yalnızca iki dalga ile bu grafik tekrar eder ve dalgalar bir kez daha hizalı hale gelirler fakat tam bir dalgaboyu aralığı ile yalnızca yapıcı bir girişim bölgesi yaratılarak ve başka her yerde genliklerin yıkıcı girişim ile birbirini yok etmesi sağlanarak özel düzenlemeler yapılabilir.



“Sanırım bunu pek çok dalgayı bir araya getirerek yaptınız,” diye yanıtladı Scrooge Palyaçonun sorusunu, bu süreç hakkında kafası hala biraz bulanık olarak.

“Gerçekten de öyle,” diye karşılık verdi Palyaço, içtenlikle. “Farklı dalgaboylarına sahip çok, pek çok dalgayı bir araya getirdim. Yaptığımı gördün! Bu şekilde dalga fonksiyonunun her dalganın diğerleri ile aynı yerde bir maksimum noktasına sahip olduğu merkezi bir bölgede yerleşmesini sağlayabilirsin. Bu dalgaların dalgaboylarının hepsi farklı olduğu için, merkezi bölgeden uzaklaştıkça dalgaların hizaları da yavaş yavaş bozulacaktır ve yeteri kadar dalga bulunduğunda farklı dalgaların merkezden uzak bir noktada birbirlerini yok etmeleri sağlanabilecektir. Herhangi bir dalganın dalgaboyu, parçacığın momen-

tumunu verdiğiinden, bu yerelleşmiş dalga fonksiyonu parçacığın sahip olabileceği tüm momentum aralığını da içerecektir. Dalgaları birbirine eklemek, parçacığın kestirilen konumunu daha da belirgin hale getirdi fakat sonuç olarak momentum daha önce olduğundan daha belirsiz hale geldi. Bunun olmaması mümkün değildir. Her zaman olur. Konumdaki belirsizlik daha az ise, buna karşılık momentumdaki belirsizlik artar. Bu kesindir. Momentum ile konumu aynı anda tam olarak ölçmek mümkün değildir. Daima momentum ve konumun her ikisinde de bir miktar belirsizlik olacaktır ve bu iki belirsizliğin çarpımı, asla Planck sabiti olarak adlandırılan evrensel sabitten, yani Doğa tarafından belirlenmiş değerden daha az olamaz. Konum ile momentum arasında karşılıklı bir anlaşma var gibidir ve bir büyüklüğü daha belirgin biçimde ölçebildiğinde, diğeri daha belirsiz ve puslu hale gelir.”

Hayalet sallandı ve parmağı ile tembihlercesine bir hareket yaptı. “‘Belirsizlik’ kelimesinin kafanı karıştırmasına ve bir parçacığın belirli bir momentumu ve konumu olmasını fakat bunların ne olduklarını bilemediğimizi düşünmene izin vermemelisin. Durum hiç de böyle değildir. Bir parçacığı dar bir aralıkta bulunmaya zorlarsan, momentum kazanır. Dar aralıklarda bazı insanlar dindar olurken, parçacıklar da momentum kazanır. Planck sabiti çok küçük olduğu için, her gün yaşadığın standartlarda bu etki çok küçüktür. Neler olduğunu görmek için yakından bakmalısın, *çok yakından*. Seyircilerden bir gönüllü istiyorum.”

Scrooge etrafına bakındı. Görebildiği kadarıyla tiyatrodaki kendisi dışında kimse yoktu. Belirgin biçimde yapay olan bir alkış patlamasının ortasında Hayalet’in bağırdığını duydu. “*Scrooge, sahneye gel!*”

Etrafındaki alkışların teşvikiyle, Scrooge koltuğundan kalktı ve sahneye doğru giden ara koridorda yürümeye başladı. Aynı esnada Palyaço da sahneden atladı ve ona doğru yürümeye başladı. Scrooge, Palyaço’nun sahneden atlayışının daha önceki sıçrayışlarından çok daha uzun bir mesafe olduğunu düşünerek şaşkına döndü. Etrafına bakmak için kafasını çevirdiğinde, pelüş koltuk sıralarının artık garip bir şekilde daha büyük göründüklerini gördü, tıpkı küçük bir çocuğa görünecekleri gibi. Attı-

ğı her adımda koltuk sıraları daha da büyüyor, Scrooge onlara altlarından bakar hale geliyordu. Yürümenin zorlaştığını fark etti ve ayaklarına baktı. Kendisi küçülürken, bacakları da kırmızı halının içine dizlerine kadar batmış durumdaydı ve ayakları iplere dolanıyordu. Kırmızı tutamlar etrafında yükselip belinin hizasını geçerek başından yukarı doğru ilerlerlerken yürümeyi kesti ve şaşkınlık içinde, boyun eğmiş bir halde durdu.

Küçülüğü çok hızlıydı. Halı tutamları bükülmüş devasa kablolar haline gelmişlerdi ve her bir iplik büyük kıvrımlı silindirik şekillere dönüşmüştü. Yüzey düzensizlikleri ve kaygan yapay liflerin kusurları iyice belirginleşmiş ve Scrooge'nin bakış açısını tamamen doldurmuşlardı. Bir an içinde, uzun, puslu atom sıraları haline dönüştüler, tıpkı Entropinin Gölgesi tarafından gösterildiği gibi ve sonra onlar da kayboldular. Scroogy tanımlanamaz bir yerdeydi. Dağınık, puslu grilikten başka bir şekilde tanımlanabilir herhangi bir özellikten yoksundu bulunduğu yer. Her zamanki gibi belirgin biçimde gülen arkadaşı Palyaço bu belirsizlik bulutunda ona doğru yaklaşıyordu. Etrafından bir şey almak için durdu ve onu birden Scrooge'ye doğru fırlatarak bağırdı, "Yakala şunu!" Scrooge elini hızla uzattı ve küçük nesneyi yakaladı. Kapalı elinin içinde ne yakalamış olduğunu söyleyemiyordu ama sıkılı yumruğunun içinde tuzaga düşmüş kuş gibi çırpındığından, elindeki nesnenin canlı olduğunu hissediyordu.

BELİRSİZLİK BAĞINTISI

Kuantum genliği bir parçacık hakkında sahip olduğunuz en iyi bilgiyi tanımlar ve gelecekteki gözlemler için yapabileceğiniz yegâne kestirimleri verir. Belirsizlik Bağıntısı, konumunda küçük bir belirsizlik olan bir parçacığın momentumunda daha büyük bir belirsizliğe sahip olmak zorunda olduğunu söyler. Buradaki *belirsizlik* kelimesi parçacığı bulma olasılığının yüksek olduğu bölgenin kapsamını tanımlamak için kullanılmaktadır. Bu bölge ne kadar küçükse, parçacığın konumu da o kadar iyi tanımlıdır ve konumdaki belirsizlik küçüktür. Dar bir olasılık dağılımının yalnızca farklı dalgaboylarındaki çok sayıdaki dalganın bir araya getirile-

rek elde edilebileceğini ve deBroglie Bağıntısı ile verildiğini, farklı dalgaboylarının farklı momentumlar demek olduğunu gördük. Bu durumda, momentumda bir belirsizlik vardır. Olasılık dağılımındaki yerel tepe noktası ne kadar dar ise, dalgaların hizalarının bozulmasının daha hızlı olmasını sağlamak için gerekli olan dalgaboylarının (ve momentumların) aralığı o kadar büyüktür. Bu durum nihai bağıntıyı verir.



$$\Delta x \Delta p = \frac{\hbar}{2}$$

Burada Δx konumdaki belirsizliği ve Δp momentumdaki belirsizliği verir. $\hbar$ ise Planck sabitinin değiştirilmiş biçimidir.

“Şimdi onu avucunda sıkabildiğin kadar sık!” dedi Hayalet, biraz umursamaz bir tonla. Scrooge kendisine söyleneni yaptı ve nesneyi elinin içinde sıktıkça, öncesine göre daha şiddetli biçimde çırpındığını ve debelendiğini hissetti. Cismin Scrooge’nin elinden dışarıya doğru uyguladığı basınç o kadar büyümüştü ki daha fazla bastırarak gücü kalmamıştı. Nasıl bir şey olabileceğini görmek için elini açtı fakat yalnızca hızla uzaklaşan puslu bir gölge gördü.

“Bu neydi?” diye sordu.

“Bir elektron. Elektronlar ve diğer parçacıklar böyle davranırlar. Küçük bir alana sıkıştırıldıklarında, momentuma sahip olmaya zorlanırlar ve hızla hareket etmeye başlarlar. Ne kadar çok sıkıştırılırlarsa, o kadar hareketli hale gelirler. Dediğim gibi, momentum kazanırlar.”

“Bu momentumu nereden elde ederler?” diye sordu Scrooge kafası biraz karışmış biçimde. “Bana momentumun korunduğu söylenmişti ve bir şey momentum kazanıyorsa, bu momentum başka bir şeyin kaybettiği momentum ile dengelenmek zorundadır.”

“Pekala, tabii ki bu söylediğin kabaca doğru. Kesinlikle öyle. Büyük korunum kanunlarından birini inkâr etmiş olmak istemem. Momentumun korunumundan, başka herhangi bir şeyden olduğun kadar emin olabilirsin fakat *daha fazla emin olmama-*

lının. Böylesine Evrensel Kanunlar bile Belirsizlik ile yaşamak zorundadırlar. Genelde momentumun korunduğunu inkar etmiyorum. En geniş anlamında yani. Büyük resme baktığında ve kısıtlı yerel bakış açısını görmediğinde, cisimler ve parçacıklar konumları bakımından sınırlı değillerdir ve bu nedenle de momentumlarındaki belirsizlik çok küçük olabilir. Böyle durumlarda, momentum gerçekten korunur, tıpkı sana söylendiği gibi. Bununla birlikte, eğer görüş açını sınırlandırır ve bir parçacığın kısıtlanmış olmasını istersen, momentumu dalgalanmaya başlar.

“Gazetelerdeki fotoğraflara bakarsın, değil mi?” diye sordu birden. “Bunun gibi mi görünüyorlar?” Manzarayı dolduran ve ne oldukları anlaşılmayan şekillere doğru bir hamle yaptı ve buruşmuş bir gazete parçası çıkardı. Göstermek için düzelttiği parçada Palyaço’nun kendi resmi vardı. Yakından bakıldığında oldukça netti ve resmin açık ve koyuluklarını meydana getiren farklı boyutlardaki siyah noktalardan meydana gelmişti. “Doğa kendi gerçeklik resmini benzer bir tarzda çizer fakat Doğa natürmort tablolar oluşturmaz. Onun tabloları yalnızca varoluş konumunu değil, aynı zamanda dönüşüm hareketini de gösterir. Doğanın tuvalleri, konum ile momentumu eşit miktarda gösterir. Kısacası, Doğa’nın tablolarındaki uzay, tuvalin genişliğince mesafeyi, yüksekliğince ise hareketi betimlediği *faz uzayını* gösterir. Böyle bir tuval üzerindeki resimler de noktalardan meydana gelir.”

Etraflarını saran bulanık sisin içinden büyük bir maun masa ile arkasında desteği olmadığı çok belirgin büyük bir grafik panosu çıkıp geldi. Palyaço dinamik bir yönetici gibi - yeşil saçlı, büyük, kırmızı burunlu ve geniş, parlak renkli askıları olan torba gibi bir pantolonla ne kadar dinamik bir yönetici gibi görünülürse artık, işte o kadar- masanın arkasında yüksek bir sırtlığı olan döner sandalyeye oturdu ve masanın üstünde duran ve üzerinde “Kaos burada biter,” yazan bir tabelaya doğru eğildi.

Scrooge masanın arkasındaki panoda yer alan grafiğe baktı ve faz uzayının belirgin ultra-gerçekliğini gördü; aynısını daha önce de Zaman Baba’nın ekranlarında görmüştü. Bu sefer faz uzayının resmi, tıpkı gazete fotoğrafındaki gibi noktalardan meydana geliyordu. Bunlar hiçbir belirgin özelliği olmayan sıradan noktalardı ve hepsi de görünüş bakımından aynı boyutta ve

garip biçimde dağınık durumdaydılar. Aynı alana sahip olmaları bakımından aynı boyutta fakat pek çok farklı şekildeydiler. Bazıları nerdeyse yuvarlak, bazıları ince uzun fakat aynı alana sahip biçimde dardılar.

“Her biri manzarada bulunan bir takım parçacıkların durumunu temsil eden benekleri görüyorsun.

Bazıları uzun ve dardır; bunlar konumları iyi tanımlı olan ve buna karşılık momentumları belirsiz parçacıklardır. Diğerleri ise geniş ve kısıdırlar, bunlar ise konumları gerçekten belirsiz olan ve momentumları iyi tanımlı olanlardır. Diğer benekler ise neredeyse daireseldirler; bunlar konum ve momentumları eşit biçimde iyi tanımlı olan parçacıklardır. *Eşit biçimde iyi* demek, aynı zamanda *eşit biçimde kötü* demektir çünkü bu mümkün olan yegane kesinliktir. Her benek aynı boyutta alana sahiptir, bununla birlikte bu alan orantılı olabilir. Benek kesin bir konuma ve geniş biçimde dalgalanan bir momentuma sahip olabilir ya da kaba bir konuma ve iyi bilinen bir momentuma sahip olabilir. Her durumda, bu ikisinin çarpımı olan alan, Planck sabiti olarak adlandırdığımız Evrensel Sabit ile verilir.



“Bu küçük noktalar, sana herhangi bir yöndeki konum ile momentumun birleşik belirsizliğini söyler. Doğa üç boyutludur –en az üç boyutludur– ve bu pusluluk, uzayın her üç boyutu için de ayrı ayrı geçerlidir. Bir yön boyunca, boyutu Planck sabiti tarafından verilen bir düzensizlik bölgen vardır. Ele aldığın cisim iki boyutta serbest olarak hareket edebiliyorsa, her bir yönde bir Planck belirsizliği mevcuttur. Toplam belirsizliği ise iki Planck kadardır.

“Sana daha önce Doğa’nın yalnızca uzayda değil, bundan ziyade birleşik uzay-zamanda işlediğini göstermişlerdi. Bu ekstra eksen, yani zaman ekseni boyunca, Doğa uygun derecede bir belirsizlik gösterir. Bu belirsizlik, konum ve momentumda olduğu gibi, zaman ve enerji için de söz konusu olabilir. Her parçacık zaman ve enerjide birleşik bir pusluluk gösterir ki bu da aynı Planck sabiti ile gösterilir. Bu durum, uzun ve sakın bir ömrü olan, uzun süre hiçbir değişim göstermeyen bir parçacığın iyi tanımlı bir enerjisi olacağı anlamına gelir. Böyle bir parçacık için, Enerjinin Korunumu Kanunu’na uyulur ve Sahibe’nin nüfuzunun farkına tam olarak varılır. Eğer parçacık kısa ömürlü, bununla birlikte bir an burada bir an orada olarak sürekli hareket halindeyse, enerjinin korunumu onun için geçerli değildir. Enerjisi büyük dalgalanmalar gösterebilir ve enerji korunumunun yasakladığı şeyleri yapabilir.

“Parçacıklar evrenin yankesicileridir. Sürekli olarak Doğa’dan enerji çalıp dururlar. Aslında bu enerjiyi uzun süre tutamayıp kısa sürede tekrar geri verirler fakat bir parçacığın enerjisiindeki dalgalanmalar her zaman mevcuttur. Zaman ne kadar kısaysa, dalgalanmalar da o kadar büyük olur: Kural budur. Bu daimi enerji hırsızlığı, bir parçacığın pek çok sınırlamayı hiçe saymasına olanak sağlar. Onun için yasak olan şeyler artık mümkündür. Hiçbir parçacığın normalde gidemeyeceği yerlere gidebilir. Şu potansiyel bariyerine bak.”

.....

ENERJİ DALGALANMALARI

Bir parçacığın momentumu ve konumu arasındaki belirsizlik bağıntısı gibi, parçacığın enerjisi ile zaman arasında da eşdeğer bir bağıntı vardır.



$$\Delta E \Delta t = \frac{\hbar}{2}$$

Δt zamandaki belirsizliği, ΔE ise enerjideki dalgalanmayı göstermektedir. Bu bağıntının sonucu, kısa bir süre için (Δt), bir parçacığın enerjisinin (ΔE) kadar dalgalanabilir olduğunu gösterir. Enerji uzun vadede ortalama olarak korunsa da, kısa vadede korunmaz. Mevcut olan enerji miktarı kısa süreler için dalgalanır ve bu süre ne kadar kısaysa, dalgalanma da o kadar büyük olabilir.

“Pardon!” dedi Scrooge. “Bu da ne, sorabilir miyim?”

“Tabii ki sorabilirsin. Her zaman sorabilirsin. Seni her zaman yanıtlayamayabilirim ama bu sefer yanıtlayacağım. Potansiyel bariyer, parçacıklar için bir duvardır. Katı bir duvar diyebilirsin fakat katı nedir? Bir araya gelmiş çok sayıdaki atomdur, diğer parçacıklar da onların arasından geçebilirler ya da geçemezler. Parçacığın nasıl ve nereye gidebileceğini denetleyen enerjidir ve potansiyel enerji de geçmek zorunda olduğu bölgeyi tanımlar. Potansiyel bariyeri, parçacığın potansiyel enerjisinin, böylesine bir engele girerken aniden yükseldiği bölgedir. Eğer parçacık bariyer bölgesine girmek zorunda kalırsa, potansiyel enerjisi toplam enerjisinden daha büyük hale gelir ve bu nedenle de parçacığın bu engele giremeyeceğini bile söyleyebilirsin. Herhangi bir cismin toplam enerjisi, kinetik enerjisi ve potansiyel enerjisinin toplamıdır, bu nedenle, eğer potansiyel enerjisi toplam enerjisinden büyük olursa, kinetik enerjisinin negatifi olacağı anlamı çıkar. Kinetik enerjinin, parçacığın hızının karesi olduğunu biliyorsun ve herhangi bir sayının karesi, sayı ister negatif ister pozitif, her zaman pozitif bir sayıdır. Açıkçası, kinetik enerji negatif olamaz ve bu nedenle de parçacıklar bariyer bölgesine giremezler. Bu bölgelere *Potansiyel Bariyer* denmesinin nedeni de işte budur,” diye bitirdi sözlerini Palyaço, nefes nefese.

“Şimdi farklı enerji bölgelerindeki dalga fonksiyonlarına bak ve aslında neler olduğunu gör!” diye komut verdi Palyaço.

“Nasıl bakabilirim?” diye karşı çıktı Scrooge. “Ne dalga fonksiyonunu ne de enerjiyi görebiliyorum. Yalnızca konumları

görebiliyorum, parçacıkların normal uzayda bulundukları konumları.”

“Yorma beni! Parçacıkların konumlarını da bilemeyeceğini anlamak zorundasın. Çok küçüktürler. Aslında asla herhangi bir parçacığın konumunu *görmezsin*. Gördüklerin fotonlardır, yani cisimden sekip gözlerine giren ışık parçacıkları. Bunu nasıl *konumları görmek* olarak yorumlayacağını öğrendin fakat bu bir *yorumdur*. Bebekler, cisimlerin konumlarını göremezler; bu beceriyi ya da daha ziyade usulü öğrenmeleri gerekir. Burada ise söz konusu usulü aklından çıkarman gerekiyor çünkü uygun değildir. Şu anda normal vücut ölçülerinde bulunmadığını gayet iyi biliyorsun. Bunun bir hayal olduğu sana defalarca söylendi, bu nedenle tahayyül gücünü biraz kullanmaya çalış. Olup bitenler bir hayalden ibaret. Burada enerjileri ve dalga fonksiyonlarını görmek mümkündür, bu nedenle hadi, hayal gücünü kullan. Daha iyisi, benimkini kullan!”

Scrooge, sanki gözlerini dünyaya ilk kez açıyormuş ve herşeyi ilk defa görüyormuş gibi hissediyordu. Görüşü bulanıktı ve ardından netleşti fakat netleşince görmenin garip ve yeni bir yolu ortaya çıktı. Her iyi yanda da duvarları olan bir çukur gördü fakat her nasılsa, gözlerinin yüksek ya da alçak olarak yorumladığı şeyin aslında potansiyel enerjideki tepeler ve çukurlar olduğunu anladı. Bir çukur gördüğü yerde potansiyel enerji düşüktü ve parçacıklar daha yüksek kinetik enerjilere sahipti. Yükselen bir duvar gördüğü yerlerde ise potansiyel enerjinin yüksek olduğunu ve parçacıkların geçişinin reddedilebileceği yerlere baktığını idrak etti. Tüm manzaranın içinde, sarp kayalık bir tabanı olan, kristal gibi bir göl yüzeyinin temiz ve düz alanını görüyordu. Bu yüzeyin, bir parçacığın toplam enerjisini işaretlediğini biliyordu. Her zaman aynı ve değişmez seviyedeydi çünkü enerji sabitti ve korunuyordu. Düz yüzeyin altındaki potansiyel seviyenin derinlikleri, parçacığın kinetik enerjisinin ölçüsünü veriyordu. Bazı yerlerde bu enerji gölünün en alt noktası yüzeyin çok altındaydı, bu nedenle de kinetik enerji yüksekti. En alt noktaya yüzeye yaklaştıkça, kinetik enerji de azalıyordu. Gölün etrafındaki en alt nokta artık en alt nokta değildi, gölün etrafında yükselip, çocuklar için bir oyun havuzunun duvarları gibi dar duvarlar meydana getiriyordu.

Scrooge havuzun içinde dalgaları görüyordu. Dalgalar gayet normal görünebilirlerdi fakat bunlar yüzeyde değillerdi, yüzeyle hiç ilgileri yoktu, daha ziyade artık Scrooge'nin de görebildiği biçimde, yükselip alçalan genlik dalgacıkları halinde gölün tamamına yayılmış durumdaydılar. Bu olasılık dalgalarının dalgaboyları yer yer farklılıklar gösteriyordu. Gölün derin olduğu yerlerde dalganın tepe noktaları birbirlerine sokulmuş ve dalgaboyunun küçük olduğunu gösteriyorlardı çünkü momentum ve kinetik enerji bu noktada yüksekti. Gölün sığ olduğu yerlerde ise dalga araları çok daha açıktı ve dalgaboyları daha yüksekti. Zeminin bir duvar olarak yükselip yüzeyi aştığı yerlerde ise, doğrusu hiç dalga yoktu. *Fakat vardı!* Scrooge duvarın içinde de dalganın devam ettiğini 'görüyordu'. Ancak artık tepeler ve çukurlar halinde yükselip alçalmıyorlardı. Bu yüzden de dalgaboyları yoktu fakat yine de bir dalga vardı ve duvarın içine girdikçe genliği yavaşça sönüp kayboluyordu.

Duvar inceydi ve sönen dalga duvarın dış tarafına ulaştığında tamamen yok olmamış görünüyordu. Hala biraz genlik kalmıştı, azdı fakat yine de vardı. Duvarın dışında potansiyel enerji de daha azdı ve yine parçacığın toplam enerji seviyesinin altındaydı. Burada Scrooge, genliğin yeniden dalgalandığını görebiliyordu. Artık zorlukla algılanacak kadar küçüktü fakat önemli bir miktar kinetik enerji olduğunu gösterecek şekilde kısa bir dalgaboyuna sahipti.

"Buradaki elektronlara ne olduğuna iyi bak. İyi bir paket, değil mi? Duvarlar o kadar yüksek ki elektronlar onlardan geçmeye yetecek enerjiye sahip değiller." Hayalet ceplerini karıştırdı ve bir avuç toz gibi bir şey çıkartıp göle doğru fırlattı. Dalgalar daha yoğun hale geldiler ve Scrooge yakından baktığı her defasında, bu alanda oraya buraya giden bir grup elektron gördü. Bir an bir yerde, sonra başka bir yerdeydiler fakat her zaman güvenle paketin içinde kalıyorlardı. Bu durum bir elektronun kaçtığını gördüğü ana kadar sürdü. Elektron dışarıdaydı ve hızla uzaklaşıyordu.

"İşte gördün. Kuantum havuzu sızdırıyor. Duvarlar kuantum dalgasının tepesinden atlayıp çıkabilmesi için çok yüksek olabilir, fakat *tünelleme* yoluyla hala çıkılabilirler. Parçacık duvardan geçerken genliği hızla azalır fakat eğer duvar inceyse di-

ğer tarafta da bir miktar genliği kalır. Dışarıdaki genlik küçük olacaktır ve bir parçacığın dışarıda bulunma olasılığı da küçük olacaktır. Küçük, fakat sıfır değil. Bir parçacığın mühürlü bir odadan kaçması *mümkündür* ve bu nedenle de tabii ki *kaçar*. Pek çok radyoaktif bozunmanın meydana gelmesine imkân veren işte bu tür bariyer sızmalarıdır.

“Tünelleme yapan parçacıklarda olduğu gibi, pek çok parçacık da evrenden az miktarda enerji ya da momentum çalar. Bu sık görülen bir şeydir. Genellikle çok fazla çalmazlar ve her zaman geri koyarlar. Dalgalanmalar mümkündür fakat nihai toplamalar dengelenmek zorundadır. Daha uzun vadelerde ise, enerji ve momentum korunur.

“Bazı parçacıklar daha da ileri giderler. Onlar az miktarda enerji çalmazlar. Alabileceklerinin hepsini çalarlar ve kendilerinde olanı da buna dâhil ederler. Çalabilecekleri ne var ne yoksa çalarlar. *Kendilerini* bile çalarlar! *Varoluşlarını* çalarlar. Bu davranış *sanal parçacıkların* davranışdır. Parçacıkların bir durgun kütle enerjileri olduğunu zaten biliyorsun. Kütle demek enerji demektir ve bu nedenle söz konusu durgun kütle onların varolmak için sahip oldukları minimum enerjidir. Bu enerji onların gerçekliğin seçkin topluluğuna giriş ücretleridir. *Gerçek* parçacık giriş ücretini tam olarak ödemiş bir üyedir: İhtiyacı olan enerjiye özgürce ve kesinlikle sahiptir. Eğer hareket ediyorsa, daha da yüksek bir enerjisi vardır fakat durgun kütle enerjisi sahip olabileceği en az enerjiyi temsil eder; yani hareket etmeyen bir parçacığın enerjisini. Varoluşa giriş koşulları gayet açıktır ama parçacıkların kendileri o kadar açık değildir. Hareket mi ediyorlar yoksa duruyorlar mı? Belirsizlik emin olmanı önler. Enerjiye sahipler mi, değiller mi? Dalgalanmalar bunu da belirsizleştirir. Büyük dalgalanmalar yalnızca kısa süreliğine meydana gelebilir fakat çok kısa süre için bir parçacığın enerjisinde en fazla kütlesi kadar büyüklükte bir dalgalanma olabilir. Orada bulunmasa bile, kısa bir süreliğine aniden belirebilir fakat bu süre çok kısa olacaktır. Hiçlikten gelirler ve tekrar hiçliğe dönmek zorundadırlar. Zekice bir çözümdür.”

“Bu söylediklerinizin kabul edilip anlaşılması, bana daha önce söylediklerinizden daha zor geliyor,” dedi Scrooge. “Fakat böyle olsa bile, fark eder mi? Tarif ettiğiniz gibi, böylesine kısa

bir varoluşun herhangi bir önemi, normalde üzerinde yaşadığımız katı, gerçek dünya üzerinde ciddi bir etkisi olabilir mi?”

“İşe burada yanılıyorsun? Gerçekten, tamamen yanılıyorsun. Bu sanal parçacıklar, gerçekliği ödünç alıp hareket haline geçen bu fani parçacıklar, katı dünya üzerinde hayal edebileceğin en büyük etkiye sahiptirler. Senin gerçek dünyanı destekleyip bir arada tutan bu sanal parçacıklardır. Onlar olmadan katılık olmazdı, yalnızca, hiçbir etkileşime girmeden birbirlerinin yanından geçip duran parçacıklar olurdu dünyada. Gerçekliğin huzurlu dokusunda bağımsız akıntılar olarak, birbirlerinin farkında bile olmadan, birbirlerinin yanından gelip geçerlerdi. Dünya katı ve dayanıklıdır çünkü parçacıklar birbirlerine bağlıdır. Atomlar arasında etkileşimler vardır, kuvvetler vardır. Katıların içinde parçacıklar bir kuvvet alanında yaşarlar. Peki bu kuvvet alanında parçacıklar dışında neler vardır?”

Scrooge bir anda yeni bir manzaraya açtı gözlerini; yemyeşil çimleri olan bir çayır gördü, muntazam bir çitle çevrilmişti ve beyaz boyalı bir kapısı vardı. Etrafta çok sayıda kabarık tüylü beyaz koyun dolaşıyordu ve her biri kendi otlak kısmında otliyordu.

“Yanlışı alan,” dedi Palyaço. “Biz potansiyelleri istiyoruz, otlak değil; ve sürü olarak da atom sürüsü istiyoruz.” Çit ve kapı yok oldu ve yeşil çimler renksiz bir tek düzelik halini aldı. Kabarık tüylü koyunlar da birbirleri üzerinde uyguladıkları kuvvetler ile düzenli bir sırada duran puslu atomlara dönüştü. Atomlar arasında kalan alanın hiçbir ilginç özelliği yok gibi görünüyordu fakat yakından bakıldığında tamamen boş değillerdi. Atomlar arasındaki uzayı bir şey dolduruyordu. Atomların etraflarını saran ve onları bir arada tutan şey, kuvvet alanının *kendisiydi*. Scrooge’nin görüşü değişmeye devam ediyordu ve potansiyel havuzunda gördüğü dalgaları görüyordu yine. Artık çizgileri belirgin bir zemin ya da bariz bir potansiyel yoktu, yalnızca, havuzun potansiyel duvarlarını tünelleyerek geçtiğini gördüğü, giderek sönen dalgaların delip geçtiği tekdüze bir arka plan vardı.

“Baktığın her yerde tünelleme yapan parçacıkların genliklerini görüyorsun. Burada tünelleme yapan parçacıklar, alanın içindeki elektronların elektriksel yükleri ve diğer yüklü parça-

cıklar tarafından yaratılmış olan fotonlardır. Enerjideki dalgalanmalar, neredeyse varolmayan fotonların kısa ömürlerinin ötesinde yaşamalarına olanak sağlar fakat fani var oluşları için dedeleri ve nineleri olarak davranacak elektrik yüklerine ihtiyaçları vardır. Bu fotonların genlikleri, potansiyel duvarından tünelleme yaptıklarını gördüğün parçacıklarınki kadar çoktur. Buradaki duvarda böyle bir şey yapma hakları yoktur çünkü yeterli enerjiye sahip değildirler. Bu fotonlar, görünürde potansiyel bariyerler olmazsa da açıkta kalabilirler fakat yine de burada bulunma hakları yoktur çünkü kendilerine ait olmayan bir enerji taşımaktadırlar. Ödünç alınmış enerji ile yaşarlar, bu da ödünç alınmış zaman ile aynı şeydir ve başlangıç noktaları olan elektrondan ya da atom çekirdeğinden çok uzaklarda dolanamazlar. Böyle bir parçacıkla karşılaşma olasılığı, kaynağından olan uzaklık arttıkça hızla düşer fakat bu mesafe içinde foton, muhtemelen başka bir elektron tarafından yaratılmış başka bir elektrik yükü ile karşılaşır. Kendisini bu yüke doğru atıp, kısa var oluşunu sonlandırır. Bunu yaparken de iki elektron arasında bir değiş tokuşa neden olur. Hayatına bir elektrik yükü ile başlar ve başka bir elektrik yükü ile sonlandırır. Bu süreçte çaldığı enerji ve momentumu birinden diğerine aktarmış ve bu nedenle de bir etkileşim meydana getirmiş olur.

“Her zaman olduğu gibi, bu foton değiş tokuşu da Doğa’nın görüş sisteminin bir parçası olan genliğe katkıda bulunur. Pozitif ya da negatif olmaları, toplanıp çıkartılmaları, genliklerin doğrularında vardır ve net etki, iki elektrik yükünü birbirlerine doğru çekmek ya da onları itmek olabilir. Hangisi olacağı elektrik yüklerine bağlıdır. Aynı yükler birbirlerini iterler, zıt yükler ise çekerler fakat her iki durumda da olay, elektrik yükleri arasındaki foton değiş tokuşu sayesinde olur. Burada hiç potansiyel bulunmadığını söyledim. Yalan söyledim. Fotonlar *etkileşimdir* ve bu nedenle de potansiyel sağlarlar. Bunu yapacak başka biri yoktur.

“Bir defasında, enerjinin tüm farklı biçimlerinin nasıl olup da aynı olduklarını söyleyebildiğimizi sormuştun.”

“Evet, hatırlıyorum,” diye onayladı Scrooge. “Dünyanın Sahibiyle konuşurken, bana kinetik enerjinin, kütleçekimi potansiyel enerjisinin, elektrik enerjisinin ve ısıнын, açıkça çok farklı

görünmelerine rağmen bir şekilde aynı şeyler olduğunu söylemişti.”

“Pekala, şimdi gerçekten aynı şey olduklarının, ‘bir şekilde aynı’ olmalarından kaynaklandığını açıkça görebilirsin. Her durumda aynı şeyden bahsediyorsundur; parçacıkların enerjisinden. Hareketli bir parçacık durgun olandan daha fazla enerjiye sahip olsa bile, durgun parçacık da genellikle büyük miktarda durgun kütle enerjisine sahiptir. Sanal bir parçacık da enerji ve momentuma sahiptir fakat ‘gerçek’ bir parçacıktan farklı oranlarda. Büyük bir cismin kinetik enerjisi, içinde bulunan ve hareketi ortak olarak yaşayan tüm parçacıkların enerjilerinin toplamıdır. Isı, büyük cismin içinde hareket halinde olan parçacıkların hepsi farklı yönlerde hareket ederlerkenki enerjisidir. Elektriksel enerji, elektriksel etkileşimlerin bir yükten diğerine aktarılma yöntemi olan elektrik alanını meydana getiren fotonların enerjisidir. Kütleçekimi enerjisi ise elektriksel enerjiye benzer fakat burada graviton olarak adlandırılan farklı bir parçacığın değiş tokuşu söz konusudur. Farklı görünen bu biçimlerin hepsi de parçacıkların enerjisi olarak görülebilir. Her enerji aynıdır. Yalnızca enerjidir.

“Senin dünyanda gördüğün ve çalıştığın her şey parçacıklardan meydana gelmektedir. Seni etkileyen her şey yalnızca iki farklı türdedir –elektronlar ve fotonlar. Maddi dünyayı oluşturan bu ikisi arasındaki etkileşimdir. Bana ‘Madde nedir?’ diye sorarsan elektronlar ve atom çekirdeklerindeki pozitif yükler ile aralarında değiş tokuş edilen fotonlar diye cevap vermek zorundayım –madde budur. Fotonlar bir ışık ışını meydana getiren parçacıklardır; ayrıca bir taşı ya da demir bir çubuğu bir arada tutan parçacıklardır da. Bir demir çubuğun, ay ışınları maddesinden yapılma zincirler ile bir arada tutulduğunu söylesem, ne derdin?”

“Ay ışığı deseniz daha iyi olurdu,” diye muhalefet etti Scrooge. “Çünkü ‘Ay’dan yayılan ışınlar’ demek çok anlamsız. Ay ışın saçmaz.”

“Daha öncede belirttiğim gibi, fikirlere açık olmamaya çabalamak zorunda gibi hissediyorsun kendini. Bu ifade kelimesi kelimesine doğrudur ve bir gerçeği dile getirir. Ay ışını bir foton selidir, gerçek fotonların akışıdır. Demir, elektriksel kuvvetler

sayesinde bir arada durur ve bu işi, enerji değiş tokuşu yapan sanal fotonlar yapar. Foton fotondur. Bazıları diğerlerinden farklı enerjilere sahip olabilirler fakat sonuçta aynı şeydirler. Elektriksel kuvvetler dünyanın yapısını meydana getirmek için parçacıkları bir araya getirip bağlarlar ve meydana getirdikleri birim yapı da ATOM'dur.

11. BÖLÜM

Atomda Kuşku Olmaz

Dünya atomlardan meydana gelmiştir,” dedi Palyaço, otoriter bir eda takınarak. “Dolayısıyla, atomda kuşkuya yer bırakacak durumlar olamaz. Her madde atom içerir ve dünyadaki maddelerin çoğunu meydana getirmek için yalnızca bir kaç tür atom gereklidir. Ancak bu atomlar öyle muhteşem bir çeşitlilikle bir araya gelirler ki, etrafında gördüğün bütün madde zenginliğini bu şekilde ortaya çıkarlar.



“Tüm atomlar aynı tasarıma dayalıdır. En baştan başlıyoruz. Çekirdek ile başlıyoruz.” Hayalet, içinden olmadık nesneler çıkarttığı cebine uzandı ve Scrooge’nin göremeyeceği küçüklükte

bir şey çıkarttı. Bu şey küçük olmasına rağmen çok ağır görünüyordu ve Hayalet onu güçlkle kaldırılabiliyordu. “İşte bir çekirdekimiz oldu. Her bir atomun merkezinde bunun gibi bir çekirdek vardır. Çok küçüktür, çok ağırdır ve pozitif elektrik yükü taşır. Pek çok bakımdan tüm ihtiyaç duyduğu özellik de budur çünkü bu kadarı, negatif elektrik yükü taşıyan elektronların ona doğru çekilmesi için yeterlidir. Çekirdeğin küçük olduğunu söylerken, *çok* küçük demek istiyorum, atomun çapından yüz bin kez daha küçük. Çekirdek, bir atomun tam ortasına gömülü küçücük bir noktadır fakat buna rağmen o kadar ağırdır ki, bir atomun toplam ağırlığının yalnızca binde birinden daha azı çekirdek dışındaki parçacıklar tarafından oluşturulur.”

“Bu kesinlikle doğru olamaz. Bu kadar küçük bir şey nasıl bu kadar ağır olabilir ki? Ağır olan şeyler kesinlikle büyük nesnelerdir,” dedi Scrooge.

“Hayır, bu doğru değil,” diye karşılık verdi Palyaço, “Ayrıca, lütfen hiç durmadan ‘kesinlikle’ demeyi de kes! Parçacıklar söz konusu olduğunda, ağır ve küçük eş anlamlıdır; bak ve kendin gör!” Palyaço elinde tutmakta olduğu nesneyi yere bıraktı ve aniden bir takla attı. Bu hareketi öyle hızlı yapmıştı ki bir an için Scrooge’ye oldukça bulanık göründü. Tekrar ayağa kalktığı anda, Scrooge Palyaçonun sirklerde bazı göstericilerin giydiği cinsten leopar desenli bir kıyafet giymekte olduğunu gördü fakat söz konusu kostümün yarattığı etki, hayaletin diğer kıyafetindeki gibi bol ve gevşek bir tulum olması ve ince kollarının boru gibi her iki yandan dışarı çıkması nedeniyle bozuluyordu.

Her ne kadar salondaki tek seyirci Scrooge olsa da, Palyaço eğilerek seyircilerini selamladı ve daha önce sahnede olmayan, şimdiyse üzerinde, Palyaço’nun boyunun yarısı büyüklüğünde olandan bezelye kadar olana dek küçülerek belli belirsiz sıralanmış bir dizi top duran sehpaye doğru yürüdü. Bir dizi abartılı hareket yaptı ve kollarını bükerek, ara sıra pazılarını ortaya çıkarttı. Kendinden emin bir şekilde toplardan en büyüğüne uzandı ve daha güvenli bir kaldırış için dizlerini de bükerek topu havaya kaldırdı. Bunu çok az bir çaba harcayarak yapmıştı ve kısa süre sonra dev topu diğer eline bile aktarmıştı. Sonra, topu tek parmağı üzerinde dengede tutup, tekrar yerine bırakmadan önce, yeniden bir elinden diğerine aktardı. Yine kendinden emin

bir şekilde gülerek top sırasının diğer ucuna gitti ve bu sefer küçük bir top aldı. Birden komik bir şekilde, bir ayağı kendi etrafında döndü ve bu esnada eli, tuttuğu ağırlığın etkisiyle zemine yapışırken, diğer ayağı da istem dışı olarak havaya kalktı. Çabalıyor, sığıyor ve kendi etrafında savrulup duruyor fakat elindeki küçük topun yerinden kımıldamayan kütlesi nedeniyle, yere sabitlenen elini oradan ayıramıyordu.

“Çok üzücü!” dedi Scrooge. “Fakat bu bana küçük bir kütlenin neden bu kadar ağır olması gerektiği konusunda bir bilgi vermiyor.”

“Yanlış açıdan bakıyorsun,” diye karşılık verdi Hayalet, böyle zor bir konum için gayet sakin bir ses tonuyla. “Küçük bir parçacığın ağır olması ile ağır bir parçacığın küçük olması arasında bir fark yoktur. Bu durum, her şeyden önce, ‘küçük’ nitelemesiyle ne demek istediğine bağlıdır.”

“‘Küçük’ün ne anlama geldiği geyet açıktır,” dedi sertçe, Scrooge. “‘Büyük değil’ demektir yani. Cisim ya da her neyse bu nesne, büyük bir hacim kaplamıyor demektir.”

“Eğer senin söylediğin gibi olsaydı,” diye devam etti Hayalet, “küçük bir parçacık, kesinlikle küçük bir hacim işgal ederdi. Oysa bu tür parçacıkların boyutları alabildiğine belirsizdir ve bu nedenle de momentumları büyük olmak zorundadır. Kuantum dünyasında parçacıklar konusunda işler böyledir. Ağır bir parçacık, kolaylıkla büyük bir momentuma sahip olabilir çünkü momentum kütle ile orantılıdır. Ağır ve küçük ifadeleri, küçük kavramının bu yorumunda doğal olarak birbirlerine eşlik eder. Sen ağır cisimlerin büyük olmaları gerektiğini düşünme eğilimindesin çünkü *bileşik* cisimleri düşünmeye alışıksın, yani pek çok özdeş parçacıktan meydana gelen cisimleri. Büyük cisimler,



küçüklere göre daha fazla parçacık içerirler ve tabii ki daha çok parçacık olduğunda da, daha ağır olurlar. Bununla beraber, *tek* bir parçacık için küçük boyuta sahip olmak, genellikle daha büyük bir kütleye sahip olmak demektir. Elektronlar, atom çekirdeklerinden çok daha hafiftirler ve atomun çekirdek dışındaki bütün hacmi elektronlar tarafından doldurulur ki, bu hacim, küçücük çekirdekten çok daha büyüktür. Buradan da, büyüklük kavramının bir başka anlamı ortaya çıkar; atomun içindeki elektronlar, çekirdekten daha büyüktürler. Bu yaklaşım, parçacıkların kendine özgü büyüklüklerinden farklı ve daha anlaşılır bir birimden söz eder; büyüklük özelliğini çok daha kesin bir hale getirir. Tek tek elektronların büyüklüklerini hesaplamak gibi, netliği tartışmalı bir hesaba zorlanmak yerine, toplam büyüklükten çekirdeğin büyüklüğünü çıkartarak, kalan hacmin tümüne bir elektronmuş gibi bakmak, elektronu bir nokta parçacık haline getirir ve böyle olunca da tek tek elektronların *büyüklükleri* önemini kaybeder .

“Fakat,” diye karşı çıktı Scrooge. Otomatiğe bağladığı ‘kesinlikle’ kelimesi üzerine tercihini değiştirerek, bir an durdu. “Kesinlikle olmasa da,” diye devam etti, “bu bana biraz önce söylediğinizin tam tersi gibi görünüyor, öyle değil mi?”

“Muhtemelen sana biraz önce söylediklerim anlamsız görünüyordur fakat gerçek, çoğu kez önceleri anlamsız görünür. Gerçek böyle bir şeydir. Elektronun nokta parçacık olduğu doğrudur, bu bakımdan bilinen bir yapısı, kendine özgü bir boyutu ve biçimi yoktur. Ayrıca, sana daha önce de söylediğim gibi, atomun içindeki elektronlar sıkı bir biçimde yerleşmiş *değillerdir*. Orada bir yerlerde olduklarını bilirsin ve kesin olarak söyleyebileceğin tek şey de bu kadardır. Bu durumda elektronun konumu o kadar pusludur ki, aslında ne büyüklükte olduğunu söyleyemezsin. Bir bakıma, pusluluğu onun boyutudur fakat gerçek, *kendi* boyutu değildir. Çekirdek ise çok daha yerleşmiş durumdadır ve böyle olmasının nedeni de büyük kütlesidir. Bir elektron, doğası gereği, çekirdeği oluşturan diğer parçacıklardan bile daha fazla yerleşmek zorundadır. Böylesine bir yerleşme ancak elektrona enerji verilmesiyle gerçekleşebilir, hem de çok büyük miktarlarda enerji; elektronun cılız kütlesindeki enerji bir yana, çekirdeğin kütlesinde bulunan enerjiden bile fazlası. Eğer

bir elektron ışık hızına yakın bir hıza ulaştırılırsa, enerjisi arta arta elektronun kendi durgun kütleğinde bulunandan çok çok daha yüksek seviyelere yükselebilir. Bu durumda elektron hareketinin dalgaboyu çok küçük bir hale gelir ve ancak ondan sonra gerçekten çok küçük olarak, sanki boyutu yokmuşçasına görülebilir.”

Hiç fark ettirmeden normal görünüşüne dönmüş olan Palyaço, başparmağı ile işaret parmağını elektronun küçük boyutlarını göstermek için birbirlerine iyice yaklaştırdı. Sonra daha büyük bir boyutu göstermek için kollarını açtı. “Çekirdeği meydana getiren protonlar ve nötronlar ise, kendilerine ait büyüklükleri olan parçacıklardır ve pusun içinde belli belirsiz noktalar halinde değillerdir. Ne kadar hızlı hareket ederlerse etsinler, enerjileri ne kadar yükselirse ve dalga boyları ne kadar küçülürse küçülsün, hala bir boyuta sahip oldukları görülebilir. Tabii ki bütün bunlar, tamamen ‘boyut’ ile ne kast ettiğine bağlıdır. Çekirdek, tek bir elektrondan çok daha büyük, kendine özgü bir kütleyle sahiptir ve kuantum pusluluğu belirgin biçimde düşük olduğundan da gerçek boyutu görülebilir. Gördüğün gibi ‘boyut’, iki farklı anlama gelebiliyor. Kuantum pusluluğuna sahip herhangi parçacık, kendisini belli bir alana yaymış olabilir. Bu dağılım, parçacığın enerjisine bağlıdır ve parçacık momentum kazandıkça boyutu küçülür. Bir cisim, daha hızlı hareket ettikçe, azalmayan özgün bir büyüklüğe, kendine has böyle bir özelliğe sahip olabilir. Böyle bir kendine has özellik, genellikle cismin bir arada bulunan pek çok parçacıktan meydana gelmiş olması nedeniyle ortaya çıkar.

“Senin günlük hayatından aşına olduğun cisimlerin hepsinin de boyutları vardır fakat bu boyutlar pek çok atomdan meydana gelmiş olduklarından dolayı görülür. Her bir atom, cismin içinde farklı bir yerdedir ve bu nedenle de belirli bir hacmi doldururlar. Her atom kendi kuantum genliğine sahiptir ve her biri için orada bulunma ihtimalinin yüksek olduğu küçük bir hacmi işgal ederler. Her atom için farklı, küçük bir hacim vardır ve eğer görebileceğin kadar büyük herhangi bir nesnede olduğu gibi, toplam hacimde çok sayıda atom varsa, bu hacimlerin hepsi yan yana gelerek cismin boyutunu ortaya çıkartır. Elektronun kendisi çok küçük olsa da, hatta hiçbir boyutu olmasa da, o ka-

dar az enerjisi vardır ki, bulunduğu konumda görünen pusluluk, atomun neredeyse *tüm hacmini* doldurur. Bir parçacığın olasılık genliği büyük olduğunda, o alanın parçacık tarafından tamamen doldurulduğu söylenebilir. Bir alanın *parçacıklar tarafından doldurulduğunu* söylediğinde kastedebileceğin yegâne şey de bu olabilir; orası tamamen elektronlarla doludur.

.....

PARÇACIK BOYUTU

Bir parçacığın boyutu, düşündüğünüz kadar basit bir kavram değildir. Parçacık, Heisenberg Belirsizlik Bağıntısı ile ifade edilen konumundaki temel *yayılma* ve *pusluluk* nedeniyle, belirli bir hacim işgal ediyor olacaktır. Bu hacmin, bir bakıma, parçacığın "yayıldığı" bölge olduğu için, parçacığın boyutu olduğu söylenebilir. Bir atomda elektronlar, atomun tüm hacmine yayılırlarken, çekirdek göreceli olarak küçük bir bölgede yerleşmiştir.

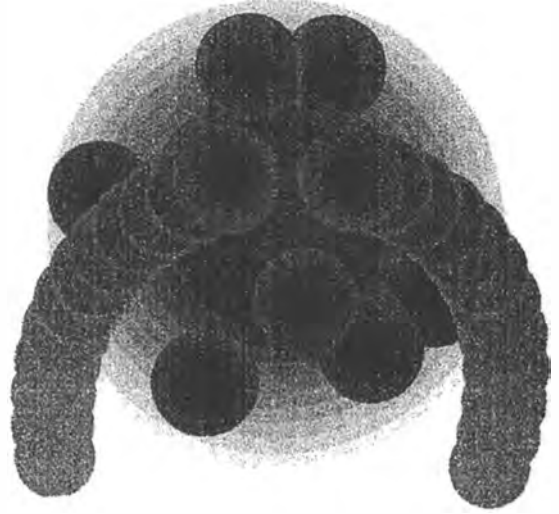
Parçacığın yayılımı momentumuna bağlıdır ve momentum arttıkça yayılma azalır. Ağır parçacıklar belirli bir enerji için daha büyük bir momentuma sahip olacaklar ve bu nedenle de daha fazla yerleşme eğiliminde olacaklardır. Bu bakımdan *küçük* ve *ağır* birbirlerine eşlik ederler. Eğer bir elektrona yeterli momentum verilirse iyice yerleşebilir, kapladığı hacim nokta haline bile gelebilir. Düşük momentumda olduğu kadar, yüksek momentuma sahip olduğunda da görünen çekirdek için ise durum böyle değildir. Çekirdeğin kendine özgü bir boyutu vardır ve bu çekirdeğin kendisinin bir özelliğidir, buna karşın elektronun kendine has bir boyutu yok gibidir. Momentumu ne kadar yüksekse, o kadar küçük görünür. Genel olarak, belirli bir boyutu varmış gibi görünen bu parçacıkların tümü de aslında başka parçacıklardan meydana gelmiş bileşik parçacıklardır.

.....

"Artık çekirdeği bıraktığımız yere dönme zamanıdır." Palyaço eğildi ve büyük bir çaba ile yerden görünmez bir şey aldı, doğrularak onu omuzlarının üstüne kaldırdı ve önünde, göz hizasında duran görünmeyen bir rafa koyar gibi yaptı. "Bu gördü-

gün çekirdek, bileşik bir nesnedir. Proton ve nötronlardan meydana gelmiştir. Proton ve nötronlar da bileşik nesnelerdir. Başka parçacıkları içerirler; kuarkları. Onlar hakkında daha sonra konuşacağız ama şu kadarını söyleyeyim ki, kuarklar da elektronlar gibidirler ve nasıl elektronlar atomun boşluklarını dolduruyorsa, kuarkların genlikleri de çekirdeğin içindeki proton ve nötronların boş hacimlerini doldurur ve böylelikle onlara boyut verir. Pek çok proton ya da nötron bir çekirdekte bir araya geldiklerinde, çekirdek de belirli bir boyuta sahip olur, tıpkı pek çok atom içeren büyük cisimlerin bir boyuta sahip olmaları gibi. Biraz önce söylediğim gibi, çekirdek için gerekli olan, küçük ve ağır olmasıdır ve böylelikle atom için bir kanca gibi davranarak, pozitif yüküyle elektronları kendisine bağlı tutabilmektedir.

“Gel! Bir atom meydana getirmek için bazı elektronlar ile hokkabazlık yapmamı izle,” diye devam etti Palyaço, bir kez daha cebine uzanırken. Havaya ya da bu garip ortamda onları saran şey her ne ise, ona doğru bir avuç elektron fırlattı ve çekirdeği koyduğu yerin etrafında dönen bir yörüngeye oturtup jonglörük yapmaya başladı. Giderrek, palyaçonun kafasının üzerinde bulanık bir hacim oluşmaya başlıyordu. Aslında bulanıklıktan başka bir şey de görünmüyör-



du. Tüm bu dönen grup, Entropinin Gölgesi tarafından daha önce Scrooge'ye gösterilen puslu kürelerden daha ayrıntılı değildi. Acaba bir atomun yapısını daha ayrıntılı olarak göremeyecek miydi? Herhangi bir biçim ya da yapısı yok muydu? Scrooge bu soruları Hayalet'e de ifade etti.

"Sana daha önce söylediğim gibi, olaylara doğru açıdan bakmak zorundasın. Uzayda elektronların konumu gerçekten pusludur ve bir atomu puslu bir küreden başka bir şey olarak görmeyi bekleyemezsin fakat bakmanın başka yolları da vardır. *Enerjiye* bakarsan, *genliklere* bakarsan, her şeyi daha net görebilirsin." Hayalet puslu elektronlar küresini yere doğru fırlattı ve tam o sırada Scrooge, bir kez daha görüşünün, kuantum havuzuna baktığında olduğu gibi, değişip netleştiğini fark etti. Önünde, yerde bir çukur vardı ve çukurun etrafındaki düz zemin, sabit sıfır enerji düzlemini gösteriyordu. Çöküntü daireseldi ve merkezi çok derindi. Çukurun kenarları görülemeyecek kadar derin olan en orta noktaya doğru, trompet ağzı gibi yumuşak şeklinde aşağı doğru bir kavisle kıvrılıyordu. Etrafta, ilkinin tamamen aynısı olan trompet ağzı şeklinde başka çöküntüler de vardı.

"İşte atomların merkezindeki çekirdeklerin elektrik yükleri tarafından meydana getirilmiş potansiyel kuyularını görüyorsun. Çekirdeğe yaklaşan bir elektron, bu kuyuya çekilecek ve potansiyel enerjisi, çekirdeğe yaklaştıkça daha da hızla azalacaktır. Potansiyeldeki bu düşüş *kuyu* olarak adlandırılır çünkü çok derinlere gitmektedir ve elektronların genlikleri bu kuyunun içine uygun olmak zorundadır.

"Elektron, atomun içindeki herhangi bir yerde olabilir ve tüm olasılıklar elektronu tanımlayan toplam genlikte bir araya gelir. Çeşitli olasılıklar çatışır, genişir ve geriye yalnızca belirli bir 'olası *durumlar* kümesi' kalır. Bunlar, kendilerini çakışma ve girişimlerle yok etmeyen olasılıklardır. Yalnızca bu olası durumlar kümesi elektronlar için sıfır olmayan olasılık dağılımları verirler. Diğer tüm olasılıklar, artık olası *değildirler* çünkü olasılıkları yoktur: sıfır olasılıklı, bir şey için hiç olasılığın olmadığı durumdur. Başka bir şekilde ifade etmek gerekirse, o kuantum durumlarında elektron bulunmaz ve oralarda hiçbir şey olmaz. Burada olup bitenler, körüklü bir kilise orgunun borularında çalabilece-

ğın sınırlı nota kümesine benzer. Orgun borusu içindeki hava molekülleri her yönde hareket ederler fakat hangi boruya yönlendirilirlerse o borunun ayarlı olduğu notayı çıkarmakla sınırlıdır. Bir atomun içindeki elektronlar da, kendileri için olası durumlardan birinde bulunmak zorundadırlar ve söz konusu durumlar, elektronların tanımladığı enerji seviyelerini sabitleyen kuantum durumlarıdır.

“Gördüğün seviyeler, atomun içindeki elektronların sahip *olabileceği* enerji seviyelerini gösterir; yani onun için mümkün olan ve *izin verilen* kuantum durumlarını. Atomun içindeki herhangi bir elektron, bu seviyelerden birinde veya diğerinde bulunur. Genelde her elektron bir seviyede bulunur ve bu seviyelerin çakışma noktalarında bulunmazlar çünkü seviyelerin hepsi tespit edilebilecek biçimde farklıdır. Seviyelerin birbiriyle çakışması ancak birbirlerine ayırt edilemez biçimde yakın olduklarında meydana gelir ve bu duruma *dejenere* adı verilir. Atomun içindeki bu seviyeler, elektronlara farklı enerjiler verirler ve böylece birbirlerinden ayrı durmaları sağlanır.

“Atomlar sonsuza kadar yaşarlar ve bir atomun içindeki elektronlar da işgal ettikleri durum ne olursa olsun uzun süre orada kalabilirler. Dolayısıyla bu durumlar *kararlı durumlar* olarak adlandırılırlar – değişmeyen ve bu nedenle de zamanla ilgili ya çok az, ya da hiç bilgi vermeyen durumlardır. Enerji seviyelerinde yer alan elektronlar zamanla sınırlı değildir ve böylece de her bir seviyenin enerjisi gayet iyi tanımlanabilir.

“Bu seviyelerden herhangi biri bir elektron tarafından işgal edilebilir. Her bir izin verilen durum bir elektron tutabilir ve farklı seviyelerdeki elektronlar da farklı enerjilere sahip olabilir. Normalde, bir elektron, mümkün olan durumlar arasında en az enerjiye sahip olana düşme eğilimindedir.”

Scrooge, potansiyel kuyusunun derinliklerinde en düşük enerji seviyesinin belirginleştiğini görebiliyor ve bir elektron tarafından işgal edildiğini izleyebiliyordu. Ayrıca, atomun potansiyel çeperindeki ışık titreşmelerini de fark ediyordu. Palyaço, bu ışık titreşmelerinin, atomun yüzeyinde bulunan ışık fotonları nedeniyle oluştuğunu söyledi. Scrooge, birdenbire, gözünün önünde bu fotonlardan birinin atomla çarpıştığını gördü. Foton yok oldu ve daha yüksek bir enerji seviyesi belirginleşerek, Scro-



oge'nin, alt enerji seviyesindeki elektronun bu seviyeye çıkışını izleyebilmesine olanak sağladı. Bu süreçte foton tamamen yok olmuştu. Tamamıyla emilmiş ve enerjisi, söz konusu elektronu daha yüksek bir enerji seviyesine yükseltmek için kullanılmıştı.

“Bu durum, elektronların dalga-benzeri doğalarının bir sonucudur. Gayet aşına olduğunu tahmin ettiğim üzere, olasılıkları gösteren dalga grafiğinin aralıkları, diğer dalgalarınkinden oldukça dardır.”

Palyaço elini cebine attı ve küçük bir düdük çıkartıp üfleyerek tiz bir ses çıkardı. Sonra aynı cebe bir kez daha uzanıp, bu kez uzun bir boru çıkarttı. Eski otobüs kornalarına benzeyen ve neredeyse kendi boyunda bir boruydu bu. Boruyu dudaklarına yerleştirerek ulumaya benzer bir ses çıkarttı. Gayet konsantre olmuş bir halde, kaşları çatık, büyük bir nefes aldı ve derin, yankılı bir ses çıkarttı. Sonra, kulağa bir tür melodi gibi gelen bir dizi kısa nota üfledi fakat her nota aynı olduğu için kesinlikle çeşitlilikten yoksundu.

Doğrulup derin bir nefes daha aldı ve sonra öne doğru eğilerek, borudan daha yüksek perdede, ince bir ses çıkarmayı başar-

dı. Bu başarının heyecanı ile borunun hala yalnızca iki nota çıkarttığı gerçeğini örtbas etme çabasıyla, heyecanlı bir av sinyali çaldı. Bu gösterinin sonunda, başını yerlere kadar eğerek selam verdi ve bir kez daha Scrooge'ye hitap etti:

“Burada farklı bir dalga türünün, *ses dalgasının*, onu içinde tutan nesnenin şekli ile nasıl sınırlı olduğunu görüyorsun. Küçük düdük, yüksek frekanslı bir ses çıkardı, çok yüksek perdeli bir ses. Buna karşılık, daha uzun olan boru, enstrümanın boyut ve şekline bağlı olarak, düşük frekanslı bir ses çıkardı. Gördüğün gibi ya da belki de duyduğun gibi, boru birden fazla nota çıkartabiliyor fakat seçenekler çok kısıtlı ve notaları yalnızca enstrüman tarafından belirlenen bu sınırlı kümeden seçebiliyorsun. Borunun içindeki hava molekülleri her yönde hareket edebiliyor olsalar da, borunun içinde oluşan ses dalgaları, yalnızca borunun akort edildiği notaları çıkartabiliyor.

“Atomun içinde yer alan elektronların durumu da bunun aynısıdır. Atomik potansiyel, her bir olası durumun genlik frekanslarını sınırlayarak belirler ve elektron enerjileri de bu frekansa göre orantılı biçimde dağılır. Her bir elektron bu durumlardan birinde veya diğerinde bulunmak zorundadır ve bu durumlar elektronun tanımladığı enerji seviyelerini sabitler.”

“Bu elektron artık *uyarılmış bir durumdadır*, yani enerjisi, olması gerekenden daha fazladır. Bu tür elektronlar tekrar en düşük enerji seviyesine inme eğilimindedirler; *taban durumuna* ve bu işlemi de, bir foton yayımlayıp fazla enerjilerini kaybederek yaparlar. Eğer elektronun bu işlemi yapabilme ihtimali varsa, bunu büyük *olasılıkla* yapacaktır. Atomun içindeki elektron durumlarının her biri yalnızca tek bir durumdur fakat salınan herhangi bir foton, yönüne ve hareketine bağlı olarak, çok, pek çok farklı durumdan bir tanesine gidebilir. Dolayısıyla, foton yayımlanması daima mümkündür. Her şey bunun olmasını destekler ve gerçekten bunu teşvik edici niteliktedir. Elektron tekrar taban durumuna inebiliyorsa, muhtemelen inecektir ve bu *muhtemelen* ihtimalinin ‘*neredeyse kesin olarak*’ anlamına geldiğini de daha önce görmüştün.

“Taban durumuna inmenin, eğer elektron bunu yapabiliyorsa, yüksek bir olasılık olduğunu söyledim. Elektron uyarılmış bir durumda başladı ve bu durum, taban durumundan farklı-

dı. Durumlar kesinlikle fark edilir biçimde farklıdırlar ve bu nedenle de aynı enerji seviyesinde değillerdir. Genlik, gerçekten *değişmek* zorundadır ve bu yalnızca eğer bir geçiş varsa ve bir şey gerçekten durumun değişmesine neden olursa meydana gelir. Bir foton tarafından taban durumundan uyarılmış duruma geçmiş bir elektron gördüğünde, bu geçişe neden olanın, söz konusu fotonla girilen etkileşim olduğunu söyleyebilirsin. Eğer elektron uyarılmış durumdayken foton ile benzer etkileşime girerse, tekrar taban duruma inebilir ve bu esnada salınan enerjiyi taşıyan bir foton daha yayımlar. Bu tür *uyarılmış ışık yayımı* durumunda, aynı enerjili iki foton vardır; bir tanesi geçişe neden olan ve diğeri ise elektrondan gelen enerjiyi taşıyan foton olur.

“Uyarılmış durumdaki bir elektronun, atomun üstüne söz konusu geçişi tetikleyecek bir ışık fotonu düşmese bile, kendi kendine daha düşük seviyeye geri indiği de görülebilir. Görünürde geçişi tetikleyecek hiçbir foton olmadığında dahi, kuantum durumları değişebilir fakat genelde bunu tetikleyenler yine fotonlardır. *Gerçek* fotonlar olmasa da, yani atomun üzerine düşen hiçbir ışık fotonu olmasa bile, *sanal* fotonlar olacaktır. Boşluk, her yerde, her zaman enerji dalgalanmalarından doğan sanal fotonlar ile doludur. Bu fotonlar etrafta uzun süre dolanmazlar fakat bir geçişe neden olmaya yetecek süre ortamda var olabilirler. Uyarılmış atomların kendiliğinden bozunması aslında bu tür sanal fotonlar tarafından meydana getirilir.

“Bir elektron yüksek enerjili uyarılmış durumundan daha düşük enerjili bir seviyeye düştüğünde, bu geçiş, bir kuantum dalgalanması olarak ödünç alınan ve başka enerjileri olmayan sanal fotonların hareketi tarafından meydana getirilir. Elektron düştüğünde, enerji kaybeder ve bu enerji bir foton tarafından taşınır. Yayımlanan foton varlığını sürdürebileceği enerjiye sahiptir ve bu nedenle görünür bir foton olarak ortaya çıkabilir. Sonuç olarak: Bırak ışık gelsin!”

Etraflarını saran karanlığın uzaklarından bir yerlerden parlak bir ışık demeti ortaya çıkıp üzerilerine düştü. Işık demetinin etrafında parlak bir hare meydana getiren ince damlacıklar, bir sis tabakasının ya da bulutun içinden geçip geliyordu. Bu geçiş, gökkuşağı gibi farklı renklerdeki bantlara bölünmüştü. Kuşağın alt yarısı dünya ile kesişmiyor ve bu yüzden de ışığın etrafında

tam bir daire meydana getiriyordu. “İşte ışığı görüyorsun, her renkteki ışığı. Aslında gökkuşağının tüm renklerini. Gördüğün renk, ışığın frekansı ile fotonların enerjilerine bağlıdır çünkü bu ikisi ilişkilidir. Belirli bir tür atomdan gelen ışığa bakacak olursan, ışık artık ‘gökkuşağının tüm renkleri’ değildir. Gaz yakan elektrikli sokak lambalarında sıkça kullanılan sodyum çok dar bir renk aralığında ışıır.”

Uzaktaki parlak ışık, beyazdan, belirgin bir sarıya dönüştü ve etrafını saran parlak harede yumuşak bir biçimde karışmış bulunan renk bantlarının hepsi siyaha dönüştü. Geriye kalan yalnızca enleri çok dar bir kaç keskin halkaydı. En göze çarpanları yoğun sarı renkteki iki parlak halkaydı, iki net ve kalın kara bantla ayrılmış olan, birbirine yakın, dar çemberlerdi. “İşte, bir atomun verdiği ışığın çizgi spektrumu. Işık herhangi bir renkte olamaz. Fotonlar yalnızca elektronların bir seviyeden diğerine geçerlerken yayımladıkları enerjiler ile salınırlar. Seviyeler belirli enerjilere sahip oldukları için, enerjilerindeki farklılıklar da belirli bir değerler kümesine sahiptir. Yalnızca bu enerjilere sahip fotonlar ortaya çıkar ve sonuç olarak da yalnızca uygun renkler görünür. Sodyum ışığı, neredeyse tüm fotonların çok benzer enerjiler ile ortaya çıkması bakımından dikkate değerdir. Yalnızca bir renk ortaya çıkar fakat nispeten soluktur. Genellikle ışık tamamen sarıdır. Bu durum, etkin bir lamba meydana getirir çünkü enerjinin çoğu gözün kolayca görebileceği fotonların meydana getirilmesine harcanır. Küçük bir enerjiyle, ışık sarı olduğu sürece, bu ışıktaki her şeyi ve her rengi net olarak görebilirsin. Eğer yalnızca sarı ışık varsa, doğal olarak tüm görebileceğin sarıdır. Ne yazık ki, insanlar sarı dışında bir şey görememekten sıkıldılar. Bu durum onları efkarlandırdı ve bu yüzden de sonunda kırmızı görmeyi tercih ederek, cıva lambaları gibi diğer ışık türlerini kullanmaya başladılar. Onların ışıkları, cıva atomlarındaki uyarılmış elektronların bozunmasından gelir.”

Parlak bantlar bir kez daha değişti; artık mavi-beyaz bir renkteydiler. Bir kez daha etraftaki hare neredeyse siyaha döndü fakat bir kaç farklı renkte dar daireler içeriyordu. “Gördüğün gibi, bu lambalar da yalnızca bir kaç renkte ışık verirler fakat kaba bir normal aydınlatma etkisi vermeye yetecek çeşitliliktedirler.”

Işık titreşti ve Hayalet’in anlatmak istediği konuya uygun hale geldi. Hayalet, Scrooge’nin önünde gördüğü potansiyel kuyu-

sunu işaret etti. Atomun içindeki mevcut enerji seviyelerini temsil eden pek çok düzlemden birinin bir elektron tarafından işgal edildiği görülebilsin diye, bu seviye netleşti. Scrooge bakarken, bu netleşme, belirli bir enerji seviyesinin açıkça görünür hale gelmesi, seviyeler arasındaki ışımaları, sonra tekrar en düşük seviyeye inışı ve sonra yine başka bir yüksek seviyeye çıkışı gösterdi. Bu tablo, elektron bir durumdan başka bir duruma geçerken, atomik olarak farklı kuantum durumlarının uyarılmasını ve bozunmasını ve bu esnada da ışık emmesini ya da yayımlamasını gösteriyordu. Palyaço, izledikleri geçiş serisine doğru bir hareket yaptı ve elektronun sonunda tüm seviyelerin en düşük olanına inişini ve orada kalışını gösterdi.

“Burada, atomun içindeki bir elektrona neler olacağından bahsediyorum. Eğer yalnızca bir tane elektron varsa, atomun içindeki tüm enerji seviyelerinin en düşüğünde olacaktır. Bununla birlikte, pek çok atom birden fazla elektron içerir. Çekirdek, elektronun sahip olduğu negatif elektrik yükünden bir kaç kat daha büyük pozitif elektrik yüküne sahiptir. Bu da çekirdeğin, atom elektrikselsel olarak yüksüz hale gelene kadar birçok elektron çekebileceği anlamına gelir ki bu noktaya geldiğinde, elektronlar çekirdek yükünün daha fazla elektron çekmesini perdeler. Şimdi, bunca elektronun her birinin, zaman içerisinde en düşük enerji seviyesinde nihayet edeceğini beklemeyiz mi?”

“Sanırım beklerdim,” diye yanıtladı Scrooge. “Şu ana kadar söylediklerinize bakılırsa, tek makul son...”

“Bu laf olsun diye bir soruydu,” dedi Palyaço, ciddi bir havada. “Doğru cevabı arıyorum ve bu durumda cevabı kendim vereceğim demektir. Cevap, elektronların hepsinin *gidebilecekleri* en düşük enerji seviyesine yerleşecek olmalarıdır fakat Pauli Dışlama İlkesi nedeniyle, hepsi *en* düşük seviyeye inemeyeceklerdir.

“Bu nedir diye sorabilir miyim?” dedi Scrooge.

“Tabii ki sorabilirsin, tabii ki! Bununla birlikte, sormana hiç gerek yok, çünkü sana zaten anlatmak üzereyim. Dışlama İlkesinin ortaya çıkma nedeni, tüm elektronların aynı olmasıdır. Benzer değil, tamamen aynıdırlar. Onları ayırt etmenin kesinlikle bir yolu yoktur. Tüm söyleyebileceğin, *hepsinin de aynı elektron olduğudur*. Bu da onları tanımlayabilmeyi zorlaştırır. İzin ver göstereyim.”

Enerji seviyelerinin engebesiz düzlemi, potansiyel kuyuları ile birlikte gözden kayboldu ve Scrooge ile Hayalet bir kez daha kendilerini hiçbir belirgin özelliği bulunmayan bir yerde buldular. Etraflarını saran renksiz pusun içinden, üzerinde parlak şeritler olan bir panayır standı süzülüp önlerinde durdu. Standın ön yüzünde 'Elektronu Bulun!' yazan bir levha vardı. Palyaço standın içine girdi ve kendinden emin bir şekilde tezgaha yaslandı.

"Gözlemde ne kadar iyi olduğunu görelim bakalım. Doğru elektronunun konumunu tahmin etmeyi dene." Hayalet, tezgahın altından üç fincan çıkarıp onları tezgahın üzerinde ters olarak koydu. Gösterişli hareketlerle uzanıp bir elektron çıkartarak Scrooge'ye gösterdi. "Bir kez daha görsen bu elektronu tanıyabilir miydin?" diye sordu Scrooge'ye.

"Hayır, tanıyamazdım!" Elektron tamamen bulanık ve özelsiz görünüyordu. "Onu işaretleyebilir miyim?"

"Saçmalama, tabii ki işaretleyemezsin. Şimdi beni, bu elektronu fincanlardan birinin altına koyarken göreceksin. Sonra diğerlerinin altına da farklı elektronlar koyacağım. Şimdi dikkatle izle!"

"Bir dakika!" diye bağırdı aklına bir şey gelen Scrooge. "Eğer sizin dediğiniz gibi, dünyadaki her şey çok sayıda atomdan oluşuyor ve atomlar da genellikle elektronlardan meydana geliyorsa, bu fincanlar neden meydana gelmiş ki? Fincanlar da çok sayıda elektron içermiyorlar mı? Bu nedenle de, içine koyduğunuz elektron, diğerleriyle karışacaktır, öyle değil mi?"

"Şunu kesinlikle idrak etmen gerekiyor ki, bu fincanlar sadece mecazi olarak varlar ve elektronlar için taşıyıcı niteliği olan bir tür potansiyel kuyusu gibi davranabilirler. Fincanlar yalnızca alegoriktirler, yani gösteriyi daha çarpıcı hale getirmek için eklenen küçük bir detaydırlar. Kendin gör!" Palyaço fincanlardan birini çevirdi ve Scrooge fincanın tabanında yazılı aşağıdaki ibareyi gördü.

Kaliteli Ekstra Alegoriden İmal Edilmiştir.

Hayalet, fincanları önündeki tezgâhta düz bir çizgi halinde sıraladı ve onları yerlerini değiştirerek karıştırmaya başladı. Eli, Scrooge'nin göremeyeceği kadar hızlı hareket ediyordu. Sonun-



da fincanlar yine hareketsiz bir halde önünde duruyorlardı. “Pekâlâ,” dedi Palyaço, “şimdi bana, ‘senin elektronunun’ hangi fincanın altında olduğunu söyleyebilir misin?”

Scrooge’nin rasgele bir fincanı işaret etmek dışında yapabileceği bir şey yoktu. Palyaço fincanı çevirip içine baktı. “Pekâlâ,” dedi zafer kazanmış bir edayla. “Kesinlikle doğru, bravo Bayım! Belki de bu şans eseri idi. Bir kez daha denemek ister misiniz?”

Kaybedecek bir şey yok gibi görünüyordu, bu yüzden Scrooge fincanlar karıştırılırken izleyip bir tanesini seçti. Seçimi bir kez daha doğruydı. Tekrar tekrar deniyor ve her defasında kazanıyordu. Hayalet’in ellerinin hareketlerini çok daha yakından izlemeye başladı ve her seferinde ilk baştaki fincan dışındakilerden bir tanesini seçiyor ve her seferinde kazanıyordu. Bu olayın giderek sinir bozucu olmaya başladığını hissediyordu. Bu tür bir oyunda her defasında kaybetmek kötüydü ama bu en azından gerçeklikle biraz daha örtüşüyordu. Fakat her zaman kazanmak, işte bu tedirgin ediciydi!

“Bu oyunda kazanmaktan başka şansın yoktur,” diye gülümsemiş Palyaço. “Hangi fincanı seçersen seç, senin elektronun her zaman onun altında olacaktır çünkü gördüğün gibi, *hepsi* senin

elektronun. Söylediğim gibi, benzer değiller, tamamen *aynılar*. Hepsi aynı. Her elektron aynı elektrondur. Bir tanesini gördüğünde, onları görmüş olursun çünkü hepsi aynıdır, hepsi de *aynı elektrondur*.

“Elektronları fincanların arasında değiş tokuş etmek de bir farkı yaratmaz. Farklı konumlarını birbirinden ayırt etmenin hiçbir yolu yoktur. Bunun *yapılamayacağını* söylemiyorum, yapmanın *hiçbir yolu* olmadığını söylüyorum. Tüm permutasyonlar aynıdır, tamamen aynı, bu yüzden de hangisini seçersen seç, *diğerlerinin aynısıdır*. Doğru bir seçimdir yani ve eğer doğruysa, ne diye öyle olduğunu söylemeyeyim ki?

“Bir şeyi seçmek için hiçbir yol olmadığında, Doğa bu işi nasıl yapabilir ki? Tabii ki doğru cevap, onun da yapamıyor olduğudur. Sistemin doğru durumu, yani kuantum durumu, elektronların atom içindeki bulunuş permutasyonlarından biri değildir, *hepsidir*. Doğa, her olası kombinasyonunun bir süperpozisyonunu (e.n. örtüşme durumunu) ve elektronların değiş tokuşunu içerir. Doğa bu davranışı, ‘bir şekilde olabilecek şeyler *olurlar*’ genel kuralı nedeniyle göstermek durumundadır. Tüm olası durumlar, bütün seviyelerin süperpozisyonlarında mevcuttur. Bu ilke, girişimi ortaya çıkarır ve kuantumun doğasındaki çalışma biçimi de budur.

“Fakat Doğa..., Pek çok elektron bulunduğunda, birbirine eklenmiş olan muazzam sayıda permutasyon bulmak zorunda kalmaz mı?”

“Tabii ki kalır. Gerçekten çok sayıdalar. Fakat ne çıkar ki? Hiçbir bedeli yoktur. Dediğim gibi, elektronlar aynı olduklarından, iki elektronu takas etmek hiçbir fark yaratmaz. Aslında bu söyledığım tamamen doğru değildir. Bir olasılık vardır; çok düşük ihtimalli bir seçenek. Bu incelikli seçenek gerçekten de belirgin bir etkiye sahip değildir; elbette maddenin, dünyanın ve evrenin büyük bir bölümünün var olmasındaki rolü sayılmazsa...”

Scrooge etkilenmemiş gibi görünmeye çabaladı. “Bu küçük seçenek nedir?” diye sordu.

“Senin de kabul etmek zorunda olduğun gibi, elektronlar aynıdır. Onlardan iki tanesini takas etmek, tespit edilebilir herhangi bir etki oluşturmaz. Bu da, elektronların *olasılık dağılımlarının* değişmemesi gerektiği anlamına gelir. Elektronları farklı ko-

numlarda ya da farklı işler yaparken bulma olasılığında kesinlikle hiçbir değişiklik olamamalıdır, aksi takdirde, onları tespit edebilmen ve tanımlaman mümkün olur.

“Eğer elektronları *iki defa* takas etmek durumunda kalırsan, doğal olarak yine hiçbir fark olmaz. Her şeyi, tekrar, tam olarak ilk baştaki hallerine getirmiş olursun. Peki, böyle yapınca, olasılık dağılımını etkilemesen de, elektronlar bir kez daha takas edildiklerinde ortadan kalkan bir değişim olabilir mi? Al sana bir başka laf olsun sorusu!” diye ekledi Palyaço, Scrooge’ye sert bir bakış atarak. Fakat Scrooge, aslında konuşmak için herhangi bir girişimde bulunmamıştı.

“Evet, bir seçenek vardır. Kuantum genliğinin *aritmetik işareti*nde bir değişiklik olabilir. Artıdan eksiye ya da eksiden artıya dönebilir. Her halükarda tersine dönebilir. Olasılık dağılımı, genliğin karesi, yani genliğin kendisiyle çarpımı ile hesaplandığından ve eksi ile eksinin çarpımı da artı olacağından, tabii ki artı ile artının çarpımı da yine artı çıkacaktır. Eğer takas *iki defa* yapılırsa ve her defasında işaret değişirse, her iki durumda da, olması gerektiği gibi başladığın yere dönersin.

“Söz konusu seçenek, genliğin işaret değiştirmesidir. Diğer bir seçenek ise genliğin işaretini değiştirmemesidir. Her iki seçenek de farklı parçacık kümeleri tarafından gerçekleştirilir ve parçacıklar bu konudaki seçimleri bakımından *iki sınıfa* ayrılabilirler. Bir parçacık sınıfı *fermiyonlar* olarak adlandırılırlar ve elektronlar bu sınıfa girerler. Onlardan *iki tanesi* takas edildiğinde genliklerinin işaretleri değişir. Diğer sınıf ise *bozonlar* olarak adlandırılır. Fotonlar bu sınıfa girerler ve *iki tanesi* takas edildiklerinde asla genliklerinin işaretini değiştirmezler. Her bir türdeki parçacıklar takas edildiklerinde *her zaman* kendi sınıflarına uygun davranışlar sergilerler. Parçacıklar, gerçekten de oldukça katı bir sınıf sistemine sahiptirler.”

“Çok ilginç olduğuna eminim,” dedi Scrooge, hiçbir heyecan göstermeden, “Fakat bunların, eğer varsa, önemi nedir? Gerçekten önemli mi?”

“Önemli mi, diye soruyor,” diye tepki verdi Palyaço, başını yukarı doğru çevirip, gözlerini, böylesine tanımsız bir mekânda olmasalardı gözlerini gökyüzüne çevirmişçesine havaya bakarak. “Evet, tabii önemlidir. İki fermiyon takas edildiğinde, örne-

ğın iki elektron, onları tanımlayan durumun genliğinde bir değişiklik olur. Dikkate değer bir değişiklik olmayabilir fakat yine de bir değişikliktir ve *her zaman* meydana gelmek zorundadır. Bütün elektronların her biri farklı enerji seviyelerindeyse büyük bir sorun yoktur; fakat eğer iki elektron da aynı kuantum durumundaysa, gerçekten *hiçbir* farklılık olmaz. Durum sana bilinecek her şeyi söyler ve eğer iki elektron aynı kuantum durumundalar ise ve sen onları takas edersen, tüm söyleyebileceğin, iki elektronun aynı durumda olduğudur. Değişiklik nerede? Farklılık nerede? Bir farklılık yoktur ama elektronların doğası gereği ve mensup oldukları birlik kuralları uyarınca, genliklerinin işareti değişmek *zorundadır*. Bir sayının tam olarak aynı olup, işaretini değiştirebilmesinin tek yolu, onun *sıfır* olmasıdır; yani var olmamasıdır. Bu oldukça ince ve mantığı altüst eden ifadenin nihai sonucu, iki elektronun *aynı durumda olamayacaklarıdır*. Bu çok önemli bir sonuçtur. İki özdeş fermiyonun aynı kuantum durumunda bulunamayacağını söyleyen de Pauli Dışlama İlkesidir.”

“Eğer elektronları ayırt etmek bu kadar zor, hatta olanaksız ise, aynı enerji seviyesinde kaç elektron bulunduğunu nasıl biliyorsunuz ki?,” diye sordu Scrooge.

“Parçacıkların özdeş olmaları, kaç tane olduklarını söylemeye engel olmaz,” diye karşılık verdi Palyaço, iğneli bir ifade ile. “Eğer tek yumurta ikizleri ile çalışırsan, hangisinin hangisi olduğunu bilemeyebilirsin fakat yandaki odada birinin mi yoksa ikisinin birden mi bulunduğundan kesinlikle emin olabilirsin. “Özdeş” insanlar arasında her zaman az da olsa farklılıklar vardır ama elektronlar aralarında hiçbir fark olmaksızın, tamamen özdeşirler fakat öyle olsalar bile, hangisinin hangi durumda olduğunu söyleyememekle birlikte, bir durumda *kaç tane* elektron olduğunu söylemek hala mümkündür. Elektronların sayısı gayet kesindir ve Pauli Dışlama İlkesi konusunda anlaşılmaz ve belirsiz hiçbir şey yoktur. Dışlama İlkesi, elektronların tercihan aynı kuantum durumunda sıklıkla bulunmayacaklarını ya da aynı enerji seviyesinde olduklarının anlaşılmasının çok zor olduğunu söylemez. Anlamı çok açıktır.”

Palyaço, etraflarını sarmış olan gri pusa doğru bir hareket yaptı. Scrooge’nin gözlerinin önünde ateşten harfler ile bir mesaj belirdi:

İki elektron aynı kuantum durumunda bulunamaz.

“Bu kuraldır. Elektronlar ve diğer fermiyonlar için mutlak ve değişmez bir biçimde geçerlidir. Bozonlar için ise geçerli değildir. Fotonlar, aynı kuantum durumunda ya da başka bir enerji seviyesinde bulunmayı önemsemezler, aslında bundan hoşlanırlar bile. Bozonlar, doğaları gereği, sürü halinde yaşarlar ve hepsinin aynı kuantum durumuna sıkıştığı samimi grup davranışlarını da severler. Fermiyonlar içinse bu imkânsızdır.”

“Bu çok önemli görünüyor,” diye kabul etti Scrooge. “Peki, elektronlar aynı kuantum durumlarında bir araya toplanırlarsa ne fark eder ki? Bir fark görür müyüm?”

“Göreceğini sanıyorum. Pauli Dışlama İlkesi’nin olmadığı bir dünya gösterimi yapayım ve farkı görüp göremeyeceğine bir bak.” Birden bulundukları gri, biçimsiz uzaydan ışınlандılar ve Scrooge kendisini, bir tarlanın köşesindeki ağaçlık korunun yanından geçen sakin bir taşra yolunda buldu. Tepesindeki mavi gökyüzünde güneş parlıyor ve çayırların kır çileği ile dolu olduğu görünüyor, meyvelerin aralarında meşgul halde hareket eden böceklerin vızıltıları duyuluyordu.

“Bana her şey çok normal görünüyor,” dedi Scrooge.

“Tabii ki öyle görünüyor. Henüz hiçbir şey değişmedi!” dedi Hayalet sabırsızlıkla. Eğer Pauli Dışlama İlkesi çalışmasaydı neler olurdu gör.” Etraflarında yoğun bir ışık parlaması oldu ve Scrooge her şeyin büzülüp çöktüğünü gördü. Görünen her cisim kendi üstüne çöküyor, gri, tozlu, tek düze, karanlık ve biçimsiz hale dönüyordu. Scrooge daha önce katı zeminden kalmış ve artık alelade bir bataklık kumu gibi görünen yere battığını hissediyordu. Karışık durumdaki manzara, belli belirsiz bir halde, tekrar Hayalet’in Scrooge ile kuantum süreçleri hakkında konuşmak için seçtiği puslu, gri mekana dönüşüyordu.

“Pauli Dışlama İlkesi tüm çeşitliliğin özüdür, gerçek dünyada gördüğün tüm çeşitliliğin. Kimyanın özüdür. Hatta gerçek dünyanın katılığının da özüdür. Katı duvarlardan neden geçemediğini hiç düşündün mü?” diye sordu birden.

“Çünkü katıdırlar,” diye yanıtladı Scrooge fakat bu cevabın kabul edilebilir olmadığını hissediyordu.

“Evet, fakat bu söylediğin, yalnızca senin duvardan geçemediğin sonucunu açıklar. Neden vücudundaki elektronlar duvar-

daki elektronlar ile karışıp birbirine harmanlanamıyor ve böylece kolaylıkla içinden geçebilmeni sağlamıyor? Nede olsa her atomun içinde pek çok elektron genliği vardır, neden bir kaç tane az olmasın ki? Elektriksel kuvvetler bu soruya bir cevap sağlamaz. Onlar büyük oranda etkisiz durumdadırlar çünkü çekirdekteki pozitif yük, uygun sayıdaki negatif elektronlar tarafından etkisiz hale getirilmiştir. Fakat eğer bir kuvvet kaldıysa, bu kuvvet yine de çekme yönünde olacak ve senin elektronlarını katının içine çekme eğilimi gösterecektir. Bu arada, daha fazla zahmete girip cevap vermeye çalışma. Sana cevabı söylemek üzereyim: Bir katıyı sıkıştırmak kolay değildir. Eline demir bir blok al ve sık. Hemen hiç etkin olmayacaktır. Yaptığın olsa olsa katının içindeki elektriksel kuvvetlere rağmen biraz daha sıkışmasına yardımcı olur fakat onların ve senin çabalarına, Pauli Dışlama İlkesi tarafından karşı konulur. Katıdaki her bir atom elektronlar içerir ve her bir atomun içindeki elektronlar da uygun kuantum durumlarında bulunur. Aynı maddenin içindeki atomlar özdeş olduklarından, her birindeki elektronlar da aynı kuantum durumlarındadırlar. Bu söylediğim, kulağa Pauli Dışlama İlkesi'nin bir ihlâli gibi geliyor olabilir –eğer elektronlar farklı atomlardaki aynı kuantum durumlarındalarsa. Pauli İlkesi, sadece *aynı atomun içindeki* elektronların aynı kuantum durumunda olmalarını engellemek üzerine bir kural değildir. Evet, elektronlar aynı atomun içinde aynı kuantum durumunda, hiçbir istisnaya meydan bırakmaksızın bulunamazlar. Bununla birlikte, farklı bir atomun içindeki benzer enerji seviyesi, aynı kuantum durumu değildir çünkü farklı atomlar aynı yerde değildirler. Eğer öyle olsalardı, kuantum durumları da özdeş olurdu ve Pauli İlkesi çalışırdı; bu yüzden de kural, atomların aynı alanı doldurmalarını da yasaklar. Genel olarak, atomlar birbiri içinden rahatça geçemezler, aslında önemli derecede direnç vardır ve bırak tek bir atomu, katılar hiç de kolay sıkıştırılamazlar, aksi takdirde, serbestçe birbirileri içine geçme olanağı bulurlardı. Bunların hepsi Pauli İlkesi sayesinde. Başka bir nedeni yoktur.

“Bu etkinin ‘belirsizlik’ etkisinden çok farklı olması, atoma özgün boyutunu verir. Bir atomdaki elektronlar çok küçük bir boyutla sınırlandırılmazlar çünkü bu durum onlara çok büyük

momentum kazandırır ve bu yüzden de kendileri için mümkün olandan daha fazla kinetik enerjiye sahip olurlar. Yine de bu süreç, bir katının içindeki tüm atomların *aynı* yerde bulunmalarını engellemez çünkü atomların içindeki elektronlar, atom bir konumdayken, başka bir konumda olduğundan daha fazla yerleşmezler. Belirsizlik ilişkisi, küçük boyut ile büyük momentumu birbirine bağlar ve atomların *boyutunu* verir; fakat fermiyonlar için geçerli olan Pauli İlkesi, atomların da hepsinin aynı yerde bulunmasını engelleyen kuraldır. Belirsizlik ilişkisi bozonlar için de aynı biçimde geçerlidir, fakat Pauli ilkesi değildir.

“Atomlar fermiyonlardan, özellikle de yoğun biçimde elektronlardan meydana gelirler. Bu atomlar da, dünyayı meydana getiren neredeyse sonsuz madde çeşitliliğini oluştururlar. Bu çeşitlilik, Pauli İlkesi sayesinde mümkündür. Yani *Kimya* sayesinde.”

12. BÖLÜM

Her Yıldıza Bir Genlik

Palyaço, elinde göz alıcı şekilde paketlenmiş ve zarif bir fiyonk ile düzgünce bağlanmış küçük bir kutu tutuyordu. Fiyongu çözdü ve sıradan bir atomun puslu elektron bulutunu ortaya çıkartmak için paketi açtı.

“Atom, kuantum dünyasının başladığı yerdir. Kuantum etkilerinin kapsa-

yıcılığının belirgin hale geldiği noktadır. Atomlardan çok daha büyük olan cisimler klasik fizik aracılığı ile tartışılabilir. Klasik fizik, gündelik ölçekte çok faydalıdır fakat atom ya da daha küçük parçacıklar ölçeğinde işe yaramaz. Bu noktadan itibaren, takip edebileceğimiz iki farklı yol vardır. Daha küçük boyutlara,



daha yüksek enerjilere, kuantum dünyasının derinliklerine, aşağılara doğru devam edebiliriz.”

Palyaçonun göstermekte olduğu atomun puslu bulutu birdenbire dışarı doğru açılmaya başlayarak, Scrooge ve Palyaço'yu da içine alacak şekilde büyüyerek genişledi. Atomun dış sınırları gözden tamamen kaybolup, tam merkezine ulaştıklarında, Scrooge Palyaço'nun elinde başka bir küçük paket daha tuttuğunu gördü. Paket kağıdının her tarafında

$^{12}_6\text{C}$ işareti yer alıyordu.

“Burada, atomun kalbine yuvalanmış bulunan ve onun içerdiği atomik türü tanımlayan çekirdek var. Çekirdek, hem boyut hem de enerji bakımından atomun görünen ölçeğinden çok farklıdır. Atomun kendisinden, yaklaşık olarak yüz bin kat daha küçüktür ve içindeki parçacıkların enerjileri de, atomun elektronlara verdiği enerjiden yaklaşık yüz bin kat daha büyüktür. Şüphesiz bu durum, ölçek bakımından büyük bir farktır. Kendisini içeren atom gibi çekirdek de bileşik bir cisimdir.”

Palyaço bu yeni paketi de açıp, bu ölçekte var oluş seviyesine ulaşabilen her cisim gibi, görünüş bakımından puslu olan fakat bir araya gelmiş pek çok parçacık içerdiği görülebilen çekirdeği ortaya çıkardı. Palyaço paketin içindekini Scrooge'ye incelemesi için gösterirken, Scrooge, kutunun içinde daha başka küçük kutular olduğunu ve üzerlerinde **p** ya da **n** sembollerinin bulunduğunu gördü. “Çekirdek ya *proton* ya da *nötron* halindeki *nükleonlardan* meydana gelir. Bu parçacıklar da bileşik nesnelerdir ve fakat farklı parçacıklar içerirler.”

Hayalet, söz konusu küçük paketlerden birini daha açtı ve onun içinden de üzerinde **u** ve **d** sembolleri bulunan başka üç paket olduğu görüldü. “Bunlar da kuarklar. Her proton ya da nötron, üç kuarkın bileşimidir.”

“Ve sanırım bu kuarklar da başka parçacıklardan meydana geliyorlar ve onlar da başkalarından ve bu böyle sürüp gidiyor,” dedi, olayların özünü anladığını hisseden Scrooge.

“Bunu söyleyemem,” diye karşılık verdi Palyaço sakince.

“Neden söyleyemiyorsunuz? Bilmiyor musunuz?” diye sordu Scrooge.

“Belki de. Ama kitabın yazarı bilmiyor, o kadarını biliyorum. Kuarkların elektronlarla aynı temel seviyede yer aldıkları görülüyor. Elektronların başka bir şeylerden meydana geldiklerini gösteren hiçbir kanıt yok. Elektronlar, kuarklar ve fotonların hepsi de, elde edilebilecek en temel seviyedeki yapı taşlarıdır. Bu durum, görülemez başka parçacıklar ‘içermedikleri’ anlamına gelmez. Çekirdeğin merkezindeki Vakum, elektrona karşılık oluşan karşı-elektronlara benzer bir takım kombinasyonlar ve sanal parçacıklar içerebilir. Eğer bir parçacık gerçekten yapı taşı niteliğinde ve başka parçacıkların bileşik bir hali değilse, hiçbir şey içermemelidir. Eğer hiçbir şey içermiyorsa, vakumda bulunan sanal parçacıkları içerebilir çünkü vakum *hiçbir şeydir*. Bu durum, parçacığın kendine özgü bir özelliği değildir. Bir bakıma, fotonların elektron ve karşı-elektron çiftleri içerdiklerini söyleyebilirsiniz. Fotonlar elektrik alanı taşıyıcıları ve temsilcileri olduklarından, elektriksel olarak yüklü sanal parçacıkların bağlanabilecekleri bir zemin sağlarlar fakat bu sanal parçacıklar, fotonların *parçacıkları* mıdır? Aslında hayır. Bu bakımdan, her parçacığın, kendi de dâhil, diğer bütün parçacıklardan meydana geldiği söylenebilir!”

Tam o sırada Palyaço, Scrooge’ye soru soran bir bakış yöneltmek için döndü. “Gerçekten parçacıkların doğasını, bu birbirine geçmiş var oluş seviyesinde sonuna kadar takip etmek istiyor musun¹ yoksa diğer yolu seçip, atomdan daha yukarı ölçeklere yönelip, içinde yaşadığın dünyanın özelliklerini inceleyerek mi devam edelim?”

“Evet,” dedi Scrooge, oldukça zayıf çıkan bir sesle. “Sanırım ikincisini de görsek iyi olacak.” O sırada, önlerinde aşağı doğru kıvrılarak giden bir atomun potansiyel kuyusunun kenarında, ortak arkaplan enerji seviyesini temsil eden düzlükte duruyorlardı.

“Her bir atomun doğası ve davranışı, elektronlarının enerji seviyeleri aralarındaki dağılımlara bağlıdır. Bir potansiyel kuyusunun elektronları içine nasıl hapsettiğini ve onları bir kaç kuantum durumunda, elektronlara izin verilen, barınabilecekleri bir

1. Temel parçacıkların Standart Modeli, bu kitabın yazarı tarafından *Parçacıkların Gelişimi* adıyla yayınlanacak kitapta ayrıntılı olarak ele alınacaktır. Kitabın üslubu da, büyük ölçüde elinizdeki kitaba benzer biçimde olacaktır.

kaç genlikteki farklı enerji seviyelerinde konuşlanmaya nasıl zorladığını gördün.

“Bir atomun içindeki elektronların sayısı, çekirdek ile belirlenir. Bir karbon atomu çekirdeği, her bir elektron tarafından taşınan negatif elektrik yükünden altı kat fazla pozitif yük taşır ve bu yüzden de, elektrik yükünü gizleyip yüksüz hale gelebilmek için altı elektron çekebilir. İster büyük ölçekteki klasik sistemde olsun, ister küçük ölçekli kuantum ölçeğinde olsun, her sistemin doğası, sonunda ulaşabileceği en düşük potansiyel enerjiye sahip olma eğilimi taşır ve bu nedenle de, eğer Pauli İlkesi olmasaydı, atomun içindeki altı elektronun hepsi birden en düşük enerji seviyesinde kalmaya çalışacaklardı. Pauli İlkesi bunu engeller ve her bir elektronun farklı bir kuantum durumunda, diğer hepsinden bir şekilde ayırt edilebilen bir enerji seviyesinde bulunmaya zorlar. Atomları anlamak için, her bir seviyesinin kaç elektron tutabileceğini bilmek zorundasındır.”

Derin potansiyel kuyusu yok olup, onun yerine aşağı doğru kıvrılarak inen bir kuyunun kesiti gibi duran, trompet şekilli, büyük bir maket belirdi. Bu maket, çeşitli seviyelerdeki enerji konumlarına karşılık gelen küçük rafları ya da sırtları tutuyordu. Diğerlerinden çok daha aşağıda olan bir seviyeden yukarılara çıkıldıkça, daha yakın aralıklarda birbiri ardına diğer seviyeler geliyordu. Her rafta, her biri bir yumurta ya da hindistancevizi şeklinde yuvarlak cisimleri dengeleyip tutmak için bir kaç küçük çukur vardı. Söz konusu parçacıkların tamamı çiğ renklere boyanmış ve yanıp sönen elektrik lambalarının oluşturduğu bir hare ile çevrenlenmişti. Bir yanda da, üzerinde yanıp sönen kırmızı harflerin bulunduğu bir tür gösterge paneli duruyor ve daha çok dijital bir saati andırıyordu.

“İşte burada atom çekirdeğinin elektrik alanı tarafından sağlanan çeşitli enerji seviyelerini görüyorsun. Yuvarla! Yuvarla! Bu alana elektronları fırlat ve bir *atom meydana getir!*” Palyaço göstergenin arkasına doğru uzanıp, büyük, şişkin, branda bezinden bir çuval çıkardı. Bu çuvalın içinden, Scrooge’nin artık elektronlar olarak tanımlayabileceğini düşündüğü nesneler çıkarttı. Bir kaçını Scrooge’ye uzattı ve Scrooge de itaatkar biçimde onları çeşitli seviyeleri olan önündeki hedefe doğru fırlattı. Scrooge peşi sıra atışlarını yaparken, Hayalet hızlı fakat kapsamlı yorumlarda bulunuyordu.

“Elektronların kendilerine özgü bir dönüşleri vardır, doğalarında olan içselleştirdikleri bir dönüşleri. Her iki yönde de dönebilirler ve *aşağı-dönüslü* ve *yukarı-dönüslü* adı verilen elektronları meydana getirirler. Bu iki durum farklıdır ve bu da aslında iki elektronun potansiyel kuyusu tarafından tanımlanan aynı kuantum durumunda bulunabileceği –bir tane yukarı-dönüslü ve bir tane de aşağı-dönüslü olarak– ve tabi Pauli İlkesine uyarak, her bir elektronun net durumunun yine de farklı olabileceği anlamına gelir. En düşük seviyede yalnızca bir tek kuantum durumu olabilir ve sonuç olarak ona zıt dönüslü iki elektron konabilir.” Scrooge’nin ilk ve ikinci atışlarının ikisi de en düşük rafa gitti. Tahtanın yan tarafındaki göstergede kısa bir süre ${}_1\text{H}$ göründü ve ardından ${}_2\text{He}$ sembolü belirdi. “Artık daha fazla elektron en düşük seviyeye gidemez, çünkü burası tamamen doldu. Elektronlar artık bir sonraki üst seviyelere gitmek zorundalar.”

Scrooge elektronları hedefe doğru fırlatmaya devam ediyordu. Üçüncü atışı diğer ikisi gibi maketin en üst rafına çarptı ve aşağı kaymaya başladı fakat bu sefer en alttan ikinci rafta durup, oraya yerleşti. Panelin görüntüsü bu sefer Scrooge’nin ${}_3\text{Li}$ atomunu, lityum metali atomunu meydana getirdiğini ilân etti.

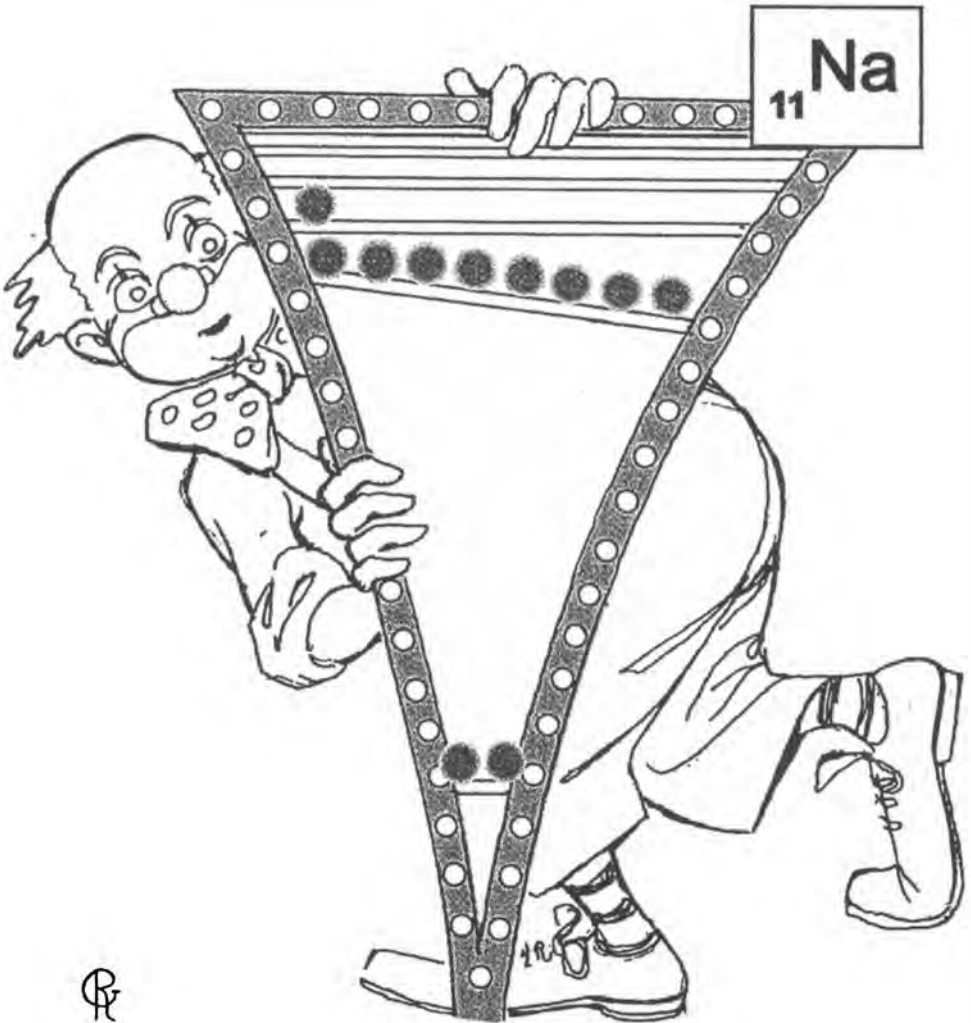
“İkinci seviye enerji bakımından biraz daha yüksek olduğu için, üçüncü elektron ilk ikisi kadar aşağıya düşmedi ve potansiyel enerjisini kaybetmedi. Ancak bulunduğu yere çok daha gevşek bağlıdır. Bu enerji seviyesinde mevcut olan çok sayıda farklı kuantum durumu vardır. Artık elektronlar için çekirdek etrafında bir miktar yörünge hareketine, bir miktar *açısal momentuma* sahip olmaları mümkündür ve yörünge hareketine sahip olan ve olmayan kuantum durumları ortaya çıkar. Hepsi de elektron için aynı enerjiyi verirler. Her bir enerji seviyesinde ne kadar açısal hareketin mümkün olduğunu hesaplamak ve sonuçta mevcut durumların sayısını saptamak için oldukça karmaşık bir hesaplama yapmak gerekir fakat sonuç, bu seviyede sekiz elektron bulunabileceği yönündedir. Bu çeşitli seviyeler genellikle *kabuk* olarak adlandırılırlar çünkü atom, elbette aslında üç boyutludur ve elektronlardan oluşan kuantum durumları, çekirdeği saran bir kabuk meydana getirirler.”

Scrooge’nin raflara doğru fırlattığı üçüncü elektrondan onuncu elektrona kadar hepsi peş peşe aynı seviyeye kaydılar.

Scrooge ikinci rafta duran elektron sırasına baktı ve ilk başta her ne kadar tamamen düz görünseler de, bu 'enerji seviyesindeki' elektronların hepsinin aynı yükseklikte olmadığını fark etti ve bu farkı dile getirdi.

"Haklısın. Potansiyel kuyusu içindeki durumlar tamamen çekirdekteki elektriksel yük tarafından belirlenirler ve her bir temel seviye, açısal momentumdan bağımsız bir şekilde aynı enerjiye sahiptir. Daha çok elektron eklendikçe, durum biraz değişir. Her bir elektron bir elektrik yükü taşır ve bu nedenle de çekirdekten yayılan elektrik alanı ile birbirlerinden bağımsız olarak etkileşime girdikleri gibi, birbirileriyle de etkileşime girerler. Diğer elektronlar üzerinde kendi elektrik yükleri tarafından meydana getirilen etki, çekirdek yükününki kadar büyük değildir fakat yine de bir etki mevcuttur ve elektron sayısı arttıkça atomlardaki elektron seviyelerini değiştirebilecek güce gelebilirler."

Scrooge'nin attığı on birinci elektron tahtada yalnızca üçüncü seviyeye kadar kaydı ve tek başına, yalıtılmış bir halde orada



kaldı. Bu esnada gösterge, Scrooge'nin şimdi $_{11}\text{Na}$ oluşturduğunu söylüyordu. "Bu atışın bizi, atomları on bir elektron içeren bir kimyasal element olan Sodyum'a getiriyor. Bunlardan on tanesi ilk iki seviyeye gittiler fakat on birinci elektron tek başına bir üst seviyede kaldı. Üçüncü enerji seviyesinde tek bir elektron kaldığından, atomla olan bağı diğerlerinden çok daha az bir kuvvetle olur. Daha da büyük atomlar meydana getirme süreci aynı şekilde devam eder. Bu üçüncü seviye de bünyesinde sekiz elektron tutabilir, bu yüzden on sekizinciden on dokuzuncuya, yani Argon'dan Potansyum'a doğru devam ederken, son elektron için enerji başka bir atlama yapacaktır. Genel eğilimin artık açık olduğunu sanıyorum."

Scrooge kendisine verilen tüm elektronları fırlatmış olduğunu fark etti ve Palyaço çuvalın ağzını bağlayıp onu tahtanın arkasına geri kaldırdı.

"Atomlar öyle bir boyuttadırlar ki, doğaları kuantum etkileri tarafından belirlenir. Daha büyük olan cisimler, senin normal diye düşündüğün, yani klasik nesneler, pek çok atomu bir araya getirerek oluşmuşlardır. Normal günlük yaşamında etrafında gördüğün her şey bir atomun boyutuyla karşılaştırıldığında oldukça büyüktür ve etrafında gördüğün cisimlerde var olan farklı atom türlerinden çok daha büyük bir çeşitlilik ve bolluk içerirler. Sonuçta çok fazla farklı atom yoktur, hepsi yaklaşık yüz tanedir ve çoğu da oldukça nadirdir.

"Sınırlı bir küçük atom kümesinin, çevrende gördüğün bütün bu dünyayı meydana getirmek için bir araya gelmesinin *iki* farklı yolu vardır. Görülebilecek kadar büyük, katı cisimleri oluşturmak için, atomları bir şekilde *çok* büyük sayılarda bir araya getirmen gereklidir çünkü atomlar *çok* küçüktür. Ayrıca, atomları farklı maddelerin yapı taşlarını teşkil eden ve aynı atomlar gibi iş gören bileşik maddeler olan *moleküller* haline getirmek amacıyla, belirli özel yollarla bir araya getirmen gerekir. Nispeten az atom türü olmasına rağmen, pek çok farklı molekül vardır. Maddelerin çoğunun özelliklerinden sorumlu olan, tekil atomlardan daha ziyade, bu moleküllerdir. İşte bu kimyadır.

"Örneğin, tuzu ele alalım." Palyaço elini cebine sokup devasa bir tuzluk çıkarttı. Ters çevirdi ve yere dökülen tuza şaşkın gözlerle baktı. Sonra yere uzanıp tuzu avuçlayarak, sol omzu

üzerinden arkasına fırlattı. Havada uçuşan beyaz tuz zerrelere, giderek pırıltılı bir metalik toza ve çok kötü görünen sarı bir gazla dönüştü.

“Tuz, sodyum klorürdür. Sodyum bir metal, klor ise gazdır. Bunların atomları, kendilerinden tamamen farklı bir madde meydana getirmek için bire bir oranında birleşirler. Peki, bunu neden yaparlar? Atomlarının bu kadar yakın bir şekilde bir araya gelip, temel birim olarak molekül, yani başka bir bileşik madde olmasını sağlayan nedir? Bir sodyum atomu ile bir klor atomuna bakalım.”

Her iki atomu temsil eden şekiller yan yana duruyorlardı. Bir tanesi Na, diğeri ise Cl olarak işaretlenmişti. Palyaço Scrooge'ye bunların sodyum ve klorun *kimyasal simgeleri* olduklarını söyledi. Raflı iki tahta koni, birbirlerine çok benzer görünüyorlardı, yalnızca klorun raflarının hepsi sodyumunkilerden çok daha düşük enerji seviyelerindeydi. Hayalet, Scrooge'ye bunun nedeninin klor çekirdeğindeki çekirdek yükünün daha büyük olması ve potansiyel çukurunun elektronları daha derinlere çekmesi olduğunu söyledi. Bir klor atomu on yedi elektrona sahipken, sodyum atomu yalnızca on bir elektron alabiliyordu ve çekirdek yükleri bunlar ile orantılıydı.

“Sodyum atomunun, üçüncü enerji seviyesinde kendi başına oturan bir elektronu olduğunu biliyorsun ve sonuç olarak bu elektron, atomdaki diğer elektronlardan çok daha yüksek bir enerjiye sahip. Kendisini çok yalnız ve açıkta hissediyor olmalı. Şimdi de klor atomuna bak. Üçüncü seviyesinin neredeyse elektronlarla dolu olduğunu görüyorsun. O enerji seviyesinin elektron kapasitesini tamamlamak için yalnızca bir elektron gerekiyor. Böylece, yüksek enerji seviyesinde tek bir elektrona sahip bir atomla, aynı seviyede kapasitesinden bir elektron eksik olan diğer bir atom görüyorsun. Bir paylaşım girmek onlar için iyi olmaz mıydı? Sodyum atomu fazla elektronunu klora bağışlama cömertliğini gösterip, klor atomunun üçüncü kabuğunu, ya da enerji seviyesini doldurup, kendisinininkini boşaltsa daha iyi olmaz mı? Bu süreçte, sistemin toplam enerjisi de azalacaktır çünkü bu tek elektron, klorun mevcut son seviyesinde, sodyumdaki ilk durumuna göre daha düşük bir enerjiye sahip olacaktır. Her iki durumda da üçüncü seviyededir fakat klordaki durum-

da daha sıkı bir biçimde bağlıdır çünkü daha büyük çekirdek yükü, tüm seviyelerin enerjisini çok daha düşük hale getirmektedir.”

Palyaço, etrafına sinsi sinsi bakarak, büyük bir soğukkanlılık içinde, inandırıcılıktan çok uzak bir çaba gösterisiyle atomların yanına doğru yaklaştı. Masumca ısıklık çalarak, sanki hiç oralı değilmiş gibi diğer yöne doğru belirgin biçimde bakarken, sözüm ona fark ettirmeden, elini arkasından uzatıp, sodyum atomunu simgeleyen maketin üst rafındaki yalnız elektronu, klordaki tek boşluğa hızla kaydırırverdi.

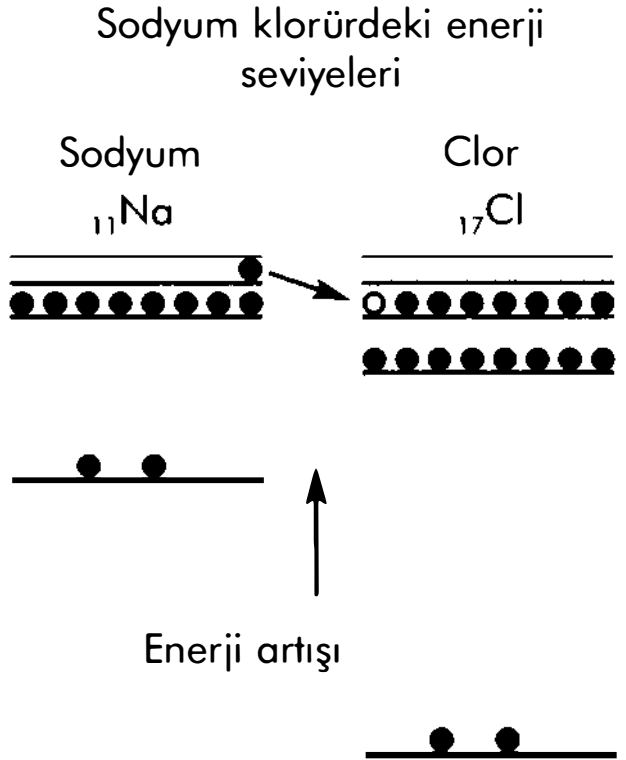
.....

ELEKTRONLARIN ENERJİ SEVİYELERİ VE KİMYA

Kimyasal davranış, atomdaki elektronlar tarafından meydana getirilir. Bir elementin doğası tamamen elektronlar tarafından doldurulan enerji seviyelerine bağlıdır, özellikle de, *valans seviyesi* olarak bilinen, elektron bulunduran en yüksek enerji seviyesine.

Kimyasal çeşitliliğin tüm engin zenginliği, bir atomun içindeki elektronlar için farklı enerji seviyelerinin varlığına ve Pauli İlkesi'nin çalışmasına bağlıdır. Pauli İlkesi her bir seviyeye gidebilecek elektronların sayısını sınırlandırır ve atomlardaki enerji seviyeleri “aşağıdan yukarıya” doğru dolarlar. Pauli İlkesi olmasaydı, tüm elektronlar en düşük seviyede kalmaya çalışır ve bütün atomlar birbirlerinin aynısı olurlardı.

Tipik bir kimyasal bağlanma örneği olarak, sodyum klorürün iyonik bağı verilebilir; yani **tuzun**. Sodyum en üst enerji seviyesinde tek bir izole olmuş elektrona sahiptir ve klor ise bir boşluğa.



Klordaki daha yüksek elektriksel çekirdek yükü nedeniyle, elektron bağlaması daha kolaydır ve seviyelerdeki enerji de daha düşüktür. Sodyum atomunun son seviyesindeki yalıtılmış elektron, klordaki boşluğu doldurmak için hareket ettiğinde enerji salınır. Sırayla olup biten budur; iyonlaşma olur, yani “yanlış” miktarda elektrona sahip atomlar ortaya çıkar.

Sonuçta, klor atomu fazladan bir elektron alıp, böylelikle negatif elektrik yüküne sahip olurken, sodyumun bir elektron eksikliği oluşur ve pozitif yüklü hale geçer. Ve elektriksel kuvvetler farklı yüklü iyonları bir arada tutarlar.

“Şimdi daha iyi olmadı mı? Toplam potansiyel enerji azaldı ve bu her zaman en fazla istenen sonuçtur. Burada gördüğün şey, pratikte gerçek sodyum ve klor atomlarına olan şeydir. Elektronların genlikleri her olasılığı inceler ve en düşük potansiyel enerjiyi veren yapıya yönelir. Bir elektron, sodyum atomundan klor atomuna hareket ettiğine göre, belli bir sebebi vardır. Sodyum atomu artık yalnızca on elektrona sahipken, çekirdeğinde on bir elektrona denk pozitif bir elektrik yükü bulunmaktadır. Klor atomu ise artık on sekiz elektron tutuyordur fakat yalnızca on yedi elektrona karşılık gelen bir çekirdek yüküne sahiptir. Her iki atom da iyonla dönüşmüştür. Artık elektriksel olarak yüksüz atomlar değildir ve pozitif yüklü bir sodyum iyonu ile negatif yüklü bir klor iyonudurlar. Yükler zıt oldukları için de birbirlerini çekerler ve böylece bileşik bir madde meydana getirmek üzere birbirlerine bağlanırlar. Ortaya çıkan bir sodyum klorür iyonudur, tuz olarak bildiğin madde. Elektriksel olarak yüklü iyonlar arasındaki elektriksel çekim tarafından bir arada tutulurlar, yani bir *iyonik bağ* ile.

“Atomların molekül halinde birleşmelerinin pek çok yolu vardır. Hepsi de tamamen dolu olmayan en dış kabuktaki elektronların, yani *valans elektronlarının* davranışlarına bağlıdır. Daha içteki kabuklarda bulunan elektronlarsa, yapabilecekleri en iyi anlaşmaları yapmışlardır ve yerlerini değiştirme eğiliminde değildirler. Bazı moleküller çok basittir, yalnızca iki atom içeren tuz molekülü gibi. Bazıları ise inanılmaz biçimde büyük ve kar-

maşıktırlar ve kimi zaman yüzlerce atom içerebilirler. Bunlar, özellikle canlı organizmalarda bulunan *organik moleküllerdir*. Sodyum ve klor kolaylıkla birleşirler çünkü onlar kimyasal etkinliğin uç noktalarıdır. Bir tanesi fazla olan tek bir elektrona sahiptir, bir tanesi de bir kabuğu doldurmak için tek bir elektrona ihtiyaç duyuyordur. Birinden diğerine bir elektron aktarmak açıkçası onların çıkarınadır. Organik moleküllerse, bir kabuğu ortasına kadar dolu olan karbon atomunun özelliklerine bağlıdır. Karbonun dört valans elektronu vardır. Boş bir kabuktan dört tane fazla ve tamamen dolu bir kabuktan dört tane eksik elektrona sahiptir. Karbon atomunun elektron kaybetmesinin mi, yoksa kazanmasının mı karbonun yararına olacağı belli değildir, bu yüzden de genellikle onları başka bir atom ile *paylaşır*.

“En basit karbon bileşiklerinden biri, karbon atomunun dört hidrojen atomu ile birleştiği metandır. Bu durumda elektronların nasıl aktarılacağı açık değildir. Eğer her bir hidrojen atomu biricik elektronunu karbona verirse, karbon kabuğu sekiz elektronla dolar ve hidrojen atomlarının hiç yalıtılmış elektronu kalmaz – aslında hiç elektronları kalmaz. Eğer karbon atomu dört elektronunu dört hidrojen atomu arasında dağıtırsa, her bir hidrojen atomunun artık ilk kabuğun tamamen doldurulmasına yetecek biçimde iki elektronu olur ve karbonun en dıştaki kabuğunda hiç elektron kalmaz. Karbon atomu hangi seçeneği yeğler? Eğer bir seviye kümesinin enerjisi diğerinden çok daha küçükse, elektronlar düşük olana doğru giderler fakat benzer enerjiler söz konusu olduğunda, seçim çok net değildir. Bu bir kuantum sistemidir, bu yüzden seçim yapmaz, ya da daha ziyade *iki-sini* de seçer! Elektronlar hidrojen atomlarındadır ve ayrıca karbon atomlarındadır da. Eğer bir elektron, ekrandaki iki delikten birden geçebiliyorsa, aynı elektronun iki atomda bulunmasında da bir sorun yoktur ve öyle de olur. Bu bir *kovalent* kimyasal bağdır ve aynı türde pek çok atom içeren karmaşık moleküller meydana getirir.

“Yüzlerce kere yüz atom içerebilen büyük moleküller bile hala çok küçüktürler. Fark edemeyeceğin kadar küçüktürler. Etrafındaki cisimler, senin gerçekten görebildiğin iğne başı gibi büyük cisimler, gerçekten çok sayıda atom ve molekül içerirler. Bu sayı o kadar büyüktür ki, pek çok madde sorunsuz bir şekilde

kesintisiz olarak görülebilir. Cisimler nasıl görünürlerse görününler, hiçbir madde her ölçekte tamamen aynı değildir. Herhangi bir kısmını yeteri kadar büyütürsen, her katı cismin birbirine yapışık olan çok sayıda molekülden oluştuğunu görürsün. Neden birbirlerine yapışıklar? Yine elektriksel çekim nedeniyle.

“Bir çekim olmasının nedeni hala açık değildir çünkü atomlar, aslında, kendi başlarına elektriksel olarak yüksüzdürler. Çekirdekteki pozitif yük, elektronlardaki negatif yükler ile dengelenmiştir ve toplam yük tam olarak sıfırdır. Bununla birlikte, elektronlar tarafından taşınan negatif yük, çekirdeğin taşıdığı pozitif yüklere *büyüklik olarak* eşit olsa da, ikisi *aynı yerde* değildirler. Pozitif yük, küçük çekirdekte yoğunlaşmış, negatif yük ise elektron bulutuna dağılmıştır. Elektriksel kuvvetler, yalnızca söz konusu elektriksel yüklerin büyüklüğüne ve boyutuna değil, aynı zamanda aralarındaki mesafeye de bağlıdır. Araları ne kadar açıksa, kuvvet de o kadar zayıf olur.

“Eğer benzer iki elektron ya da bu bakımdan iki molekül birbirine fazla yaklaşırsa, birinin varlığı, diğerindeki elektron bulutunun şeklini bozabilir. Sonuç olarak, iki çekirdekteki benzer yükler arasındaki itmeyle, iki elektron bulutundaki negatif yükler arasındaki itme, atomlardan birindeki çekirdek ile diğer atomdaki elektron bulutu arasındaki çekmeden daha küçük olacaktır. Eğer *mümkünse*, bu *olacaktır*. Çekme yönündeki kuvvetler potansiyel enerjiyi azaltırlar ve sistem değişmez bir biçimde en düşük potansiyel enerjili durumu seçer. İtme ve çekme yönündeki kuvvetler arasında küçük bir dengesizlik vardır. Bir atomdaki elektronlarla çekirdek arasındaki çekme ile karşılaştırıldığında, diğer durum oldukça küçüktür. Bir bileşikteki iyonlar arasındaki çekim ile karşılaştırıldığında bu çekim yine küçüktür ve yalnızca atomlar birbirlerine çok yakın olduklarında fark edilebilir. Ancak böyle bir durumda, atomun içindeki yüklerin farklı enerji seviyeleri üzerinde fark edilebilir bir etki oluşur. Meydana gelen kuvvet nispeten önemsizdir fakat yeterlidir. Eğer atomlar yeteri kadar yakınlarsa, birbirlerine doğru çekilip yapışırlar.”

Scrooge bir atom bulutu ile çevrelendiğini fark etti. Onları artık normal uzayda görüyordu ve yine, daha önceki gibi etrafında sürüklenen puslu küreler olarak görünüyordular. Atomlar-

dan ikisi çarpışıp birbirlerine bağlı kaldılar. Bunlara başkaları da katıldı ve sonra bir çırpıda birbirine yapışık bu toplardan büyük bir yığın meydana geldi. Gözünün önündeki manzara, daha önce Entropinin Gölgesi tarafından kendisine gösterilmiş olan bir katının iç görüntüsü gibiydi. Burada tüm atomlar bir paketin içindeki yumurtalar gibi birbirlerine yakın biçimde sokulduklarından, kendilerini, birbirlerine sıkı biçimde bağlayabilmek için düzenli bir sırada tutuyorlardı. Atom yığını giderek büyüyordu ve Scrooge'nin görüş açısı, bu büyük alanı içine alabilmek için geriye doğru çekiliyordu. Sonuç olarak Scrooge, daha az ayrıntı görebiliyordu ve tek tek atomlar daha az belliydi ama düzenli bir *kristal yapıya* otururlarken, atomların hatlarını ve sıralanmalarını hala görebiliyordu. Büyüyen cisme daha da çok atom yapıştıkça ve görüş hepsini içine alacak biçimde genişledikçe, artık tek tek atomları göremediğini fark etti. Şimdi cisim homojen ve kesintisiz görünüyordu. Kesintili yapısı artık görünür değildi ve hala cismin üzerinde yoğunlaşan artık atomlar, kesintisiz bir duman görüntüsündeydiler.

Scrooge'nin görüş açısı iyice geriye çekildikçe, önündeki cismin içindeki atomlar görülebilirlik sınırının altına inmişlerdi. Sonunda atomların toparlanması durdu ve katı bir cismin sert ve parlak yüzeyine yakın bir mesafeden bakarken, bu cismin, kendi masası üzerinde bulunan, parlak, metal, kağıtlar uçmasın diye kullandığı kağıt ağırlığı olduğunu fark etti. Hala masasının üzerinde duruyordu ve etrafı da, ofisindeki bütün tanıdık nesnelerle çevrelenmişti. Kendi çalışma bürosundaydı. Atomdan yapılmış olsunlar olmasınlar, ofisteki her şey, her zaman oldukları gibi görünüyorlardı. Scrooge memnuniyetle etrafına bakındı ve kendisine eşlik eden Palyaço'ya dönüp, "Belki atomlar bahsettiğiniz bu kuantum etkilerinin hepsini yaşıyor olabilirler fakat hayatın bildik ölçeğinde hiçbir etkileri yok gibi görünüyor."

"Yanlış! Ne münasebet," diye karşılık verdi Hayalet. "Atomların söylediğin özellikleri, etrafında gördüğün bütün dünyayı yönetir. Bu özellikler ve özellikle de atomların kimyasal davranışlarının tümü kuantum etkileri tarafından belirlenir ve etrafında gördüğün gündelik kullanım nesnelerinin hepsi bu atomlardan meydana gelip, kimyasal özelliklerini paylaşırlar.

“Kabul etmek gerekir ki, pek çok kuantum davranışı yalnızca çok küçük bir ölçekte açıkça bellidir ama o kadar da çeşitlilikten uzak değildir. Büyük ölçekte çalışabilen kuantum etkileri de vardır. Bu durum, genliklerin küçültülmesi yoluyla gösterilebilir –Gözlemin, var olan gerçek sistemi belirlediği şu muazzam işlemle. Bu etki, kuantum etkileri arasında en tuhaf olanıdır ve kayda değer mesafeler için bile çalışabilir.

“En basit gösterim, dönüş özelliklerini içerir; yani pek çok parçacığın sahip olduğu garip, içsel dönüş. Daha önce de bahsettiğim gibi, elektronların dönüşleri sıkı biçimde sınırlandırılmıştır. Eğer dönüşü herhangi bir yönde ölçersen, öyle veya böyle bir sonuç elde edersin ama ara değerleri alamazsın. Klasik olarak, bu dönüşün bir yönde olduğu sonucunu almayı beklersin ve bileşenlerin, zahmet edip seçtiğin herhangi bir eksen boyunca sıralanıp, herhangi bir değer alabildiklerini görürsün. Kuantum sistemindeyse durum böyle değildir. Yalnızca iki seçenek mevcuttur. Dönüş bileşeni ya senin seçtiğin yönü işaret eder ya da diğer yönü gösterir. Başka seçenek yoktur.”

Palyaço, bu kez elinde renkli ve büyük bir top tutuyor, Scrooge'nin az önce mikroskobik dünyada görmüş olduğu puslu parçacıkların büyük ölçekte karikatürize edilmiş bir gösterimini sunuyordu. Birden resim bulanıklaştı ve iki film karesi arasındaki geçiş gibi, topların sayısı, farklı renklerde ve birbirinden uzaklaşmaya çabalayan iki topa çıktı. Topların birbirlerinden uzaklaşma hızı oldukça yavaştı ve böylece Scrooge, her iki topun da yanlarına çizilmiş okları ve birbirlerine göre ters yönleri gösterdiklerini görebiliyordu.

“Bazen parçacıklar, iki yeni parçacık ortaya çıkarmak üzere bozunabilirler,” diye devam etti Hayalet. “Bunlar farklı yönlerde hareket ederler çünkü momentumu korumak zorundadırlar. Eğer ilk baştaki parçacığın dönüşü yoksa, doğal olarak ikinci durumda da dönüşün toplam bileşeninin sıfır olması zorunludur. Bu iki parçacığın her biri, bölündükleri bileşenin aynısını meydana getirirler; bu yüzden de, eğer bir dönüşleri olacaksa, bu dönüşün birbirini yok ederek, dönüş *toplamını* yine sıfır çıkartacak biçimde zıt yönlerde dönüş bileşenlerine sahip olmaları gerekir. Buraya kadar, özellikle garip ya da paradoks niteliğinde bir şey yoktur. İlginç olan konu, bu parçacıklardan her ikisinin birden, her iki yönde de dönüş bileşenine sahip olduklarını düşününce

ortaya çıkar. Bu bileşenlerin, herhangi bir eksen boyunca birbirilerine zıt yönde olmaları gerekir. Her iki yönde de *olabildikleri* için, elbette her iki yönde de toplam bir genliğe sahip olacaklardır. Bu durum, kuantum sistemleri için bir standarttır.”

Scrooge, karikatürize edilmiş topların her birinin üzerlerindeki yön oklarını, tıpkı aynı ekrana üst üste yansıtılan iki görüntü gibi görebiliyordu. Sonuç olarak, iki nesne de şimdi tamamen benzer görünüyordular.

“Buraya kadar her şey iyi gidiyor, ta ki, parçacıklardan birinin kendi eksenini etrafındaki dönüşü gözlemlenene kadar. Bu gözlem yapıldığı anda, parçacığın dönüş yönü tanımlı hale gelir ve iki genliğin toplamı bire iner. Bu durum, garip bir durumdur fakat daha önceki durumlarda tanımladığımız durumlardan daha garip değildir. Burada yeni olan şey, iki parçacığın dönüşlerinin zıt yönlerde olmak *zorunluluğunu* bilmemiz ve parçacıklardan biri için dalga fonksiyonu katmanları düştüğünde, otomatik olarak diğeri için de düşmesinin gerekliliğidir.”

Palyaço, aralarında artık bir kol boyu kadar mesafe olan iki parçacığın her birini yakalamak için uzandı. Uzanıp ellerini açtığında, parçacıkların üzerinde yön gösteren oklar görülebiliyor ve zıt yönleri işaret ediyorlardı.

EPR PARADOKSU

Einstein Podolsk Rosen paradoksu, bazı olayların görülebilmesi için, doğanın ışık hızından daha hızlı bir iletişime sahip olması gerektiği üzerine kurulu bir paradokstur. Durum kabaca yukarıdaki metinde anlatıldığı gibidir. Bazı parçacıklar bozunduklarında, kendi eksenleri etrafında zıt yönlerde dönen ve birbirinden uzaklaşan iki parçacık meydana getirirler. Parçacıklar zıt yönleri gösteren dönüşlere sahip olmak zorundadırlar fakat bu dönüşleri herhangi bir yönde olabilir. Kuantum mekaniğine göre, bir parçacığın dönüşü, yalnızca ölçümün yapıldığı anda belirli hale gelir. Bu ölçüm yapıldığında, her iki parçacığın dönüşleriyle ilgili de, parçacıklardan biri çok uzaklara gitmiş olsa bile, sabitlenmiş bir bilgiye sahip olunur. Her iki dönüş yönünün ölçümleri, karşılıklı olarak ilişkili olduklarını gösterir.

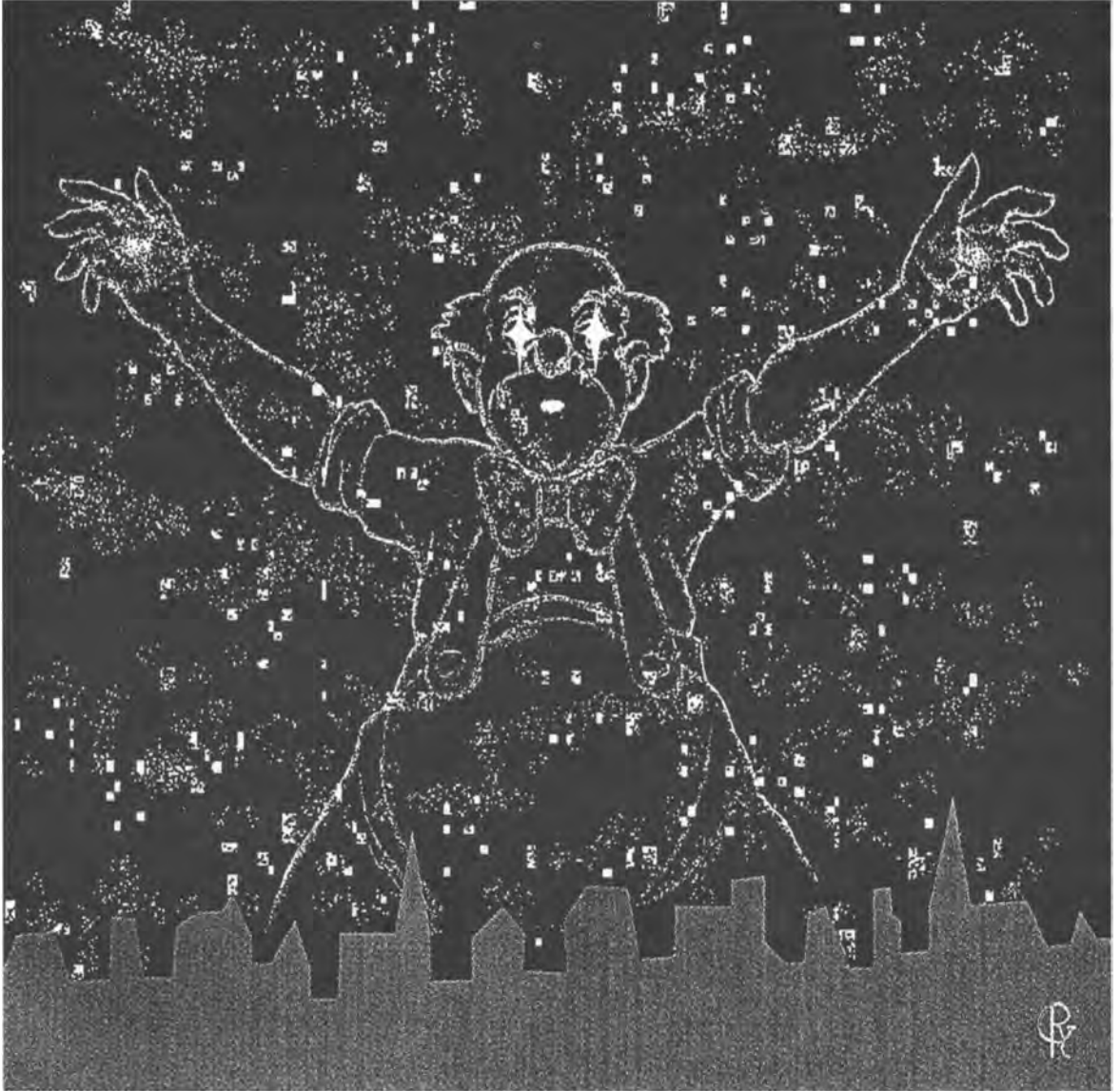
Eğer ortaya çıkan bu iki parçacık, oluşumları sırasında bir şekilde hangisinin hangi yöne döneceğine karar verebilseler ve bu bilgiyi kendileriyle birlikte taşıyabilselerdi, durum daha kolay anlaşılacaktı. İki parçacık için ölçülen dönüş yönleri, parçacıklar tarafından bağımsız biçimde karara bağlanmış olsa da, Bell Teoremi, parçacıkların taşımakta olduğu bilgiler tarafından üretilen ve aralarındaki ilişkiyi düzenleyen sınırlar olduğunu göstermektedir. Kuantum mekaniği her zaman deneyler tarafından desteklenir ve bu deneyler, parçacıklar arasında izin verilenden çok daha geniş kapsamlı ilişkiler olduğunu gösterir.

En temel gözlem, parçacıkların hep birlikte ışık hızında hareket ederken, bünyelerinde taşıdıkları ve paylaştıkları bilgileri daha da hızlı şekilde birbirlerine iletiyormuş gibi görünmeleridir. Kuantum genlikleri için ışık hızından daha hızlı tutulan bir seyir defteri söz konusu gibidir. Garip, fakat görünüşe göre böyledir.

.....

“Gerçekten etkileyici olan, söz konusu iki parçacık için genlik küçülmesinin meydana gelmek zorunda olmasıdır; üstelik *parçacıklar birbirlerinden ne kadar uzakta olurlarsa olsunlar!*” Hayalet’in sesi gayet dramatik bir nitelik kazanmış fakat bir yandan da, garip şekilde uzaklardan gelir olmuştu. Scrooge etrafına baktı fakat bir zamanlar boyut sahibi olan arkadaşına ait hiçbir iz göremedi. Bulunduğu odada, kendisi dışında hiçbir şey yokmuş gibiydi. Hayalet bir kez daha atomun mikroskobik dünyasına mı inmişti? Scrooge masasının arkasındaki pencereden dışarıya öylesine bir bakış attı ve sonra birden, ani bir hareketle pencereye doğru tekrar döndü. Dışarısı karanlıktı ve gökyüzü yıldızlarla doluydu. Bu engin astronomik arka planın üzerinde, karanlık gökyüzünde muazzam bir alana yayılmış şekilde, palyaçonun silik hatlarını görebiliyordu. Kollarını yanlara doğru açmış ve iki eliyle, ayrı ayrı iki uzak galaksiyi avucunda tutuyordu. Galaksiler birbirinden akıl almaz uzaklıktaydılar fakat yine de Palyaçoların Kollarının Uzun olması kendini göstermiş ve bu inanılmaz mesafeye rağmen galaksiler birbirlerine Palyaço tarafından bağlanmıştı.

Scrooge bu göksel gösteriye şaşkınlık içinde bakarken, Palyaço'nun görüntüsü birden gözden kayboldu ve ardından, arkadaşının onunla birlikte odada olduğunun ve bir kez daha ona ders anlattığının farkına vardı. "Bu uzun mesafeli dalga fonksiyonlarının genlik küçülmesi konusunda dikkate değer olan," diye devam etti Palyaço, "aralarında *uzay-benzeri* bir boşluk ve olaylar varken, iki farklı yerde birden meydana gelebiliyor olmasıdır! Ve bu sırada aralarında gelişen ilişki, iki parçacık arasında ışık hızında gelişen mesajlaşmadan çok daha etkilidir. Bu durum, Görecelik Teorisi ile çelişir gibi görünen bir takım yerel olmayan etkiler çıkarır. Aslında bu çelişki, görüldüğü kadar mutlak değildir. Görecelik Teorisi, hiçbir mesaj veya enerjinin bir konumdan diğerine ışık hızından daha büyük bir hızda seyahat edemeyeceğini ortaya koyar. Ancak burada bunların hiçbiri olmaz.



Enerji aktarımı yoktur, dolayısıyla teoriyi ihlâl de yoktur. Olaylara yakından bakarsan, hiçbir mesajın da iletilmediğini görebilirsin. Söz konusu durum, bilim kurgu yazarları tarafından uzun süredir araştırılan, mesajların ışık hızından daha hızlı biçimde gönderilmesinin bir yoluymuş gibi gelebilir. Daha önce sözünü ettiğimiz olasılıklar yetersizdi çünkü gerçekte, ışık hızından daha hızlı seyahat etmiyorlardı. Burada ise, ışık hızının bir sınır olmadığı görülüyor ve genlik, uzay-benzeri boşluklarla ayrılmış olayları birbirine bağlayabiliyor. Bu sefer de problem, aslında fiziksel olarak mesaj gönderemeyecek olmandır.

“Bir tür Mors alfabesi yoluyla mesaj yollandığını düşünebilirsin. Sonuçta yollanan mesaj, dönüş yönüyle ilgili basit bir bilgiyi içerecek ve söz gelimi bir nokta ve bir çizgi olarak kodlanabilecektir. Parçalardan biri için hangi dönüş yönünü seçtiğine bağlı olarak, uzaktaki parçanın tersine bir yönde döneceği gerçeğini biliyorsun. Bütün bunların hesaplanmasındaki bir takım ağır mühendislik sorunları ötesinde, aslında uzak parçanın hangi yönde döneceğine gözlem yaparak hızla karar veremeyecek olmandır –yani ‘nokta’ mı yoksa ‘çizgi’ mi geliyor, bunu zamanında göremeyecek olman. Parçacığın hangi olası durumunu gözlemlediğin *tamamen rastlantısal*dır. Seçim yapabilmenin ve sonuçta genliklerin küçülmesini *bir mesajla sağlayabilmenin* hiçbir yolu yoktur. Uzay-benzeri boşluklar arasında kurulan karşılıklı ilişkilerin varlığı, muazzam biçimde inşa edilmiştir.”

Scrooge bu etkinin kapsamı karşısında çok etkilenmişti. “Gerçekten de kuantum etkilerinin büyük ölçekteki karşılığı büyüleyici,” diye kabullendi, “İki parçacığın genliklerinin yıldızlar arasındaki uzaklıklara uzanması ve hala aynı bütünün bir parçası olması düşüncesi gerçekten hayret verici. Bu gösterdiğiniz, kesinlikle, kuantum genliğini uygulayabileceğiniz en büyük ölçekteki karşılık olmalı.”

“Aslında, HAYIR,” diye yanıtladı Palyaço. “Kuantum genliğinin bir takım belli belirsiz kuantum iplikleri ile astronomik mesafelerde birbirine bağlandığı iki parçacığın resmi, zengin içerikli ‘Birçok Dünya’ teorisi karşısında tamamen sıradan ve önemsiz bir hale dönüşür. Bu teori, genliklerin üst üste katmanları –süperpozisyonları- fikrinin, mantıksal olarak ulaştığı son noktadır. Bir elektronun, genliklerin üst üste katmanları –süper-

pozisyonları- içerisinde olabileceğini biliyoruz çünkü farklı genlikler arasında ortaya çıkarttığı kesişme ve girişimleri görebiliyoruz. Tüm elektronlar bu şekilde davranır ve bir grup elektronun ya da diğer parçacığın böyle bir süperpozisyon dahilinde var olacağını da görüyoruz. Öyle görünüyor ki, ne zaman bir sonuç veya etkinlik mümkünse, o zaman söz konusu sonucu veya olup biten her şeyi temsil eden bir genliğin bulunduğu, bütün kuantum sistemleri için genel bir kural olarak kabul edilebilir.

“Bu üst üste katmanlılık –süperpozisyon-, bir gözlem yapıldığı anda belirli tek bir duruma indirgenir ama böyle bir gözlemle nereye varabiliriz ki? Eğer dünya pek çok parçacıktan meydana gelmiş bir yapıysa ve tüm bu parçacıklar kuantum fiziğinin kurallarına göre davranıyorsa, o zaman dünya gibi çok sayıda büyük nesne de, dünyanın kendisi gibi, aynı kuralları kesinlikle takip etmek zorundadırlar. Her gözlemci de dünyanın bir parçasıdır ve bu yüzden o kişinin de aynı kuantum davranışlarını göstermesi gerektiğini iddia edebilirsin. Ne zaman bir gözlemci, dalga fonksiyonlarının üst üste katmanlarına –süperpozisyonuna- baksa, gözlemlenebilecek pek çok sonuç olduğunu görecektir. Böyle olunca da, kuantum sistemi bu sonuçlardan birini seçip mutlak hale getirmeyecek, her biri gözlemlenen belirli bir sonuca karşılık gelen durum katmanları –süperpozisyonu- olacak şekilde kümeler sunacaktır. Eğer tüm dünya kuantum ise, bu iddia sonsuza kadar sürdürülebilir ve hiçbir şey için tek olarak *meydana gelir* veya *meydana gelmez* denemez. Bu resimde dünya, içindeki hiçbir şeyin dışlanmadığı dev bir genlik olarak en iyi şekilde tanımlanır. Hiçbir şey, hiçbir olasılık, ne kadar uzak olursa olsun, hariç tutulmaz. Genellikle ‘her şey olabilir’ denir. Bu açıdan bakıldığında, büyük evrensel genliğin meşru bir parçası olarak, olamayacak ya da olmuş bitmiş hiçbir şey yoktur.

“Buna karşı çıkıp, böyle şey olamayacağını iddia edebilirsin çünkü her an yalnızca tek bir sonucun farkına vararak yaşamaktasın. Ama şöyle düşün ki, genlik, dünyadaki her şeyi üst üste katmanlar halinde bünyesinde barındırır; buna sen de dahilsindir. Senin pek çok farklı halin için, her bir etkiye karşılık farklı bir genlik olacak ve bu yüzden de her bir gözleminde tek bir sonucu göreceksindir. Bu gözlem, *senin* genliğinin o an olan duru-

muna karşılık gelen genliktir. Senin var oluş versiyonlarının her biri, diğerlerinden haberdar değildir. Böylesine karmaşık bir yapı belirgin girişim kanıtları göstermez ve bu nedenle de her biri kendisini tek hisseder. ‘Birçok Dünya’ düşüncesi, varsayımlarıyla aslında gayet ekonomik bir düşüncedir ama birden çok evren olduğu konusunda da biraz fazla savurgan görünebilir.”

Hayalet, bir yolunu bulup, bu genlikler arasındaki ayrımın saydamlaşmasını sağlamış, böylelikle Scrooge, kendisinin pek çok farklı halinin belli belirsiz farkına varabilir hale gelmişti. Sadece kendisini değil, her bir genlikte yer alan insanları, nesneleri, kısacası Scrooge’nin varlığından bir şekilde etkilenen her şeyi görebiliyor, aslında tüm Evren’in farklı hallerine şahit oluyordu.

BİRÇOK DÜNYA YORUMU

Kuantum mekaniğinin bu yorumu da, doğasından kaynaklanan bir zorluk içerir.² Bu düşüncenin merkezini oluşturan fikir, mümkün olan her şeyin, sistemi tanımlayan genlik katmanlarında bulunuyor olmasıdır. Bu fikirden kaçmak zordur çünkü genlikler arasındaki girişimlere imkân sağlar ve bu tür girişimler de açıkça görülebilir. Diğer yandan, bir şeye baktığımızda, o şeyin yalnızca bir davranış anını gördüğümüzü biliyoruz. Bu durum, dalga fonksiyonlarının gözlem ile yalnızca *bir* sonuç verecek şekilde küçülme-leri sonucunu doğurur.

Zorluk ise, kuantum sistemlerinin normalde yalnızca bir sonuç vermiyor olması ve bu durum da, ölçümü yapan her ne ise, onun bir kuantum sistemi olmadığını düşünmemize yol açmasıdır. Kuantum davranışının bir nihayete erdiği sınır çizgisi nerededir? Birçok Dünya resmi böyle bir sınırın var olmadığını ve *her şeyin* kuantum genliği katmanları ile tanımlanabileceğini söyler. Dolayısıyla, genlikler tüm olası gözlemcileri de içerisinde barındıracaktır. Bu teoriye göre, her bir gözlemcinin farklı halleri ve yaptığı gözlemin sonuçları kadar olası genlik bulunacaktır. Söz konusu kavram, ölçüm problemleri denen soruna da hakkaniyetli ve ken-

2. “Birçok Dünya” resmi, burada sözü geçen ‘ölçüm problemi’ni yorumlamak için geliştirilen farklı önerilerden sadece biridir. Bu öneri ve diğer bazı tezler, yazarın daha önceki kitabı olan *Alice in Quantumland* adlı eserinde daha ayrıntılı olarak ele alınmaktadır.

di içinde tutarlı bir yorum getirmekle birlikte, ölçüm konusunda biraz müsrif bir tarza sahip gibi görünür.

.....

Olası dünyaların sayısı gerçekten inanılmaz biçimde fazladır. Çoğu birbirinden farklıdır ama söz konusu farklar oldukça azdır. Bir tanesindeki bir atomun dönüşü, başka bir tanesindeki başka bir atomdan çok az bir farklılık gösterebilir. Bundan fazla bir fark da gerçekten çok büyük bir farka karşılık gelecektir çünkü Evreni bir yana bırakın, sadece Dünyada bile oldukça çok sayıda atom vardır. İki ya da üç, ya da dört atomun farklılık gösterdiği durumlarda, fark çok daha büyüyecektir. Böylesine küçük farklılıklar gösteren evrenlerin sayısı büyük olsa da, giderek farklılaşan yollar izleyen başka evrenler de olasıdır. Buna benzer olarak, çok küçük farklılıklarla birbirinden ayrılan çok sayıda başka durumlar da bulunabilir fakat tüm bu inanılmaz kapsamda ciddi ve şaşırtıcı farklılık gösteren bazı oluşumlar da vardır. Nasıl bir çeşitliliğin olabileceği, her ne kadar inanılmaz olsa da, pek çok dünyanın neredeyse sonsuz olasılığı içinde saklıdır. Bazı durumlarsa belirgin bir aşinalık sergileyecektir.

* * * * *

Scrooge, sandalyesini geriye iterek masanın başındaki yerinde ayağa kalktı ve yoğun bir keyifle durumun tadını çıkartarak, Finansçılar Derneği üyelerine hitap etmeye hazırlandı.

* * * * *

Scrooge'nin bu manzaradaki varlığı gerçek üstü bir durumdu çünkü gerçekte ondan geriye kalan yegâne şey, mezarlığın unutulmuş bir köşesinde bulunan, üzerine SCROOGE yazısı yontulmuş eski bir mezar taşıydı.

* * * * *

Bazı genlikler gerçekten mümkün görünmezler fakat ne kadar düşük olasılıklı olurlarsa olsunlar, büyük 'birçok evren kat-

manı' olasılığı bütününe küçük de olsa bir olasılık katkısında bulunurlar. Ne kadar inandırıcılıktan uzak olsa da, ortalıkta meydana gelebilecek hiçbir şey yokken bazı genliklerin var olduğu ve bunların 'oluş'u tetiklediği düşünülebilir.

* * * * *

Çılgık çılgılığa kendisini alkışlayan hayran kalabalığına hitab etmek üzere, bolca ışıklandırılmış sahneye doğru, büyük bir insan selinin arasından geçerek, afili bir tavırla ilerleyen Scrooge, etrafını saranların kendilerinden geçmiş şekilde 'SCROOGE, SCROOGE' diye bağıldıklarını duyuyor, hiç istifini bozmadan, listelerin başından inmek bilmeyen '*Dickens'in Torunları*' grubuyla yaptığı efsanevi turnesine devam ediyordu.

* * * * *

Tüm dünyanın kameralar gözüyle onu izlediğinin tamamen farkında olarak, merdivenin son basamağından inip Ay'ın yüzeyine ilk adımını atan Scrooge'nin şu sözleri, televizyon kanalları aracılığıyla bütün dünyaya duyuruluyordu: "İnsanlık için küçük bir adım ama şu lanet olası uzay elbiselerinin içinde, benim için fazlasıyla uzun bir yol."

* * * * *

Bazı durumlarda, farklı evrenlerdeki genlikler kesin bir biçimde birbirlerinden ayrılabilir ve aralarında girişimler oluşur. Geçmişte pek çok durumda bu genlikler gayet belirgin ve ayırt edilebilir olmuşlardı çünkü farklılıklar genellikle çok küçüktü. Bu tür durumlarda evrenlerin birbirleri üzerinde etkileri yoktu. Onlardan hiçbiri diğerinin varlığı hakkında bilgiye ya da bir farkındalığa sahip değildi. Neredeyse sonsuz olan toplam genliklerden seçilmiş herhangi bir Scrooge için, diğerleri hiç var olmamış olabilirdi. Onların her biri düşünüldüğünde, bu görülen bizim Scrooge, yani yegane *Scrooge* idi, gerçekten tek bir birey. Bu anlatılan ve evreni meydana getiren durumu gören bizler içinse, gerçek Scrooge'yi bu genliklerden hangisinin temsil ettiğini id-

dia edebilmek için hiçbir geçerli neden yoktur çünkü hepsi de büyük katmanlılığın eşit üyeleridirler. Uygulamadaki amaçların netleşmesi için ve hikâyenin devam etmesi için bir seçim yapmak zorundayız ve bu yüzden de seçiyoruz...

* * * * *

Scrooge uyandı. Bir kez dana kendi yatak odasıındaydı ve sabahın ilk ışıkları pencere storlarındaki aralıklardan sızıyordu. Sabah olmuştu. Uzun ve olaylarla dolu gece sonunda bitmişti.

SON SÖZ

Aynı Adam Değildi

Scrooge önce uyandı. Sabah olmuştu ve güneş ışıkları pencerelerini kapatan storların aralıklarından odaya sızıyordu. Sonunda gece bitmiş, kendisine bildirilen üç hayalet de ziyaretlerini tamamlamıştı. Her ne kadar ziyaretçileriyle birlikte uzayın ve zamanın sınırlarını zorlayıp gitmediği yer kalmadıysa da, bütün bu tecrü-



be onun sadece bir gecesini almıştı. Ve şimdi, gece bitmişti ve her şey normale dönmüştü. Öyle miydi acaba? Tam olarak öyle denemezdi çünkü Scrooge artık aynı adam değildi.

Usulü olduğu üzere, kesinlikle erkenden kalkmıştı ve çabuk tarafından bir kahvaltı edip apartmanından çıkarak, vakit kay-



betmeden ofisinin yolunu tutmuştu. Kesinlikle günü maddi çıkarlarına en verimli olacak şekilde kullanmak niyetindeydi. Bütün bunlara karşın, yine de Scrooge aynı adam değildi. Ofisine giderken çevresine yepyeni bir gözle bakıyordu. Başını kaldırıp bulutlarla kaplı gökyüzüne baktı (Londra'nın bu durumu da normale dönmüştü) ve bulutların ötesindeki gezegenlerin, yıldızların ve galaksilerin tümünün çeşitli yönlerde hiç durmadan hareket halinde olduklarının ve ayaklarının altında hareketsizmiş gibi duran Dünya'nın da aslında onlardan bir farkı olmadığını farkında olduğunu idrak etti. Güneş'in erken ışıklarının bulutlardan süzülüp geçişini izlerken, her gün dünyayı enerjiyle nasıl beslediğinin farkındaydı artık. Dünya üzerindeki koskoca sisteminin yürümesi için bu enerjiye ihtiyaç vardı, ta ki söz konusu enerji kullanılamaz nitelikte bir arkaplan ısısı olarak atmosfere hapsolana kadar; ve işte bu nedenle de şimdi yeni enerji kaynakları bulunması gerekiyordu. Sonra dükkan camlarına

ve metro istasyonunun çelik girişlerine bakıp, gördüğü her şeyin içeriğinin nasıl atomlardan oluştuğunu ve o atomların içinde yaşadığı tuhaf kuantum dünyasını hatırladı.

Scrooge etrafına bakınırken, arkaplanda flütüyle Kaos'un ve gelişen yapıların karmaşık namelerini çalan Pan'ı duyar gibi oldu ve yine arkaplanda evrene dair görüntülerin önünde beliren, kuantum genliklerinin her yana dağılmış notalarını gördü.

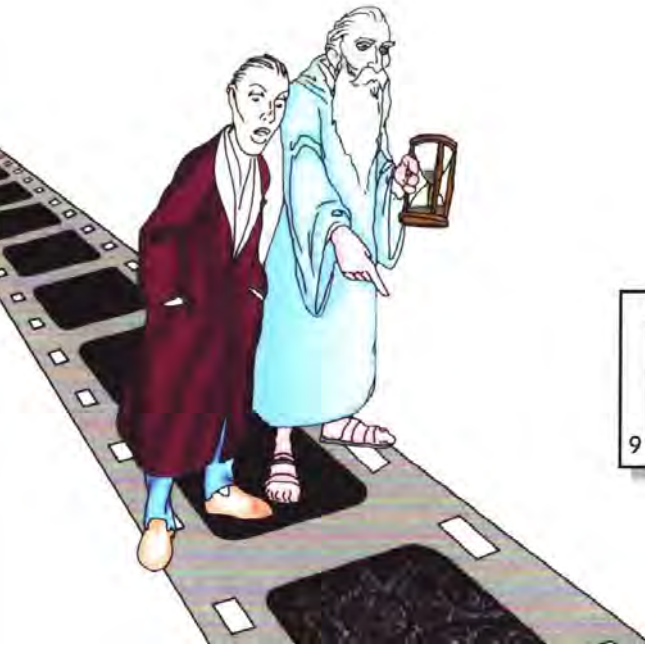
Ofisine giderken Scrooge, yolda kuzeniyle ilgili düşüncelerini değiştirmeye başlamıştı; o kuzen ki, daha bir önceki gün kendisiyle çok talihsiz bir görüşme yapmış ve büyük hayal kırıklığına uğramıştı. Önceki gün şiddetle karşı çıktığı konuyla ilgili, bu kez genç adamın büyük şaşkınlıkla karşıladığı biçimde, eline kayda değer miktarda bir bağış sıkıştırdı. Scrooge, ciddi bir işadamı olsa da, artık gerçek dünyayla ilgili yepyeni bir gerçeklik keşfetmiş ve bu dünyanın doğasına karşı büyük bir ilgi besler olmuştu. Zaman içerisinde, meslektaşları arasında bu yönüyle tanınan biri haline gelmiş ve hatta bazı kokteyl partilerde sözü geçen konuları biraz fazla uzattığı için sıkıcı bile bulunur olmuştu.

Ve rahmetli ortağı Marley'in hayaletine zamanında önermiş olduğu *Scientific American* dergisi aboneliğine de kendisi girdi.

Daha önce yayınlamış olduğumuz “**Kuarkların Büyücüsü**” ve “**Bir zamanlar Evren**” kitaplarında masal karakterlerini kullanarak madde ve ışığın temelde ne olduğunu sorgulayan tanınmış fizikçi Robert Gilmore, bu kitabında Charles Dickens'ın "Bir Noel Şarkısı" adlı romanının, huysuz ve pinti kahramanı Scrooge ile fiziğin gizemli derinliklerine bir yolculuk yapmaktadır. Bu kitapta enerji, zaman ve kuantum kendisine bilimle ilgili sırlar veren üç hayalet olarak görünmekte ve davranışlarıyla onu evrenin sırlarının içine çekmektedirler.

'Didaktik' bir üslubu olmakla birlikte tuhaf bir çekiciliği olan kitabın, herkesin anlayabileceği bir dille verdiği bilimsel bilgi, gerçekten kayda değer sürükleyicilikte. Öykü, kısa bir süre sonra huysuz Scrooge'nin öyküsü olmaktan çıkıp, gerçek bir evren öyküsüne dönüşüyor; farkında olduğumuz ama ayrıntılarını bilmediğimiz ve okurken hiç durmadan "demek ondan böyle..." dediğimiz yoğun bir bilgilenme yaşıyor.

Kitabı okuyan herkesin, içinde yaşadığımız evrenin geçmişi ve geleceği hakkında mutlaka, en az bir merakını gidereceği bir eser; belki de bilimsel konuların insanlığa sunuluşunun en çağdaş yolu...



ISBN 9944 - 344 - 55 - 5



9 789944 344555