

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>

BİR ZAMANLAR EVREN

Kozmoloji
Masalları

Robert GILMORE



ODTU YAYINCILIK

BİR ZAMANLAR BİR EVREN

BİR ZAMANLAR EVREN



Kozmoloji
Masalları

Robert GILMORE



Once Upon A Universe

Robert Gilmore

Copyright © 1995 Springer -Verlag New York, Inc.

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

Springer is a part of Springer Science+Business Media

All Rights Reserved

Translation from the English language edition:

Bir Zamanlar Evren

ISBN: 978-9944-344-47-0



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

© Tüm yayın hakları ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayınclık 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 Şubat 2008

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

ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayınclık ve İletişim A.Ş.

İnönü Bulvarı, ODTÜ Yerleşkesi 06531 ANKARA

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

Faks: (312) 210 15 49

E-posta: odtuyayincilik@odtuyayincilik.com.tr

İnternet: www.odtuyayincilik.com.tr

Sevgili aileme ve özellikle de yeni katılanlara

teşekkür

Burada, Space Telescope Science Institute'e, Hubble Uzay Teleskobu'ndan elde edilen imajları kullanmamıza izin verdiği için teşekkür etmek istiyorum. Bu görüntüleri, kitapta yer alan resimlerde arka plan bilgisi olarak kullandım. Özellikle bir tanesinin, NGC 4414 Galaksisinin görüntülerini birkaç resimde birden kullandım. Söz konusu resimleri tespit edip, hangi olaylara karşılık geldiklerini bulmak, okur için ilginç bir uğraş olabilir.

İÇİNDEKİLER



giriş

vii

ilk masal:

PRENS ile P

(Hareketin doğasını arayış)

1

ikinci masal:

PAMUK PRENSES ile PARTİKÜL kadar

KÜÇÜK İNSANLAR

(Dünyamızın derin bodrum katlarına doğru)

49

üçüncü masal:

ALİ GORİ ve GECE MAĞARASI

(Göklere dair)

91

dördüncü masal:

JACK ve YILDIZ SIRIĞI

(Uzay-zaman ve kütleçekimi)

141

beşinci masal:

UYANAN GÜZEL

(Büyük patlama ve sonrası)

187

altıncı masal:

SİNDERENDA ve YILDIZLARIN ÖLÜMÜ

(Yıldızların yaşamı ve kaderi)

233

sonsöz

(Bir şekilde sonuçlandırılmamış bir sonuç)

269

giriş

Asırlar boyunca insanlar gece gökyüzünün görüntüsüne hayran kalmışlardır. Bu görüntü, uzaklık ve ebediyet fikrinin ifadesi ola gelmiştir. Dünya'nın ötesinde bir yerlere baktığımızı bilsek de, bizim dışımızda yer alan kozmosta gördüklerimizi anlama biçimlerimiz, yüz yıllar boyunca kayda değer değişiklikler göstermiştir.

Bir zamanlar kozmos oldukça küçük algılanıyormuş. Elbette Dünya'dan büyük olduğu kavranmış ama şu bizim iyi huylu hareketsiz Dünya'mızın Evren'in tam ortasında durduğuna da kuvvetle inanılıp, Güneş'in bizim etrafımızda döndüğü ve diğer bazı gezegenlerin de gökyüzünde öylesine dolandığı düşünülmüş. Bütün bu göksel faaliyetlerin de, sabit yıldızlar tarafından çevrelenmiş, hayatlarımızın dramatik seyrini sağlamak adına ince ince işlenmiş küresel bir arka plan içerisinde cereyan ettiği sonucuna varılmış.

Dünya'nın Evren'in merkezinde olduğu nosyonu, en erken dönem dini ve felsefi görüşler arasında ortak bir nokta olmuş, bu da net olarak, insanın tüm evrenin sahibi olduğu varsayımından kaynaklanmış. Sonra Kopernikler'in, Galileo'ların ve benzeri dehaların zamanı geldiğinde, merkezi konumumuz yerle bir edilerek, merkeze Dünya değil, Güneş yerleştirilmiş. Sonra Isac Newton, bu Güneş merkezli görüntüyü, gezegenlerin yörüngelerinde nasıl döndüklerini açıklayan evrensel kütleçekim teorisile sağlam bir temele oturtmuş.

En yakındaki bir yıldızın bile uzaklığı ölçüldüğünde, Evren'in gerçekten ne büyük bir alan olduğu görülür. Newton, sonuç olarak, Evren'in sadece büyük değil, sonsuz olduğunu da

iddia etmişti. Böylece, Eski inanç sistemlerinde de benimsenen, uzayın derinliklerinin ebedi ve değişmez olduğu inancını Newton da onaylıyordu. Bu alan, şimdi bizim yıldızlarla dolu olduğunu gördüğümüz alandır. Zaman içerisinde, uzayın derinliklerinde saçılmış yıldızların da sonsuz sayıda olması gerektiği, yine Newton Teorisi'nin yardımıyla keşfedilmiş, aksi halde Evren'in kendi kütleçekimiyle, hızla merkezine doğru çökmesi gerektiği hesaplanmış. Ama eğer Evren, kendi içinde bulunan yıldızların düzenli şekilde dağıldığı bir sonsuzluksa, bu durumda kütleçekim kuvvetleri bir dengeye varacak, dolayısıyla Evren'in çökebileceği bir merkez noktası olması gerekliliği de ortadan kalkacaktır. Bu alanda Newton'un uzun süren kılavuzluğunun ardından, astronomlar, kozmos'un uzayın her tarafına, hatta geçmişe ve geleceğe doğru da sonsuz biçimde genişliyor olması gerektiğine inanmışlar. Bu Evren resminin problemi de, Olber Paradoks'u diye bilinen sorun olmuş. Söz konusu Paradoks, konuyu çok basit biçimde ortaya koyup, "Neden geceleri gökyüzü karanlıktır?" sorusunu sorar. Bu soruya hemen, "Çünkü Güneş Dünya'nın arkasında kalmaktadır," diye cevap verilebileceği düşünülebilir ama sonuçta, sorunun özünde yatan şey Güneş'le ilgili değildir. Eğer Evren sonsuz büyüklükte ve aşağı yukarı dengeli dağılmış sonsuz sayıda yıldızla doluysa, gökyüzünde baktığımız yönün hiç bir önemi olmaksızın, bakış doğrultunuzun en son noktasında eninde sonunda bir yıldız olacaktır. Bu durumda da, bakılan her noktada bir yıldız görüleceğinden, geceleri tüm gökyüzünün güneşin yüzeyi gibi parlak görünmesi gerekecektir. Eğer durum böyle olsaydı, bizim yaşamlarımız da hiç kolay olmazdı ama neyse ki vaziyet, gayet açık biçimde böyle değildir.

Olber Paradoksu'nun kaçınılmaz biçimde ortaya çıkmasına neden olan Evren tarifi, elbette ki yanlıştı. Çünkü bu tarifle Evren, değişmeksizin sonsuza dek uzanan ve yeterince zaman geçtikten sonra tüm uzaya dağılmış uzak yıldızların ışımalarıyla kaplanmış olması gereken, aydınlık bir boşluk olarak karşımıza çıkıyordu. Oysa yıldızların da sonlu bir yaşamları vardı ve daha da önemlisi, Evren'in kendisi de sonsuza kadar sürecek değildi. Bizim standartlarımıza göre çok uzun bir yaşamı olsa da, sonuçta sonsuz değildi.

Bizim şu anda gözlemlediğimiz Evren, şimdi gerçekten var olan Evren değildir. 'Şimdi' derken kastedileni tam olarak netleştirmek oldukça güçtür çünkü sürekli hareket halinde olan ve genişleyen bir uzayda, zaman kavramının göreceli olmasının yarattığı karmaşık etkilerin de ötesinde, Evren'in şimdisini göremememizin çok daha basit bir nedeni vardır; ışığın belli bir sonlu hıza sahip olması. Cisimleri görebilmemizin nedeni, onlardan çıkan ışığın bir yolunu bulup gözümüze ulaşmasıdır. Dolayısıyla, biz daima geçmişi görmekteyizdir. Aynı odada bulunan bir cisme bile baktığımızda, o cismin saniyenin birkaç milyarda birlik zaman önceki halini izliyor oluruz. Ay'a baktığımızda örneğin, onun yaklaşık bir saniye önceki durumunu görüyorsunuzdur. Yıldızlara baktığımız zamansa, bu gecikme kayda değer bir hal alır. Yıldızların uzaklıkları Işık Yılı birimiyle ölçülür ve ışığın yıldızdan çıkıp bize ulaşması için kaç yıla ihtiyaç olduğunu gösterir. Bazı uzak galaksilerin bize görünebilmeleri için, onlardan çıkan ışığın milyonlarca, hatta milyarlarca yıl uzayda ilerlemesi gerekir. Görebildiğimiz bazı en eski galaksilerin bize ulaşan görüntüleri, Evren'in ilk zamanlarındaki görüntüleri bile olabilir.

Kozmosda çok küçük nesneler de çok büyük nesneler de vardır. Büyüklük skalasında bizim bulunduğumuz yer, ortalarda bir bölgedir; atomlardan oldukça büyüğüdür ama galaksilerden de akıl almaz biçimde küçüğüdür. Elbette, gündelik yaşamımızda bu var oluş skalasının uçlarında yer alan nesnelerin pek de farkında olmayız ama skalanın en küçükler bölümünde bulunan atomlar, yaşamımızı ciddi biçimde etkilerler, zira sonuçta bizler de atomlardan yapılmış organizmalarızdır. Güneş'in farkındayızdır çünkü yaşamımız ondan bize ulaşan ışıklara bağlıdır ve şu veya bu şekilde onun gücüne ihtiyaç duymaktayızdır. Daha geniş bir perspektifte düşündüğümüzde de, yıldızlara müteşekkir olmamız gerekir çünkü bizi oluşturan elementleri ortaya çıkartanlar onlardır. Skalanın en büyükler kısmına karşılık gelen nesnelerde, en küçüklerin belirleyici etkilerini görürüz. Kuantum etkileri ve elementlerin parçacık fiziği, Evreni başlatan Büyük Patlama'da ve süregelen yıldız doğumu ve ölümlerinde oldukça önemli roller üstlenirler.

Tartışmasız biçimde kabul etmemiz gereken, daha bilmediğimiz bir sürü şeyin olduğudur. Bazen filozoflar bize, prensip ola-

rak bile bilemeyeceğimiz şeylerden bahsederler. 19.yüzyılda, gayet otoriter olarak, yıldızların ne ihtiva ettiğini öğrenemeyeceğimiz söylenmişti. Ama bu konu günümüzde artık bildiğimiz bir konu haline geldi. Yıldızlardan gelen ışıklar, bize oralarda hangi atomların ve hatta moleküllerin bulunduğunu söylüyor. Çünkü kuantum fiziği bize, enerji seviyelerini değiştiren elektronların atomdan gelen ışığa sebep olduğunu ve bu seviyelerin de her atomda farklı olduğunu açıklıyor. Işık, kusursuz frekans sıraları halinde, doğrusal bir spektrumda gelir ve çıktığı atomu tanımlayan, benzeri de olmayan bir işaret taşır. Yıldızlardan gelen ışıklar bize daha fazlasını da gösterir. Bizden hızla uzaklaşmakta olan bir yıldızdan gelen ışıklarda daha düşük frekanslara doğru bir kayma gözlenir, örneğin. *Doppler kırmızı kayması*, yıldızın bizden hangi hızla uzaklaştığını bile bulmamızı sağlar.

Büyük Patlama ile ilgili elde edilebilen ilk ip uçları, en uzak galaksilerden gelen ışıkların incelenmesiyle bulundu ve bütün evrende galaksilerin giderek bizden uzaklaştıkları, daha uzakta olanların da daha hızlı uzaklaştıkları anlaşıldı. Galaksilerin tümünün birbirinden uzaklaşıyor ve daha uzaktakilerin nispeten daha da hızlı uzaklaşıyor olması, bütün bu hareketin tek bir noktada ve aynı anda başladığını gösteriyor. Böylece, her şey Büyük Patlama'yla başladı, diyebiliyoruz. Evren'in erken dönemlerinde, bizler için hayal edilmesi bile imkansız boyuttaki, büyüklük skalasında küçüklükte ikinci sırada bulunan nesnelerin arasındaki ayrışmalar, hiç şahit olmadığımız seviyelerdeki uç değerlerde enerji ve yoğunluk taşıyordu. Çok geçmeden, yani saniyenin milyonda birinden çok daha az bir sürede Evren öyle bir duruma geldi ki, maddenin enerjisi hala normalde bizim şahit olabileceğimizin çok üstündeyken, davranışı, bugün ancak yüksek enerjiler taşıyan maddelerin doğası üzerine yapılan laboratuvar çalışmalarda uygulanan parçacık ivmelendirme deneylerinde görebildiğimiz biçimdeydi. Fizikçiler, yaptıkları bu deneyler sonucunda, o zamandan bugüne Evren'in nasıl gelişmiş olabileceğini hesaplayabiliyorlar. Evren'in sürekli geliştiğini, uzayda serbest parçacıkların dolandığı zamanlardan başlayıp, çekirdeğin ve atomun oluşması ile devam eden ve sonunda maddenin yıldızları ve galaksileri meydana getirecek biçimde yoğunlaşmasıyla süren bütün evrelerini saptamış bulunuyorlar.

Hesaplamalar sonucunda buldukları sayılar, şaşırtıcı biçimde bugün gözlemle ölçebildiğimiz değerlerle örtüşüyor. Hafif elementlerin Evren'deki dağılımı aynen hesaplamalarda öngörüldüğü gibi çıkıyor. Atomların biçimlendiği Evren'in erken dönemlerinde büyük bir ışık parlaması olduğu ve bu parlamanın bugüne gelene dek giderek sakinleştiği ve söz konusu ışığın, evrenin genişlemesi sonucunda, dalga boyu uzayacak şekilde esnediği, artık bilinen gerçekler arasında. Şimdilerdeyse bu ışık, sadece bir arka plan mikro dalga radyasyonu olarak uzayı dolduruyor ve her yönden aynı biçimde benzer enerji seviyelerinde tayflarla geliyor ve de bütün bu gözlemler, yapılan hesaplamaları bire bir doğruluyor.

Evren büyük bir alan ve içerisinde keşfedilmeyi bekleyen yığınla muazzam konu var. Hâlihazırda bilebildiğimiz kadarı bile yeterince kayda değer.

Robert Gilmore
Ağustos 2003

ilk masala giriş

"Evvel zaman içinde, Evren diye bir şey yokmuş," diye başladı Masalcı. Sonra bir süre durup düşündü.

"Hayır, bu doğru değil," diye düzeltti söylediğini. "'Evvel zaman içinde,' diyemem çünkü Zaman ve Mekân, Evren'deki tüm oluşumlar gibi, onunla birlikte başlayıp, onunla birlikte geliştiler. Anasız babasız doğdular yani; ebeliği kim yaptı, kim bilir?"

Büyük bir dikkatle Masalcıya kulak kesilmiş olan dinleyicileri birbirlerine baktılar. "Böyle bir şey nasıl olabilir anlamıyorum!" diye haykırdı sonunda Rachel. "Zaman her daim olmak zorundadır. Zaman hep var! (Rachel'in hayli genç biri olduğu belli oluyordu.) Zamanın olmadığı bir durumda, herhangi bir şey nasıl olabilir ki?"

"Evren'in, 'Büyük Patlama' (Big Bang) dediğimiz dramatik şekilde ortaya çıkışından önce, herhangi bir şeyin olduğuna inanman için hiçbir neden yok. Bildiğimiz her şey ve bilebileceklerimizin de hepsi, Büyük Patlama'dan sonra olmuştur. Ondan sonra olanların hepsi tabii ki varoluşlarını içinde tamamladıkları bir zamana ihtiyaç duymuşlardır ama Zaman, ancak o patlamadan sonra kullanılabilir hale gelmiştir. Büyük Patlama, sahneyi – mekânı ve zamanı – ve de bütün parçaların rol dağılımını yaparak, etrafımızı saran gerçekliği yarattı. Bu parçacıkların, oluşumlarından sonraki hareketleri de, nihayet bizi bugün bulduğumuz noktaya getirdi."



"Sözünü ettiğim hareketler çok önemli olduğundan, size ilk olarak, hareketin doğasını betimleyen bir masal anlatarak başlayacağım."

"Neden?" diye sordu Adam. "Neden bize doğrudan Büyük Patlama'nın kendisini anlatan bir masalla başlamıyorsunuz ki?"

"O, daha sonra anlatılmalı," diyerek, kararlı bir cevap verdi Masalcı. "Büyük Patlama, tüm Evren'in başlangıç noktası olduğundan, neyin başladığını bilmeden başlangıçtan bahsetmek pek anlamlı gelmiyor bana. Kafanızı daha beter ümitsizce karıştırmak istemiyorum."

"Yani, şimdi bize, Evren'in şu anda nasıl olduğunu mu anlatacaksınız?" diye sordu Elizabeth, biraz daha emin olmak için.

"Hayır, tam olarak o da değil," diye karşılık verdi Masalcı. "Zaten Evren'in şu anda nasıl olduğunu söylemem de pek mümkün değil, çünkü tüm Evren hakkında 'şimdi'den bahsetmenin mantıklı bir yolu yok. Yıldızları düşünün." Masalcı son sözünü söylerken

dikkatle dinleyicilerine bakıyor, onların hayal güçlerini kontrolü altında tutmayı amaçlayarak, zihinlerindeki bulutları aralayıp gecenin karanlık gökyüzüne bakmalarını sağlıyordu. Gök kubbenin uzak derinliklerinde sayısız yıldız parıltıyor, yıldızlar her yeri kaplıyordu.

“Şimdi, etrafımızı saran Evren’in sadece küçük bir kısmını görüyorsunuz, ama bu gördüğünüzün, Evren’in şu andaki hali olduğunu sanmayın sakın. O yıldızlardan gelen ışık huzmelerinin size ulaşması öyle uzun bir zaman almıştır ki, siz şimdi onları yıllar önceki, binlerce, hatta milyonlarca yıl önceki halleriyle görüyorsunuzdur; dünyamızdan dışarıya doğru bakarken, değişen kozmosdaki değişik zaman dilimlerini görüyorsunuzdur. Bu değişim, zamanın, mekânın ve hareketin doğasını içerir.

“Evren hakkında işe yarar konuşmalar yapmadan önce, uzay ve zaman, ve bunların hareket ile nasıl şaşırtıcı biçimlerde bağlantılı olduğu üzerine bilgiye sahip olmanız gerekir. Hareketin ne demek olduğunu, neyin hareket ettiğini ve neyin durduğunu ve bunun aslında sorabileceğiniz bir soru olup olmadığını düşünmeniz icap eder. İşte bu nedenle, ilk masamız hareket ve değişim üzerine, cisimlerin nasıl hareket ettiği ve hareket ettiklerini nasıl gördüğümüz hakkında olacak. Bu masal, hız hakkında, enerji ve devinim (momentum) hakkında ve dolayısıyla da Zaman ve Mekân hakkında; Prens ile P’nin masalı olacak.”

“Pe mi? Pe de nesi? Hareketle bunun ne ilgisi var?” diye sordu Jordan kafası karışmış biçimde.

Masalçı bu fütursuzca soru karşısında rahatsız olmuştu. “P’ harfi hemen hemen dünyanın her yerinde momentumu göstermek için kullanılan bir semboldür ve benim kastettiğim P de bu P’dir. Otur da masalı dinle!” Sonra boğazını temizledi, koltuğunda daha rahat bir pozisyon aldı ve masalını anlatmaya başladı.

“Kralın birinin üç oğlu varmış ve bu krallıkta adet olduğu üzere, kralların erkek çocukları belli bir yaşa gelince babalarının

huzuruna çıkarak ondan bir görev alıp, bu görevi başarmak zorunda sayıldığından, zamanı geldiğinde bizim kral da, en genç oğlunu ona bir görev vermek için huzuruna çağırtmış...

ilk masal:

PRENS *ile* p

(Hareketin doğasını arayış)

Prens Kevin sessizce babasının taht odasına girdikten sonra bir süre saygıyla orada beklemiş. Kral, sırtı delikanlıya dönük biçimde pencerenin önünde durmuş, dalgın dalgın dışarı bakıyormuş. Kevin bakmış olacak gibi değil, babası onun farkına varmamış, kibarca öksürerek varlığını belli etmiş. Bunun üzerine kral yüzünü oğluna dönmüş.

“Ah, evet, oğlum. Biliyorsun vakit geldi. Özel yolculuğuna çıkacağın zaman gelip çattı; tahta çıkmadan önce yapmak zorunda olduğun görevini tamamlaman gerek.” Kral oğluna bu giriş cümleleriyle hitap ettikten sonra, “Her neyse, baban ve kralın olarak, senden hareketin doğasını keşfetmek için bir yolcuğa çıkmanı istiyorum,” demiş.

“NE?” diye haykırmış prens, bariz biçimde biraz öncesine göre daha az saygılı bir edayla, “Ne saçma bir görev bu? Ejderhaları öldürüp sihirli yüzükleri arama ve diğer şeylere ne oldu? Bilirsin işte, alışıldık türden görevleri söylüyorum,” diye sürdürmüş itirazını.

Kral kederli bir biçimde bakmış oğluna ve “İyi, güzel söylüyorsun da, büyük ağabeyin George’u yanımızdaki ülkeyi tehdit

eden ejderhayı öldürmeye göndermiştim, biliyorsun, o harika çocuğu, kardeşin George'u," demiş hatıralara dalarak. "Bir aslan kadar cesurdu ve yalandan hiç hoşlanmazdı. Ejderhanın karşısında dikilmiş ve onu savaşıma zorlamıştı. Müthiş bir çocuktu.

"Ejderha da onu yemişti, değil mi Baba?" demiş Kevin.

"Evet, maalesef öyle olmuştu," diye içini çekmiş kral. "Her neyse, küçük ağabeyin Casper çok daha farklı bir çocuktu. Daha kurnaz bir karakterdi. Zekiydi. Hatta bazı insanlar onu biraz şeytani bulurlardı. Onu da Batı Çölleri Cadısı'nın sihirli yüzüğünü bulmaya göndermiştim."

"Peki, başarılı oldu mu baba?" diye sormuş Kevin. Cevabı zaten biliyormuş ama babasını dinlediğini göstermek istemiş.

"Ah, evet. En azından, anladığım kadarıyla görevi başarmış; bir şekilde, cadının dikkatini dağıtıp onu yakalamış..."

"Sonra da onu yüzyıl boyunca hapis kalacağı dev bir meşe ağacının içine kapatmış, değil mi baba?"

"Evet, öyle bir şey yapmış. Pek akıllıca olmamakla birlikte, sonuçta görevi yerine getirmişti işte. Toprağın, Ateşin, Suyun ve Havanın güçlerine hükmeden ve dünyanın tüm zenginliklerinin kapısını açan cadının sihirli yüzüğüne sahip olmuş, böylece de kendisine verilen görevi tamamlayıp geri dönerek kraliyet tahtını istemeye hak kazanmıştı." Bunları söyledikten sonra kral tekrar pencereye dönüp, çevresi karanlık ve sık ormanla sarılmış, toprakları pek de verimli olmayan bir vadide kurulu ülkesine bakmış.

"Ama bir daha geri gelmedi, değil mi baba?" diye sormuş Kevin, usulca.

Kral öncekinden daha da derin bir iç çekerek, "Hayır, oğlum. Hiç gelmedi. İşte bu yüzden seni, başaramazsan çok tehlikeli olmayan, başarırsan da fazla bir ödül olmayan bir göreve göndermek istiyorum. Haydi, şimdi işe koyul ve elinden geldiğince de hızlı ol."

Kevin babasının huzurundan ayrılır ayrılmaz hemen seyahat giysilerini giymiş ve yola koyulmuş. Kale burçlarının dibindeki tarlaları geçip, içinde düzgün bir yol olmadığı bilinen ve ilk bakışta geçit vermez gibi görünen ormanın derinliklerine doğru ilerlemeye başlaması fazla zamanını almamış. Küçük çalılar arasında kısa bir süre ilerledikten sonra kendisini belli belirsiz bir

patikayı izlerken bulmuş. Bu patika, onu devasa ağaçların arasındaki dolambaçlı bir yola çıkarmış. Yol, Kevin'in attığı her adımda daha belirgin bir hale geliyormuş. Zamanla, adımlarının altındaki yeşil zemin, giderek sert kayalardan oluşan bir yüzeye dönüşmüş. Kevin başka bir dönemeçten döndüğünde, izlediği patikanın dik bir yokuş halinde önünde yükseldiğini görmüş. Yokuşun tepesinde de, siyah cüppeli, uzun boylu, kambur bir adam duruyormuş. Köşeli yüz hatları ve alınının ileriye doğru çıkık oluşu, adama alıcı bir kuş havası veriyormuş. Genç prens büyük bir çabayla yokuş yukarıya, adamın durduğu yere doğru tırmanırken, o da alaycı biçimde Kevin'i izliyormuş.

"İyi günler," diye selamlamış adamı Kevin, kibarca. Kendisinden büyük olan insanlara ve aslında diğer bütün insanlara karşı da kibar olmayı öğrenmişmiş çünkü sarayda. "Kim olduğunuzu bana bahşeder misiniz, lütfen?"

"Genellikle adım Dominie olarak bilinir, oğlum. Ama sen istersen bana Pedagog diyebilirsin, ya da kendini daha iyi hissedeceksen, Öğretmen de diyebilirsin. Ama ben Dominie'i tercih ederim. İstersen 'Efendim diye de hitap edebilirsin. Benim işim ve en büyük zevkim, bilgi peşinde dolaşanlara, aradıkları bilgiyi sağlamaktır." Kevin bunu duyduğuna çok mutlu olmuş çünkü aldığı görevi çabucak tamamlayıp geri dönebileceğini düşünmüş. Muhtemelen öğle yemeği vaktinde kaleye geri dönmüş olacağını bile hayal etmiş.

"Ben, hareketin gerçek doğasını öğrenmek istiyorum," demiş, heyecanla. "Bana bu konuda yardımcı olur musunuz, lütfen?"

"Ah, evet, sana yardımcı olabilirim ya da en azından bu konuyu öğrenmeye başlamanı sağlayabilirim. Kalıcı öğrenme için, insanın konuları kendi kendisine öğretmesi gerekir. Şimdi söyle bana genç adam, hareket denğinde ne anlıyorsun?"

"Bir yerden başka bir yere gitmeyi anlıyorum, tabii ki."



“Biraz basmakalıp olsa da, makul bir tarif,” diye yanıtlamış Dominie, gönülsüzce. “Ama bundan daha iyi bir tarif yapabilirsin. Biz şu anda hareket ediyor muyuz?”

“Hayır,” diye cevaplamış Kevin, kendinden çok emin bir biçimde. “Size doğru yaklaşıırken tabii ki hareket ediyordum ama şu anda ikimiz de hareketsiziz.”

“Bundan emin misin? Hareket etmediğini nasıl bu kadar emin söyleyebiliyorsun?” Kevin’in karşısında duran uzun boylu bu adam, gözlerini ona dikmiş, dikkatle bakıyormuş.

Prens, bu soru karşısında biraz rahatsız olmakla birlikte, soruyu soran adamdan gözünün korktuğu da aşıkârmiş. Buna rağmen, büyük bir özgüvenle cevabını vermiş: “Ne zaman yürüyüp ne zaman yürümediğimi gayet net biçimde bilebilirim – şu etrafımıza bir bakın! Ağaçlara, kayalara bakın, üzerinde durduğumuz yere bakın. Hiçbiri yakınlaşıp uzaklaşmıyor. Kesinlikle hareketsiziz.”

“Demek bu fikre, içinde bulunduğun ortamdan ve etrafındaki nesnelerden yola çıkarak ulaşıyorsun.” Kevin, karşısında durmuş konuşan adamın, nedense kendisini azarladığı hissine kapılıp duruyormuş. “Etraftaki ağaçlar birbirlerine olan uzaklıklarını da senden olan uzaklıklarını da koruduklarından, hiçbirinizin hareket etmediğini söylüyorsun. Şüphesiz bu çok demokratik bir bakış ama muhtemelen pek doğru bir sezgi değil. Benimle gel,” diye emretmiş adam, birden.

Dominie aniden dönüp, karşılarındaki yeşil alana doğru uzun adımlarla yürümeye başlamış. Kevin de onu takip etmiş ve kısa bir süre sonra, önlerinden gürül gürül akan, derin ve geniş bir nehrin kıyısına varmışlar. Dominie kendinden emin biçimde yürümeye devam ederek, neredeyse hiç bakmadan kıyıdan atlayıp, altı düz ve çok uzun bir kayığın kış kısmına adımını atıvermiş. Kevin de kılavuzunun yaptığını yaparak, kendinden emin biçimde adımını atmış ama son anda aşağı bakınca, kayığın biraz uzağa kaymış olduğunu ve neredeyse nehrin içine atlamak üzere olduğunu fark etmiş. Kollarını iki yana açarak dengesini zar zor sağlayıp olduğu yerde durmuş, sonra kıyı boyunca kayığın peşinden koşmaya başlamış. Sonunda kayığa ulaşarak onu yakalamayı başarıp, beceriksizce o da içine binmeyi başarmış. Maskaralıklarını görmezden gelerek, sanki Kevin hep oraday-

muş gibi konuşmasını sürdüren öğretmenin yanında dikilmiş. İkisi de uzun kayığın ön tarafına doğru yan yana ilerlemeyi sürdürmüşler.

“Artık ağaçların ve kayaların bizden sürekli uzaklaştıklarını görüyorsun. Bu durum şimdi hala onların hareketsiz olmadıklarını düşünmene neden oluyor mu?”

“Hayır!” diye yanıtlamış Kevin, hala düşüncelerinde herkes-ten daha hakkı olduğuna inanarak. “Ağaçlar hareket etmiyor ki. Hareket eden biziz ve doğal olarak da ağaçların geriye doğru uzaklaştığını görüyoruz.”

Kevin’in kılavuzu doğrudan bir cevap vermemiş ve kayığın başına varana kadar yürümeyi sürdürmüşler. (Bu kayık da gerçekten alabildiğine uzun bir kayıkmış) Öğretmen olduğu yerde geriye dönüp, bu kez kayığın kış tarafına doğru yürümeye başlamış. Kevin de onu izlemiş. Dominie geriye doğru yürüyüşlerinde öyle bir hız tutturmuş ki, kayık nehrin kıyısındaki iri bir ağacın yanından geçerken, hem kayık gidiyor hem her ikisi de



yürüyorken ağaç olduğu yerde duruyor gibi görünüyor, aralarındaki mesafede hiçbir değişiklik olmuyormuş. “Şimdi hareket ediyor muyuz peki?” diye sormuş Dominie birden. “Artık kesinlikle yürüyorsun, öyle değil mi? Bacaklarının hareket ettiğini görebiliyorum,” diye sürdürmüş sözlerini, iğneleyici bir biçimde.

“Evet,” demiş Kevin, inatçı bir ses tonuyla, “Ama benim hareketim kayığın hareketi ile dengelendi. Böylece hareket etmiyor olduk. Sözünü ettiğiniz ağaç köklerinden toprağa bağlı, görmüyor musunuz? Hareket falan ettiği yok. O hareket etmediğine göre, biz de hareket etmiyoruz.” Kevin bütün bunları söylerken, düşüncelerinden çok emin gibi görünüyormuş.

“Yani bir kez daha, yeryüzünün ve onun üzerinde kök salmış ağaçların, sadece büyük olmalarından dolayı, daima hareketsiz kalacaklarını iddia ediyorsun, öyle mi?” diyen Öğretmenin sesi, hakaret eder gibi çıkıyormuş. “Benimle gel!”

Aniden sıçrayıp kıyıya atlayan Öğretmen’i izleyen Kevin, kıyı şeridi kaçıramayacağı kadar uzun olduğundan, bu sefer onu hemen arkasından emin biçimde takip edebilmiş. Nehrin yanı sıra ilerleyen yolda yürürlerken, Kevin yakınlarda bir yerlerden gelen suya çarpma sesi duymuş.

“Kayıkta yürürken, kayığın hızının, bizim onun üzerinde ters yöndeki yürüme hızımızla toplanıp, sonuçta hiç hareket olmayacak biçimde birleştiğini iddia etmiştin. O durumda, hızların hepsi aynı çizginin üzerindeydi. Şurada gördüğün durumda ise, birleşen hareketlerin daha değişik bir biçimi var; daha sıklıkla rastlanan, hareketlerin aynı çizgi üzerinde değil de farklı yönlerde olduğu bir biçim,” diyen Dominie’nin işaret ettiği yerde Prens, Öğretmen’in ne demek istediğini anlamak için baktığında bir su samurunun suda oyun oynar gibi hareketlerle yüzdüğünü görmüş. Samurun ulaşmaya çalıştığı hedef, tam karşısındaki bir noktaymış ve saflığından dümdüz yüzmeye çalışıyormuş. Ne yazık ki nehir geniş ve hızlı aktığından, hayvanı akıntı yönünde sürüklüyormuş. Bu yüzden de, karşı kıyıda ulaşmak istediği noktanın daha ilerisindeki bir noktaya çıkabilmiş.

“Nehrin akış hızıyla samurun sudaki yüzüş hızının birleştiğini görüyorsun. Hızlar bir üçgenin iki kenarı gibi ve sonuç, üçüncü kenar ile gösterilebilecek yönde ve büyüklükte bir hareket.”

HIZLARIN TOPLANMASI

Bir cismin hareketi, iki hareketin birleşimini içeriyorsa, tıpkı bir yüzücünün akıntıyla sürüklenmesi gibi, toplam hareket, yüzücünün ileriye doğru hızıyla, akıntının hızını birleştiren üçgenin üçüncü kenarıyla ifade edilir ve bu hız kendini oluşturan iki hızdan da farklıdır. Toplam hız, kıyıdan bakıldığında farklı, sudan bakıldığında farklıdır.

Söz konusu hız toplamı bulma kuralı, sıradan hızlar için, yani ışık hızından küçük hızlar için geçerlidir. Cisimlerin ışık hızına yakın bir hıza sahip olmaları halinde, her şey biraz tuhaflaşmaya başlar.



Sonunda, keyifsiz susamurunun diğer kıyıya ulaştığını ve sudan kıyıya tırmandığını görmüşler. Samur kıyıya çıkar çıkmaz, yorgun argın nehrin akışına ters yönde ilerleyerek, yüzererek varmak istediği noktaya doğru gidiyormuş. Hayvanın yürürken çıkarttığı mutsuz homurtuları uzaktan da olsa duyabiliyorlarmış.

Kederli kemirgeni kendi haline bırakıp, yolda hızlıca yürümeye başlamışlar ve kısa bir süre sonra ulaştıkları bir düzlükte, tuhaf biçimde Kevin'e okul günlerini hatırlatan büyük bir kara tahtanın önünde durmuşlar. Bu tahta o kadar siyahmış ki, geceleri üzerinde uzak yıldızların pırıldadığı karanlık gök kubbeyi çağırıyordu. Dominie kara tahtanın başına geçip cüppesi-

nin bir yerlerinden çıkarttığı bir parça tebeşirle simsiyah tahtanın orta yerine irice bir daire çizmiş ve kenara çekilmiş. Genç prens, bu dairenin mavi bir renkle dolduğunu ve üzerinden beyaz bulut benzeri kümelerin geçtiğini görmüş. Bu şekil, tahtanın ortasında kendi eksenini etrafında dönüyormuş.

“Bu, kutuplardan birinin üzerinden görünen haliyle Dünya. Şimdi, Dünya’nın iki yanında duran iki ayrı insan düşün.” Hızlı bir tebeşir hamlesiyle dünyanın üzerine iki küçük çöp adam çizivermiş. Çöp adamlar ortaya çıkar çıkmaz, heyecanla kamera ya el sallamaya başlamışlar.

“Dünya kendi eksenini etrafında döndükçe, bu iki adamın da zıt yönlerde döndüklerini göreceksin. Söyler misin, bunlardan hangisi, eğer öyleyse, hareketsiz? İkisi de hareket halinde, değil mi? Üstüne üstlük, Dünya yalnızca kendi eksenini etrafında dönmekle kalmıyor. Bir de Güneş’in etrafındaki bir yörüngesinde dönüyor.”

Tahtada görünen ve üzerinde iki çöp adam duran dünya kendi etrafında dönerken, yavaş yavaş tahtanın bir kenarına doğru da hareket etmeye başlayıp gözden kaybolurken, ardında uzak yıldızların minik pırıltılarının doldurduğu boş bir karanlık bırakmış.

“Aslına bakılırsa, hiçbir şeyin tamamen hareketsiz olduğu söylenemez. Hareket görecelidir. Her hareket görecelidir!” demiş sonunda *didaktik* bir biçimde. “Evren geniş bir mekândır ve bu mekândaki her şey, içinde yer alan diğer pek çok şeye göre hareket halindedir. Hiçbir sabit nokta yoktur ve tüm nesneler büyük bir karmaşa içinde hareket eder.”

MUTLAK HAREKET

Görünen o ki, mutlak hareket diye bir şey yoktur. Evren’deki her şey diğer şeylere göre farklı farklı hareket eder ve bu hareketleri birbirinden ayırt edebilecek yegâne kıstas, cisimlerin birbirlerine göre hangi hızda hareket ettikleridir.

“Mademki hareket göreceli bir kavram, bu durumda hiçbir cismin kendi hızından söz edemeyiz. Şimdi, işin özünde, bir nesnenin hareketlerini diğerlerininkinden ayırt edebileceğimiz bir ölçü olup olmadığını sorabilirsin.” Kevin, bu sorunun aslında ilk başta sorduğu soru olduğunu anlamış. Belki de az sonra aradığı cevabı bulup, evine dönebileceğini düşünmüştü.

Kevin bir an önce evine dönme olasılığını düşünürken, bir anda havada peyda olan bir kelebek, dosdoğru uçarak ona doğru yaklaşmış ve alnına çarpıvermiş. Elbette bu çarpışma hiçbir belirgin etki yaratmamış (Belki de Florida’da bir kasırga bile!) ve Kevin hiçbir şey olmamış gibi yürümeye devam etmiş. Bunun hemen ardından, yolda, elindeki büyük bir kelebek ağını savuran, nefes nefese, iri yarı bir adam belirmiş. Nadir bulunan avına kendisini o kadar kaptırmış görünüyormuş ki gözü hiçbir şey görmeksizin doğruca prene doğru koşmuş ve kendini durdurmamayıp çarparak onu yere devirmiş. Prens yere düştükten sonra kafasını yol kenarındaki çimenlik alana çarpmış. Kevin yolundan hiç sapmamış gibi görünen ve hala koşmakta olan kilolu adamın arkasından bakarak otururken, Dominie’nin soğuk sesi ni sağ kulağının arkasında duymuş.

“Bu olay hareketin önemli bir boyutunu daha gösteriyor; *momentum* özelliği. Cisimlerin sahip olduğu atıl enerjinin hızla birlikte nasıl ortaya çıktığını gördün. Her ikiniz de aşağı yukarı aynı hızda hareket ediyordunuz, ama sende kiloca fazla olan adamın hareketinin çok daha büyük bir etkisi olduğunu fark etmişsindir. Bunun nedeni kütlelerinizdeki farklılık. Hızlarınız aynı olabilir ama farklı momentumlara sahiptiniz, çünkü adam daha ağır. Momentum, hız ile kütlenin çarpılmasıyla hesaplanır ve biraz önce gördüğün gibi, bir çarpışmada önemli olan momentumdur. Evren’de olan pek çok şey, çeşitli türdeki çarpışmalara bağlıdır, genellikle de küçük parçacıklar arasındaki çarpışmalara ama ara sıra gezegenler ya da galaksiler gibi büyük kütleler

1. Borneo’daki bir ormandaki kelebeğin kanat çarpışının Florida’da bir kasırgaya neden olabileceği bir klişe haline gelmiştir. Tabii ki bir kasırgaya neden olmaya-caktır. Esas nedenler atmosferdeki yüksek basınç ve su buharıdır. Burada önemli olan nokta, bir kasırganın meydana gelmesinin, içine bir kelebeğin de dâhil olduğu sayılamayacak kadar çok faktöre bağlı olmasıdır.

arasındakilere de. Momentum her durumda en kritik değerdir. Bu nedenle de, kendine özel, bütün dünyada ortak olarak kullanılan bir sembole sahiptir: Momentumun sembolü değişmez biçimde 'P' harfiyle gösterilir."

"Neden?" diye sormuş prens. Dominie ders verme ses tonuna kısa bir süre ara vererek "Öyle işte!" diyerek terslenmişse de, sonra hemen toparlanıp daha ölçülü bir ses tonuyla sürdürmüş konuşmasını. "Momentumun önemli bir özelliği de çarpışmalarda korunuyor olmasıdır. Yani toplam momentum, bir çarpışmadan sonra da, çarpışma-



dan önceki değerinin aynısıdır. Büyük momentumu olan nesneler, diğer nesnelerle ilişkiye geçtiğinde onun bir kısmını ilişkiye geçtikleri nesnelerle paylaşırlar. Az önce sana çarpan beyefendi, büyük kütlesi nedeniyle öyle yüksek bir momentuma sahipti ki, kendi hareketinde dişe dokunur bir değişim olmadan, sahip olduğu momentumun bir kısmını sana aktarıverdi."

Kevin, az önce kendisine çarpıp uzaklaşmakta olan adamın ardından bir kez daha bakıp başını çevirmek üzereymiş ki, benzer kiloda başka bir kelebek avcısının az öteden koşarak diğer adama *dramatik* bir biçimde çarptığını görmüş. İkisinin de hızları aniden kesilmiş ve bir an durduktan sonra çarpışmanın etkisiyle geriye sekip, oldukları yerde sertçe oturmuşlar. Bir süre sonra kendilerini toparlayıp büyük bir çabayla itişip kakışarak ayağa kalkarken, aralarında birkaç laf ettikten sonra vakit kaybetmeden yeniden kelebeğin peşi sıra koşarak uzaklaşmışlar.

Prensın kılavuzu da elbette bu fırsatı kaçırmayıp, hemen yorumunu yapıştırmış: "Kayığın üzerinde yürürken hızların eklenip çıkartılması konusunda yaptığın yorumlardan sonra, kütle ile hızın çarpımı olan momentumun da, tıpkı hız gibi eklenip çıkartılabilme özelliğine sahip olduğunu bilmelisin. İki eşit ve zıt yönlü hız, sürüklenen kayıkta fark ettiğin gibi, birbirini dengeleyip ortadan kaldırıyordu. Aynı şekilde, eşit ve zıt yönlü momen-

tumlar da, biraz önce gördüğün gibi bir çarpışmada birbirlerini tüketebilirler.”

Kevin ve kılavuzu yürüyüşlerine devam etmek üzereyken, bu sefer de önlerine fırlayan ve başının üzerinde elinde tuttuğu uzun bir zincirin ucuna takılı, üstünde çiviler olan bir gürz çevirmekte olan, tepeden tırnağa zırhlı biri tarafından durdurulmuşlar.

“Olduğunuz yerde kalın, bir adım daha atmayın! Çıkarın paraları!” diye, mantıksız bir biçimde kükremiş adam.

Dominie, Prens ve sözde soyguncunun şaşkın bakışları arasında cüppesinin altından, genellikle sunumlarda kullanılan türde uzun bir çubuk çıkarmış ve hareketsiz bir şekilde zırhlı adamın önüne doğru dimdik tutmuş. Kanun kaçağının elinde çevirip durduğu silah olan zincire bağlı gürz çubuğa çarptığında bile kıpırdamadığı için, hareketsiz tanımı burada uygun olacaktır. Zincir çubuğa çarpar çarpmaz ona dolanmaya başlamış ve zincirin boyu gitgide kıaldıkça Kevin, ağır topun sonunda tok bir sesle çubuğa çarpına kadar giderek hızlandığını fark etmiş. Hırsız inanamaz bakışlarla olayı izlerken, Kevin de bu bir anlık şoktan faydalanarak adamın üstüne atlayıp onu etkisiz hale getirmiş ve üzerindeki çirkin kıyafetlerin sağına soluna asılmış çeşitli nesnelerle onu güzelce bağlayıp çimlerin üzerine yatırmış. Çubuğa sarılan zincirin ucundaki gürz, zincir boyunun bitmesiyle beraber, hızla ormana doğru savrulmuş ve düştüğü yerden yüksek bir suya düşme sesi duyulmuş. Bu sesin ardından da bir homurdanma sesi işitmişler. Nereden çıktığı belli olmayan bu metal top, yolculuğu sırasında yolunun üzerindeki bir kelebek ağını da peşine takıp nehirde bir yerlere düşmüş.

“Gördüğün gibi, yalnızca kalem kılıçtan keskin değil, aynı zamanda böyle bir çubuk da sabahyıldızından (gürz) daha etkili olabiliyor.² Bütün bu olup bitenler, sana *açısal momentumun* sakınımı prensibini göstermeye yardımcı oldu. Açısal momentum, herhangi merkezi bir nokta etrafında dönen bütün nesnelerle ilgili bir değerdir. Ölçüsü de, tıpkı normal momentumda olduğu gibi, cismin kütlesi çarpı hızıdır ama bu sefer dönme merkezin-

2. Bir zincirin ucunda çivili bir ağırlık bulunan bu Ortaçağ silahı (gürz) çok ilginç bir biçimde sabahyıldızı olarak bilinmektedir.

den olan uzaklık da çarpanlar arasına katılır. Metal küre, etrafında döndüğü çubuğa yaklaştıkça merkezden olan uzaklığı azaldı ve bu nedenle de, kütlesi değişmeyeceğinden, hızı arttı.”

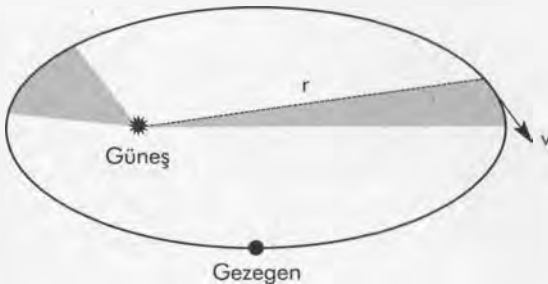
AÇISAL MOMENTUM

Açısal momentumun sakınımı kuralı astronomide oldukça önemli bir yere sahiptir. Herhangi bir nesne, bir nokta etrafında dönüyorsa, aşağıdaki şekilde tanımlanan bir açısal momentuma sahip olur.

$$\mathbf{J} = m\mathbf{v} \times \mathbf{r}$$

Bu formülde m , söz konusu cismin kütlesi, v hızı ve r de merkez noktaya olan uzaklığıdır. Sürtünme gibi diğer etkilerin yokluğunda, açısal momentum sabit kalır ve bu yüzden de Güneş’in etrafındaki eliptik yörüngesinde dönen bir gezegen, Güneş’ten uzaktayken daha yavaş, güneşe yaklaştıkça da daha hızlı döner. Bu da bizi gezegenlerin hareketi hakkındaki *Kepler’in ikinci yasasına* götürür; Güneş’ten bir gezegene doğru çizilen bir doğru, eşit zaman aralıklarında eşit alanlar tarar. Aşağıdaki şekilde görülen taralı alanlar Güneş’ten gezegene çizilen doğru tarafından eşit zaman aralıklarında taranan alanları göstermektedir. Güneş’e yaklaşan gezegen daha hızlı hareket eder, bu nedenle de daha geniş bir alan tarar.

Gezegenleri Güneş’e doğru çeken sabit bir yerçekimi kuvveti de vardır ama bu kuvvet, Güneş’e doğru olduğu için gezegenlerin Güneş etrafındaki açısal momentumlarını etkilemez.



“Ama gürz, zincir boyu bitince birden bire durdu!” diye karşı çıkmış Kevin. “Bana öyle geliyor ki, hareketin hiçbir ölçüsü ile nihai korunmuyor.”

“Eğer geniş bir perspektiften bakarsan, ki zaten öyle yapmalısın, aslında hareketin ölçüsü *korundu*. Zincir boyu bitip, gürz benim çubuğa çarptığında, momentumu önce çubuğa ve onu sıkıca tuttuğum elime geçip, oradan da benim aracılığım ile Dünya’ya aktarıldı. Dünya’nın boyutlarının, onun hareket etmediğini düşünmemiz için iyi bir neden olamayacağını görmüştük. Ama kütlesi, hiçbir belirgin etki olmadan, az miktarlardaki momentumları emmeye yetecek kadar büyük. Aslında, yerde koşmaya başladığında meydana getirdiğin momentum bile Dünya’nın kendisindeki zıt yönlü momentum ile dengeleniyor olsa da, Dünya’nın kütlesi o kadar büyüktür ki, bu değişimlerin farkına varmak neredeyse imkânsızdır.

“Şimdi artık senden ayrılmam gerekiyor,” demiş birden, Öğretmen. “Hareketin doğası hakkındaki eğitimine, yolun biraz ilerisindeki öğrenci yurdunda devam edebilirsin. Umarım bu fırsattan faydalanırsın.” Öğretmen bunları söyledikten sonra arkasına dönüp gitmek üzereyken birden durmuş, geri dönüp Prens’in pelerinin eteğini eline almış ve alt kenarına bir şeyler yazmış:

DAHA İYİ OLABİLİR, GELİŞTİRİLMEMEYE AÇIK. C -

Kevin yoluna devam edip, kısa süre sonra bir köşeyi dönünce sıcak görünüşlü bir han çıkmış karşısına. Gazinonun girişinde sallanan tabeladaki yazıyı okumuş:

ÖĞRENME YERİ
GELİŞMEK İÇİN ODA
DÜŞÜNMEK İÇİN YİYECEK
BİLGİ PINARININ DERİNLİKLERİNDEN İÇECEK

Kevin burasının kesinlikle Dominie’nin bahsettiği yer olduğunu hemen anlamış, bu yüzden de hiç oyalanmadan hemen kapıya doğru yürüyüp içeri girmiş. Loş ışıkta oldukça karanlık görünen bu mekânda, pek çoğu boş, dağınık bir halde duran kaba

masalar ile bir bar varmış. Salonun bir ucundan başlayan ahşaptan yapılmış uzun barın etrafında oturmak için variller bulunuyormuş. Kevin, varillerin üzerinde alışıldık XXXX işareti yerine, en yakındaki varilin X⁴ ile işaretlediğini fark etmiş. Barın ardında, yüzünde hoş bir gülümsemeyle kendisini karşılayan hancı duruyormuş.

“Günaydın, genç beyefendi!” diye karşılamış prensi. “Aklınızı beslemeye mi geldiniz? Nelerden hoşlanırsınız? Size ne ikram edebilirim?”

“Nelerin var?” diye sert ve kısa bir karşılık vermiş Kevin. Burası, babasının kalesinin yakınlarındaki barlara hiç benzemiyormuş ve bu yüzden de ne isteyebileceğini bilememiş.

“Burada hemen her şeyimiz var, efendim; basit aritmetik mayalılarından, yıllanmış fizik bilimleri damıtmalarına kadar ne isterseniz vardır. Kimileri için fazla zahmeti olmayan mütevazı bir mayalı uygun olabilir, mesela.” Hancı bu sözleri söylerken, salondaki masalardan birinin etrafına sokulmuş kaba görünümlü grubu işaret ediyormuş. Çok fazla tartışılan ve kıs kıs gülünen bir masaymış bu. “Buraya günlük atıştırma aritmetiği yemeye gelirler. Hala bayağı fonksiyonlarla uğraşıp duruyorlar.

“Sizin kalitenizdeki bir beyefendi için,” diyerek, yağ çekercesine sürdürmüş adam sözlerini: “kendi yaşıntıdaki delikanlıların çoğu gibi, bir görev peşinde olduğunuzu varsayarak, biraz damıtılmış enerji önerme cüretinde bulunabilirim. Pek çok seçe-



neklerimiz mevcut.” Arkasındaki raflarda duran şişe sıralarını göstermek için dönmüş ve “Biraz enerji desteği, sizi, yolunuzun üstünde bulunan tüm gayret gerektiren engeller ve tehlikelere karşı mükemmel bir şekilde hazırlayacaktır” demiş.

Kevin, sorumlunun olası tehlikelerden bahsetmemiş olmasını dilemiş ama yine de şişelere ilgiyle bakmış. Gerçekten de çok fazla seçenek varmış; her şekilde ve büyüklükte şişe görünüyor ve şaşırtıcı bir dizi oluşturuyorlarmış. Hancı çeşitli olasılıkları sırayla göstermiş. Şişelerden biri, üzerinde şimşek çakması gibi bir işaret taşıyormuş. “Bu elektrik enerjisi, tabii ki.” Başka bir şişede girdap şeklindeki garip bir desen varmış. “Bu, manyetik enerji.” Bir etikette göz varmış, “Işık enerjisi,” başka bir tanesinde bir kulak resmi varmış, “Akustik enerji.” Şişelerden birinde de, çok şaşırtıcı, mantar biçimli bir bulut resmi bulunuyormuş, “Bu, nükleer enerji. Bunu satmaya lisansımız olup olmadığından emin değilim.” Barın en üstünde duran ve belirgin biçimde büyük bir şişenin üzerindeyse, her yönü gösteren pek çok küçük okun olduğu bir etiket, varmış. “Bu ısı enerjisidir. Diğer tüm şişelerdeki tortuları buna boşaltırız,” diye mırıldanmış hancı.

Sonunda, üzerinde tek bir yönü gösteren ok bulunduğu bir şişe prensin gözüne takılmış. Bu şişede ne olduğunu sorduğunda, hancı, “Bu kinetik enerjidir. Muhtemelen etkileri en belirgin ve elimizdeki ürünler arasında en sert olanlardan biridir,” diye yanıtlamış. “Kinetik enerji, hareketin enerjisidir ve hareket eden her cisimle ilişkilidir. Kinetik enerji ve momentum, bir bakıma aynı karışımlardır.

“Eğer hareket edeceksiniz, kinetik enerjiye, yani hareket enerjisine ihtiyacınız olacaktır. Bu enerji, daha önce duyduğunuz momentumun yönsüz ama daha uzun ömürlü eşidir. Momentum, kütleyle hızın çarpılmasından elde edilirken, kinetik enerji, kütlenin yarısının hızla iki kez çarpılmasıyla elde edilir. En azından mütevazı halk arasında evlerde böyle hesaplanır. Bu işlere daha meraklı olan *Hızlı kümedeki* halk ise, size bu formülü biraz daha farklı gösterecektir,” diye eklemiş, odanın karanlık köşesine doğru bir bakış atarken. “Ama enerjinizi başka biçimlerde taşımayı düşünüyorsanız, bu daha uygun olabilir.”

Sorumlunun uzanıp aldığı şişenin etiketi çok çekici bir dağ zirvesini gösteriyormuş. “Bu, potansiyel enerjidir. Aleni olarak

görünmeyen ama istendiğinde ortaya çıkarılabilen bir enerjidir. Tıpkı dağdan yuvarlanan bir kayada olduğu gibi ortaya çıkabilen bir enerjidir ve yuvarlandıkça bu enerji, kinetik enerji ve aslında momentum şeklinde ortaya çıkar. Kinetik enerji de, yerçekiminin yarattığı potansiyel enerjideki azalmayla ortaya çıkar. Bir enerji biçiminin, âdeti olduğu üzere başka bir enerji biçimine dönüştüğünü bilirsiniz.”

“Çok fazla çeşit var gibi görünüyor,” demiş genç prens, “ama bunların hiçbirini bilmiyorum. Ne tavsiye edersiniz?”

“Bakın, efendim, doğrusunu isterseniz hangisini seçtiğinizin pek de bir önemi yok.” Hancı bunu söylerken kendinden emin bir biçimde bara yaslanmış. “Aslında hepsi temelde aynı malzemelerle yapılmış. Kısacası, bütün şişelerde aynı mal var. Alın, mesela, bunu bir deneyin.” Şişelerden birini açıp, bir bardağa şişedeki maiyi boşaltmış ve prene doğru uzatmış. Prens, ilk önce bardaktaki içeceği ihtiyatla koklamış. Tek söyleyebileceği, bardakta yalnızca alkol olduğuymuş.

ENERJİ VE MOMENTUM

M kütleline sahip ve v hızıyla hareket eden bir cismin kinetik enerji özelliği ($1/2mv^2$) ve momentum özelliği de (mv) olarak kendini gösterir.

Enerji ve momentum özellikleri çok kullanışlıdır, çünkü korunan büyüklüklerdir. Yani bir çarpışma ya da başka bir etkileşimden sonra, öncekiyle aynı toplam değere sahip olurlar.

Momentum bir vektörel büyüklüktür. Değeri, hareketin yönüne bağlıdır ve zıt yönde hareket eden cisimler de zıt yönlü bir momentuma sahip olurlar. Eşit değerde ve zıt yönlerde momentumlu iki cisim, toplam sıfır momentuma sahiptir. Bu nedenle de bir çarpışma sonrasında bu iki cisim, momentumları korunduğu halde durağan hale gelirler.

Enerji de korunur, ama bir biçimden başka bir biçime dönüşebilir. Yokuş yukarı atılan bir top yukarı doğru ilerlerken, kinetik enerjisi, yerçekimi ile potansiyel enerjiye dönüştüğünde durur.

“İşte, Bayım, kimyasal enerjiniz. Bu, kimyasal bileşiklerin bağlarında bulunan enerjidir ve bu bağlardan genellikle bir tür yanma ile salınabilir. Bu durum, yediğiniz yemeklerin size hareket enerjisi vermesinde olduğu gibi yavaş yavaş da olabilir ya da bir barut patlamasının top mermisini olabildiğince yükseğe fırlatmasında olduğu gibi çok hızlı da olabilir.” Şişedeki içeceği bardağa doldurmasıyla gürültülü bir fısırtı duyulmuş ve bardak birden bardan yaklaşık bir metre yüksekliğe ulaşmış.

“İşte size potansiyel enerji, yerçekimi potansiyel enerjisi. Herhangi bir cisim Dünya’nın yerçekimi alanı içerisinde havada duruyorsa, her an düşebilir.” Bardan yükselen bardak, çıktığı yükseklikte bir an hareketsiz durduktan sonra, giderek hızlanarak düşmeye başlamış. “Ve şimdi de potansiyel enerji, bardağınız düşerken tekrar kinetik enerjiye dönüşüyor. Ta ki...” Bardak, barın üstüne tok bir ses çıkararak düşmüş (Akustik enerji). Prens onu tutmak için uzanmış ve bardağın dokunulamayacak kadar sıcak olduğunu fark etmiş – “İşte termal enerji. Pek çok enerji sonunda ısıya dönüşür. Bunun nedeni de, cisimlerin içindeki atomların rastgele yoğun biçimde hareket etmeleridir”

“Ama şimdi,” diye devam etmiş, bar sorumlusu, “görevinizi başarıyla tamamlamak için iyi bir enerji desteğine ihtiyacınız var. Bunu yanınıza alın genç efendim, tam size göre.” Hancı, Kevin’in eline kocaman bir şişe tutuşturmuş. Kevin kafası karışmış biçimde boş boş bakarak teşekkür ettikten sonra şişeyi alıp yanında taşıdığı heybesine yerleştirmiş. Dikkati, barda yanında oturan kişinin elindeki bir kupa yüzünden dağılmışmış. Söz konusu kupanın içinde bir fırtına kopmuşcasına şimşekler çakmaktaymış. “Elektrik enerjisi,” diye açıklamış hancı, Kevin’in o yöne dönmüş bakışlarını fark ederek. Kupadaki minyatür fırtına çıkıp gürlerken, “Birazı ışık enerjisine, birazı da akustik enerjiye dönüşüyor,” diye eklemiş.

“Peki, sizinki ne tür bir görevdi, söylemiş miydiniz yoksa?” diye sormuş hancı, barının üzerini silerken. İfadesi gayet profesyonel bir ilgi ifadesiymiş. Kevin göreviyle ilgili değil, bir görev için yola çıktığına dair bile herhangi bir şey söylediğini hatırlamıyor olsa da, hancı onun bir görevin peşinde olduğundan çok emin görünüyormuş. Sonunda Kevin, gerçekten bir görevi olduğunu ve hareketin doğasını aradığını söylemiş.

“Ah, pekâlâ, madem durum bu, sizin bulunmanız gereken yer gerçek hareketlilerin olduğu yerdir. Hızlı kümeye katılmanız gerekecek. Onlarla kıyaslandığında, biz sıradan insanlar pek hareket etmiyor sayılırız, bu yüzden de, hareketin gerçek soyluları olan ve devasa hızlara sahip peri halkı hakkında bilgi sahibi olmak zorundasınız.”

“Peki, bunu nasıl yapabilirim?” diye sormuş genç prens.

“Bugün sizin şanslı gününü çünkü tam şu anda onlardan biri, benim mütevazı barımı onurlandırıyor.” Ardından biraz yüksek bir sesle “Majesteleri,” diye seslenmiş. “Hareketin gerçek doğasının peşinde olan Prens Kevin’i sizinle tanıştırebilir miyim?”

Kevin, bu adama adını söylediğini hatırlamıyormuş ama yine de salonda hancının bakmakta olduğu karanlık köşeye doğru o da dönüp bakmış. Uzun boylu birinin, yalnız başına oturduğu masadan kalkıp, daha aydınlık bölüme doğru yürüdüğünü görmüş. Bu kişinin normalden daha uzun boylu biri olduğu kesiniş ve garip bir gümüş zırhı varmış. Kevin, yaklaşan kişinin karmakarışık metal aksamı miğferinin ardından bakan parlak gözlerini hemen fark etmiş.

“Demek bir prens? Gelip bize katılın lütfen. Sizin seviyenizdeki genç bir adam sıradan ve vasıfsız kişilerle arkadaşlık etmemeli. Kendimi tanıtmama izin verin. Ben Periler Kontuyum; adım da Ingus. Şürekâmla birlikte yapacağımız bir atlı gezintiye katılmalısınız. Müthiş bir yolculuk olacağından emin olabilirsiniz,” demiş peri kont, uyarıcı bir ses tonuyla.

“Kesinlikle öyle olacaktır,” diye onaylamış hancı da. “Peri halkından birinin buraya gelmesi pek sık görülen bir şey değildir. Rüzgâr gibi at sürerler.”

“Pek öyle değil,” diye düzeltmiş kont, hiddetle. “Asla rüzgâr gibi hımbıl bir olayla karşılaştırılacak hızda at sürmeyiz. Bizim ata binişimiz,” diye gururla sürdürmüş sözlerini, “daha ziyade ay ışığı huzmelerine benzer.”

“Ama ay ışığı hareket etmez ki,” diye karşı çıkmış, Kevin.

“Elbette hareket eder,” diye düzeltmiş Kevin’i, kont. “Ama o denli hızlı hareket eder ki, sıradan bakışlar onun hareketini asla fark edemez. Fakat yine de hareket eder. Her ışık hareket eder ve her zaman aynı hızda hareket eder; ışık hızında. Bizler, Peri

halkı olarak, oyalanmayı pek sevmeyiz ve bu yüzden de, geceleri ormanda çılgınca at sürerken neredeyse ay ışığının huzmeleri kadar hızlı gideriz. Şu sizin Evren'inizde bir *Sınır Hız* vardır ya, işte o sınır *ışık hızıdır*, bu yüzden de elimizden geldiğince bu sınıra yakın hızlarda süreriz atlarımızı. Gelin şimdi," diyerek Kevin'e yolu göstermiş.

GÖRECELİK VE IŞIK HIZI

Einstein'ın özel görecelik teorisi, aslında her hareketin göreceli olduğu fikrinden yola çıkmıştır. Bakılan noktanın hareketi ne olursa olsun, ışık hızının her zaman aynı olması ve asla bundan hızlı giden başka bir şeyin görülemiyor olduğu saptaması çok kayda değer bir gözlemdir. İşte bu yalın gerçek, Einstein'ın Görecelik Teorisi'ni ortaya çıkartmış, uzay ve zaman arasında kurduğu ilişkilerdeki garip bükülmeleri tahmin etmesini sağlamıştır.

Prens, kendisine öncülük eden kontun peşi sıra hanın kapısından çıktığında, kapının önünde kendisini bekleyen ve gerçekten ay ışığı renginde büyük, beyaz bir at görmüş. Atın gözleri gümüş ve beyaz arası bir renkte ısıltı ısıltı parlıyormuş. Beyaz atın hemen yanında, dev cüssenin gölgesinde kaldığından pek görünmeyen küçük bir midilli ve onu tutan yeşil yelek ve tayt giymiş bir cin duruyormuş. Cinin yanından geçerlerken, "Bu da, Puck," diyerek, cini tanıtmış kont, kısaca.

"Yaa," diye tepki vermiş prens, "Shakespeare'in *Bir Yaz Gecesi Rüyası*'ndaki Puck musunuz?"

"Hayır, kesinlikle o değilim. O İngiliz yazarın oyununda ne işim olabilir benim?" diye yanıtlamış cin, gururla. "Ben İrlandalı Puck'um."

"Gelin haydi," diye seslenmiş kont. "Bir an önce atlarımıza binip gidelim. Gerçek hareketin nasıl bir şey olduğunu size göstermek için sabırsızlanıyoruz. Bu şevkle o kadar hızlı at süreceğiz ki, ay ışığı bile bize zor yetişecek. Benim atımda, terkimde oturacaksınız," diye eklemiş kont, prense dönerek.

Kevin bunu yapmak istediğinden pek emin değilmiş. Beyaz ata biraz daha yaklaşıncı, hayvan daha da devasa görünmüş gözüne. Pek güvenemediği kontu yüzüstü bırakıp, onlara katılmayı reddetmek için içinde güçlü bir istek duymuş. Puck, Prens'in tereddüt ettiğini fark edip hemen onun yanına yaklaşmış ve boyu oldukça kısa olduğundan, prensin dirseğinin hizasından konuşarak onu cesaretlendirme çabasına girmiş.



“Haydi ama güzelim. Endişelenmene hiç gerek yok, hem de hiç. Kont Ingus ile yolculuk ederken kesinlikle güvende olacaksınız, bundan emin olunuz. Sizin için çok heyecan verici bir yolculuk olacak ve ışık hızına yakın bir hızda seyahat edeceksiniz. Ama merak etmeyin, biz bunu her zaman yapıyoruz. Yüz elli milisaniyede, Dünya'nın çevresini bir kurdeleyle sarabilirim, evet bunu yapabilirim.”

Kont eyerine atladığında, üzerindeki garip zırh o kadar muhteşem parlıyormuş ki, kontun kendisi zırhın yanında sönük kalıyormuş. Hala içindeki şüpheleriyle boğuşsa da, Kevin, sonunda kontun terkesine atlamış ve yolculukları başlamış. Kesinlikle hızlı hareket ediyorlarmış ama Kevin'in beklediği kadar da inanılmaz bir hızla hareket ediyorlarmış gibi de hissedilmiyormuş. Ne de olsa, ancak herhangi bir cismin hareket edebileceği sınırlar içinde hareket ettiklerinden, hız sınırı olan c'yi geçmiyorlarmış. Kevin, yanlarından hızlıca geçip gittikleri ağaçlara dikkatlice baktığında çok acayip göründüklerini fark etmiş; inanılmayacak kadar garip görünüyormuş her şey. Yüksek kayalardan çığlayan bir şelalenin yanından geçerlerken, şelale sanki buzdan oyulmuş gibi kaskatı görünmüş gözüne. Gökyüzüne görünmez iğnelerle tutturulmuş, sanki havada asılı gibi görünen bir kırlangıç ve kırlangıcın peşine takıldığı anlaşılan böcek sürüsü de donmuş kalmış gibiymiş. Prens bütün bunları gördükçe yüksek sesle dile getiriyor, küçük midillisi üzerinde hiç zorlanmadan yanlarında gelen Puck da gecikmeden ona laf yetiştiriyormuş.

“Gördüklerinize şaşırmakta çok haklısınız ve bütün bu gördüklerinizin böyle görünmesinin de iki sebebi var” diye açıklamaya başlamış. “Birincisi, bizimle birlikte ışık hızına yakın bir hızla yolculuk ederken gördükleriniz, ister istemez her zamankinden biraz daha hızlı yaşamak zorunda olduğunuzu ortaya çıkarıyor, çıkarmıyor mu? Dünya üzerinde yaşarken algıladığınız mesafelerde, ışığın bir yerden bir yere gitmek için kullandığı zaman, sizlerin fark edemeyeceği kadar kısadır, öyle değil midir? Ama yıldızlar ve galaksiler arasındaki mesafelere bakacak olursanız, ışığın yolculuğunun bile çok uzun bir süre alması nedeniyle durum tamamen farklılaşır. Şimdi burada, bir saniyede değil, saniyenin milyonda birinde görmek, algılamak, düşünmek ve konuşmak zorundasınız, değil misiniz?

*Affetmeyen bir saniyelik bir süreyi
Bir milyon mikrosaniyede yapılacak bir işle doldurabilirsen
Her seferinde rahat rahat çalışacak zamanı bulacaksın
Kim bilir? Belki hayat daha eğlenceli hale bile gelebilir.*

Cin, bu satırları neşeyle okumuş.

“İkinci sebepse, gözünüzün görmek istediği,” diye devam etmiş sözlerine, daha ciddi bir ses tonuyla. “Aslında bu sizin kendi içinizde halledebileceğiniz bir konu değil. Çünkü bu konu uzay ve zamanı kapsar ve Evren’in altındaki yapının bükülmesine neden olur, olmaz mı? Buna da *Zaman Genişlemesi* etkisi denir.

“Yeteri kadar hızlı hareket ettiğinizde, her şeyi biraz farklı görürsünüz. Aslında onları her zamanki gibi görüyorsunuzdur ama ışık hızına yakın hareket etmek, elbette onları çok daha belirgin hale getirir. Gördüğünüz etkilerden biri, yanından geçtiğiniz her şeyi yavaşlatılmış gibi görmenizdir. Saatler daha yavaş hareket eder, insanlar daha yavaş hareket eder, *zaman* daha yavaş akar. Bu, bir tür göz yanılsaması değildir, hayır değildir. Zaman ona nasıl baktığınıza ya da en azından ona bakarken ne kadar hızlı hareket ettiğinize bağlı olarak farklılık gösterir. Hareket eden saatler geri kalır, anladınız mı?”

“Ama bizim saatleri geçtiğimizi söylememiş miydiniz, saatlerin kendileri hareket etmiyor ki?” demiş Kevin.



“Aynı şey olmuyor mu yani? Emin olun, her hareket görecelidir ve bu yüzden kimin hareket ediyor, kimin etmiyor olduğunu tartışmaya gerek yoktur. Her ikisi de diğerini hareket ediyor gibi görebilir ve her biri diğerinin taşıdığı saatin geri kaldığını da fark eder.”

“Ama kim haklı?” diye sormuş bu kez Kevin. “Hangi saat daha fazla geri kalıyor?”

“Doğru ve yanlış konusunda bir tartışma yapacak değiliz,” demiş Puck, sertçe. Midillisini Kevin’in sağ ayağına doğru sürmüş ve sözlerini sürdürmüştü. “Herkes ne gördüğünü bilir ve bunun bir sonu vardır. Biz şimdi hareketli bir çerçevenin içinde olanlardan bahsediyoruz ve oradaki herkesin de kendi hareketlerini ve hareket ettikleri mesafeleri, ölçüm çubukları gibi aletlerle bir şekilde ölçme biçimi olacağını biliyoruz. Her çerçevede yalnızca ölçüm çubuklarına değil, aynı zamanda saatlere de sahip olmak zorundalar çünkü hareket ederken, her bir çerçeve kendi zamanına sahip olacaktır. Herkes farklı hareket etse de,

hiç kimsenin önceliği yoktur. Farklı kişiler, komşularını farklı hızlara sahip olarak göreceklerdir belki ama her biri, ışığın kendine özgü bir hızla hareket ettiğine şahit olacaklardır. Daha az hareket olan durumlarda ise, sizin hareket ettiğiniz yönün tersinde, yani size doğru koşan biri daha hızlı hareket ediyormuş gibi görünürken, arkanızdan gelen biri, daha yavaş hareket ediyormuş gibi görünecektir. Denizcilerin söyledikleri gibi, 'Yakın takip zorlu takiptir.' Işık için, ya da aslında ışığın özel hızı için, durum farklıdır. Uzay ve zaman, herkesin ışığın hızını aynı görebilmesi için kendilerini bir şekilde bükme zorunda kalırlar ki, gerçekten de herkes, ışığın hızını aynı görür.

"Her gözlemci, diğer gözlemcilerin çerçevelerinin içindeki zamanı kendilerinininkinden yavaş olarak görür. Umarım, herkesin paylaşmak zorunda olduğu, mutlak ve emperyalistçe ortaya atılmış bir Zaman olduğunu düşünmüyorsunuzdur. Burada bizler, böyle bir şeye sahip değiliz!" diye açıklamış, biraz öfkeli biçimde.

"İnsanlar Evren'in merkezinde özel bir yere sahip olduklarını ve sonra da gerçek zamana yalnızca kendilerinin sahip olduklarını zannediyorlar. Her iki durumda da yanılıyorlar. Birisinin konumunu ve zamanım anlamak için orada, onun yanında *bulunmak* zorunluluğu vardır. Hiçbir lokasyon, belirgin nirengi noktaları olmaksızın tanımlanamaz. Ölçüm çubukları ve saatler, uzay ve zaman, hepsi bir tür birleşik Uzay-Zaman ile birbirlerine bağlıdırlar," diyen cin, daha sakin ama daha kararlı bir biçimde sözlerini tamamlamış.

Kevin ise daha çok Puck'un bu konudaki cesur tavrı karşısında afallamış, kendisine söylenenleri hazmetmek için biraz zamana ihtiyacı olduğunu hissediyormuş. Önünde oturan Kont'un zırhla kaplı bedeninin arkasına sinmiş ve hazmetmek için başka bir şeyler bularak zihnini dinlendirmek amacıyla, cebinden bir parça ekmek çıkartmış. Ama ekmek gözüne pek de iştah açıcı görünmeyince, onu ani bir kararla ağaçlara doğru fırlatmış. Bunu gören Puck, "HAYIR!" diye bağırırsa da, bu müdahale için artık çok geç olmuş. Ekmek parçası, gür yeşilliklere doğru bir açıyla süzülerek yolculuğuna başlamış bile.

Kevin'in attığı ekmek parçası, yolunun üstündeki ilk ağaca çarpıp, ağacın koskoca gövdesini paramparça ederek, heybetli

tepesini bir oduncu baltası ile kesilmişçesine devirdiğinde, bunu gören Prens şaşkınlık içerisinde kalmış ve gözlerine inanamamış. Sonra o ağacın arkasındaki ağacın da aynı felaketten payına aldığını ve sonra onun arkasındakinin de başına aynı facianın geldiğini görmüş. Daha da kötüsü, ekmek parçasının gözden kaybolduğu çizgi boyunca, ormanın içindeki dehşet verici karmaşa devam ediyormuş. Kocaman ağaçlar, güçlü bir yaydan fırlatılmış bir okun, üzerleri yapraklarla kaplı dizi dizi dev domino taşlarının ortalarını delip geçmesi gibi, birbiri ardına devriliyor parçalanıyorlarmış. Gür orman, sık dokusunun içerisinde daha ötede devrilen ağaçların görülmesini engellediğinden, bu karışıklık kısa sürede geçmiş gibi görünüyormuş. Kevin'in gördüğü dehşet verici olaydan ağzı açık kalmış.

Kısa bir süre sonra, ormanın üzerinde, uzaklarda bir ışık parlaması olmuş ve uğursuz bir bulut kütlesi ağaçların arasından göğe yükselmiş.

"Bu da neydi?" diye sesi titreyerek sormuş genç prens, "Ne yaptım ben?"

"Pekâlâ," diye söze başlamış, Puck, titrer gibi bir hareketle kendine gelmeye çalışarak. "Işık hızına yakın bir hızda giderken fırlattığın herhangi bir nesne de, aynı ilk hıza sahip olacaktır. Bu kadar hızlı giderken, ne büyük bir enerjiye sahip olunacağını düşünemediniz mi?"

Kevin düşünemediğini itiraf etmiş.

Puck, "Pekâlâ. Bildiğiniz gibi, bir nesne hareket ettiğinde, momentuma ve enerjiye sahip olmak zorundadır, öyle değil mi?" diye sormuş

Prens, bunun kendisine daha önce anlatıldığını söylemiş.

"Ve herhangi bir cisim ışık hızına yakın bir hızda gidiyorsa, sahip olacağı momentum ve enerji çok daha büyük olur, olmaz mı? Sakın ola ki, hızın belli bir limitin üzerine çıkamıyor olmasının, momentum ve enerjinin de sınırlı kalmasına neden olacağını düşünmeyiniz, çünkü değildirler. Uzayda, hareketin gerçek hızı asla ışık hızı sınırının üzerine çıkamıyor olsa da, momentum da, enerji de *sınırsızca* artabilir. Emin olunuz uzay ve zaman işte böyle davranır.

"Hem momentum hem de enerji, kütleye ve hıza bağlıdır ve sanki hız ışık hızına yaklaştıkça kütle artıyormuş gibi olur. Ha-

reket eden nesne ışık hızına yaklaştıkça, kütledeki artış doğrusal olarak değil, giderek artan bir ivmeyle yükselir. Aslına bakarsanız, kütle arttığını söylemek kanıtlanabilir bir görüş değildir. Böylesine yüksek hızlarla hareket eden nesnelerde kütle, enerjiden ayrı olarak ölçülemez ama momentum ve enerji, sanki kütle artıyormuş gibi bir etki yaratacak biçimde yükseldiklerinden, böyle söyleriz. Aslında, kütle ve enerjinin aynı şeyler olduğunu söylüyoruz.³ Düşük hızlarda kütle, çok az değişir, gerçekten de çok az. Bir şey hareket etmediği zaman, tahmin edebileceğiniz üzere, momentumu olmaz ama yine de enerjisi vardır, hem de büyük bir enerjisi. Bu enerji, *durgun kütle enerjisi*dir.

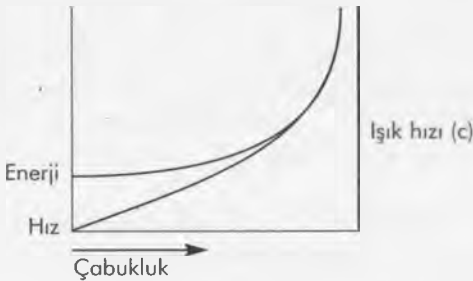
YÜKSEK VE DÜŞÜK HIZLARDA ENERJİ VE MOMENTUM

Cisimler ışık hızından daha hızlı hareket edemezler, ama bu hıza yaklaştıkça enerji ve momentumları sınırsızca artar.

Düşük hızlarda momentum sıfıra yaklaşır, ama enerji yaklaşmaz. Enerji, $E=mc^2$ ile verilen sonlu bir değere yaklaşır.

Buna, *durgun kütle enerjisi* denir.

Aslında kütle ve enerji aynı şeydir.



3. Kütle ile enerji arasındaki ilişki ünlü Einstein denklemi $E=mc^2$ ile gösterilir. c sabit olduğu için, bu denklem kütle ile enerjinin aslında aynı şey olduğunu söyler. Düşük hızlarda momentum $p=mv$ formülü, kinetik enerji ise formülüyle hesaplanır. v (hız) c 'den (ışık hızı) çok daha küçük olduğu için, durgun kütle mc^2 'de yalnızca küçük bir artış olur.

“Kütle enerjidir ve enerji de kütledir, bunu anlıyorsunuz değil mi? İnsanların kinetik enerji dedikleri şey, bir nesne düşük bir hızda hareket ettiğinde, kütledeki ya da sahip olduğu enerjideki küçük artıştan başka bir şey değildir. Bir cismin sahip olduğu durgun kütle ne kadar küçükse, onu hızlandırmak için daha az enerjiye ihtiyaç duyarsınız ama kütle küçük bile olsa onu ışık hızına ulaştırmak için yine de sonsuz miktarda enerji gerekecektir. Işık hızında gidememenin nedeni işte budur. Yalnızca, durgun kütlesi olmayan cisimler bu hızda gidebilirler. Sizin küçük ekmek parçanız, öyle *büyük bir enerjiye* sahipti ki, inanılmaz bir hızla gitti. Bu nedenle, bundan böyle seyahat halindeyken hiçbir şeyi *atmayın*.”

Kevin, kısık bir sesle üzgün olduğunu söylemiş ve yolculuğun geri kalan bölümü boyunca sessiz ve kıpırdamadan durmuş. Sonunda, kont ve Puck atlarını önce hızla sürmüş, sonra giderek yavaşlatarak, ulaşmak istedikleri yere varmışlar.

Ulaştıkları yerde, az ötede konik çatıları olan, uzun kuleli, muazzam bir kale görünüyormuş. Pek de mantıksız olmayan bir biçimde, bir peri masalında olması gereken kalelerden biri gibi duruyormuş. Kalenin önündeki düz arazide bir etkinlik sürmekteymiş. Atlarını yavaşça sürerlerken, bir grup okçunun bir hedefe ok fırlattıkları bir alandan geçmişler. Prens birbiri ardına giden okların hedeflerine doğru çok hızlı biçimde gittiklerini görmüş. Gayet hızlı hareket ediyor olsalar da, her okun havada uçuşu biraz zaman alıyormuş. Prens, gerçekte ne kadar bir hızın içinde yaşamakta olduklarını merak etmiş ve hala ormandaki yolculuklarındaki hızda mı yaşadıklarını sormuş.

“Evet, hiçbir şey değişmedi, hala hızlı gruplasınız,” diye yanıtlamış, Puck.

“Öyleyse,” demiş Prens, “oklar ekmek parçacısının fırladığı hızla sahip olmalıydı. Neden hedefe çarptıklarında problem çıkıyor?”

“Bu iyi bir tasarım meselesi, evet öyle. Hedefler, en iyi teknisyenlerimiz tarafından, hedeflere atılan nesnelerin enerji ve momentumlarını hiçbir hasara neden olmadan emecek şekilde tasarlanmıştır. Okçulardan biri amacına ulaşamayıp, hedefini ıskalarsa durum farklı olur tabi ama bizim peri okçularımız asla ıskalamazlar,” diye yanıtlamış Puck, ukala bir tavırla.

Prese göre bu iyi bir habermiş, çünkü kaleye doğru ilerledikleri yolları hedeflerin arkasından geçiyormuş. Kevin uzakta okunu onlara doğru çevirmiş bir okçu görmüş. Bu sefer, okun yayadan çıkıp hedefe ulaşmasındaki beklendik gecikme yerine, anında gelen bir 'tok' sesi duymuş ve okun hedefe saplanmış olduğunu idrak etmiş.

"Bu nasıl oldu?" diye bağırarak, "Birkaç dakika önce okların hedeflerine ulaşmasının biraz süre aldığını görüyordum ama bu ok fırlatıldıktan hemen sonra hedefine ulaştı. Ne değişti?"

"Yalnızca sizin konumunuz," diye cevap vermiş Puck. "Umarım aslında *neler olduğunu gördüğünüzü* düşünmüyorsunuzdur. Tüm olarak gördüğünüz, gözlerinize ulaşan ışık ve neredeyse ışık kadar hızlı giden oklar, evet sadece bunlar. Uçan oklar, onlara yandan baktığınızda, üzerlerinden yansıyan ışığı, yolları üstündeki her noktadan size ulaştırmak için bir süreye ihtiyaç duyuyor. Onları, gerçekte hareket ettikleri hızda hareket ediyor olarak görüyorsunuz. Hedefin arkasında olduğunuzda ise, ışık ve oklar size doğru birlikte geldiklerinden, okçu oku fırlattığında yola çıkan ışık, okun saplanmasından biraz önce gözlerinize ulaşıyor. Bu nedenle de, oktan yansıyan ışık sizi okun atıldığı konusunda bilgilendiren ışıktan çok kısa bir süre sonra ulaştığından, ok hemen gelmiş ve saplanmış gibi görünüyor. Genelde insanların sıkça yaptığı gibi, gördüğünüz şeylerin yüzeysel olarak gerçeğin kendisi olduğuna inanmamalısınız.

"Şimdi, gelin. Bir prens ve dolayısıyla soylu olarak, bu turnuva ya katılmanız gerek." Turnuva için düzenlenmiş temiz bir alana gelmişler. Kevin, iki şövalyenin birbirlerine doğru çılgınca at sürdüklerini görmüş ve şövalyelerden her biri mızrağını öne uzatmış sıkıca tutuyormuş. Süvarilerin zırhları ve koşum takımları farklı farklı renklerdeymiş. Uzaktaki şövalyeninkiler açık mavi iken, yakındaki kan kırmızı ile donanmışmış. At sürdükleri alan çitle çevrili ve bu etkinlik için temizlenmiş olsa da, yine de engeller yok değilmiş. Yerde birkaç derin çukur varmış ve şövalyeler çılgın ilerleyişlerinde bunların etrafından dolanmak zorunda kalıyorlarmış. Kalabalıktan gelen alkışlar arasında şövalyeler birbirlerine doğru, hızla yaklaşp çarpışmışlar. Enerjileri salınıp, büyük bir duman kütlesi ve toz bulutu göğe yükselirken, aynı zamanda bir ışık parlaması da olmuş.

Ve yerde bir çukur daha açıldığı görülmüş.

“Haydi, gelin bakalım. Bir de siz deneyin.” Kevin, kendisini utandıracak bu müsabakadan kaçmak için bir neden düşünürken, kontun onu hiçbir çaba harcamadan, burnundan soluyan iri yarı bir ata bindirdiğini, titreyen eline de bir



mızrak tutuşturduğunu ve turnuva alanına doğru dörtlü gitmekte olduğunu fark etmiş. Tam da kendisini korkak göstermeyecek bir bahane bulup bu turnuvadan kurtulmayı aklından geçirirken, karşısından mavi bir şövalyenin ona doğru inanılmaz bir hızla, mızrağını öne doğru uzatmış bir halde gelmekte olduğunu görmüş. Gözlerine inanmak istemese de, mızrağın öne doğru uzadığını açıkça *görüüyormuş*. Şövalye yaklaştıkça, mızrağı inanılmaz bir biçimde gitgide büyüyor ve kendiliğinden, büyümlü bir biçimde Kevin’in kalbine saplanacak gibi görünüyormuş. Delikanlı bir anda panikle atının dizginlerine öyle bir asılmış ki, at, rakibinin kendisini ıskalayacağı şekilde dönmüş ve rakibi yanından geçip gitmiş. Genç prens bu hamleyi atlattığı için rahatlamış ve derin bir nefes almış. Bindığı ata hâkim olmaya çabalamış. Eyerinde dönüp uzaklaşan rakibine bakmış ve atını dizginlerken, rakibinin zırhının maviden cansız bir kırmızıya dönüştüğünü görmüş. Bu sefer çok daha yavaş hareket ediyor gibi görünüyormuş ve elinde tuttuğu uzun mızrak, bu kez kısa ve siyaha çalan bir çiviye dönüşmüşmüş. İkisi de dizginlere asılıp hızla birbirlerine yaklaşıırken, rakibinin kırmızı tondaki zırhı daha cansız bir renge bürünüyormuş. Sonunda Kevin, giderek küçülen rakibi karşısında atını durdurmaya karar vermiş ve hemen bindiği hayvandan aşağıya atlamış.

“Nasıl, heyecanlı değil miydi?” diye sormuş yanına gelen Puck. Bir yandan da nefes nefese kalmış genç adamın ayakta durmasına yardımcı oluyormuş. “Bunun gibi deneyimler kalbinizin çılgın gibi atmasına neden oluyor, değil mi?” Kevin kalbinin o anki durumu için “durmak” kelimesinin, “atmak” kelimesinden daha doğru olabileceğini düşünmüş ama belli ki tartışmanın hiçbir faydası yokmuş. Bunun yerine, neden rakibinin gö-

rünüşünün bu kadar çok değişim gösterdiğini sormuş – neden mızrağı haksız yere büyümüş ve neden rengi değişmiş?

“Ah, pekâlâ, farklı cevapları olan iki farklı soru. Önce Sir Fitzgerald’ın mızrağının neden büyüdüğü konusunu ele alalım⁴, bunu açıklamamış mıydım? Bunun nedeni, size doğru çok hızlı yaklaşıyor olması ve size ulaşan mızrağın ucunun görüntüsünün daha o sizin çok uzağınızdayken gözünüze ulaşmış olması değil mi? Mızrağın ucunu, onu taşıyan kişi daha sizden uzaktayken, burnunuzun dibinde gibi gördünüz. Gerçekte, tabii ki daha önce size doğru atılan ok durumunda da olduğu gibi, oldukça uzağınızdaydı. Size söylenmiş olduğu noktadan ışıık kadar hızla geliyordu. Bu nedenle, size olduğundan daha hızlı yaklaşıyor-muş gibi göründü. Uzaktan görünen ışıık, adamın gelişinden kısa bir zaman önce size ulaştı. Böylece uzaktan yakınına doğru gelişi çok hızlı oldu. Bu durum, soldan sağa doğru atılan ok görüntüsünde olmamıştı hatırlarsanız. O büyümemiş ya da küçülmemişti. Gördüğünüz gibi olan biten sadece bundan ibaret. Çünkü okun görüntüsünün size ulaştığı yol boyunca olanlar, hemen hemen ışııkla aynı zamanda oluyordu. Her ne kadar küçük ölçekli de olsa, ‘Lorentz Daralması’na dikkatinizi çekmek isterim.

“Renkteki değişime gelince, hızlı hareket söz konusu olduğunda alışmanız gereken bir başka konu da budur. Bu durum Doppler etkisi olarak adlandırılır. Işıık uzayda bir tür dalgadır, evet öyledir ve mavi ışık daha hızlı dalgalanır. Birbirini takip eden iki dalga arasında mavi ışık, kırmızı ışıığa göre daha kısa bir dalga boyuna sahiptir. Bir şey size doğru hareket ediyorken, gönderdiği ışıığın arkasından geliyordur ve bu yüzden yaydığı peşi sıra dalgalar daha küçük bir uzaya sıkışır. Işıık *maviye kayar*. Ters durumda ise, yani ışık sizden uzaklaşan bir nesneden geliyorken, dalgalar yayılarak daha geniş bir uzay alanına dağılırlar ve ışık *kırmızıya kayar*.”⁵

-
4. Özel görecelikte Lorentz daralması, hareketli cisimlerin daha kısa olarak ölçüldüğü etkidir. Ama bu durum onları daha kısa görmemiz gerekiyor anlamına gelmemektedir. Lorentz Daralması, farklı noktalardaki ışıığın size ulaşmak için farklı zamanlar almasını kabul ettikten sonra elde kalan şeydir.
 5. Aynı Doppler etkisi polis ve ambulans siren lambalarında da kullanılmaktadır. Arabanın hızı, ondan geri yansıyan radyo dalgasının frekansını etkiler.

Kevin bunların hepsini zihninde düzenlemeye çalışırken, bir trompet fanfarı duyulmuş. Uzun gri sakalı olan bir mabeyincinin ardından gelen saraylı bir grup görünmüş. Mabeyinci yüksek ama titreyen bir sesle bağırmış: “Majesteleri geliyor. Kraliçe Fotonya’nın önünde eğilin!” Kont, hemen bir dizinin üzerine çöküp, kafasını öne eğmiş. Yakınlardan bir yerden kırbaç şaklaması benzeri yüksek sesler duyulmuş ve başka biri bu kez, “Majesteleri gidiyor!” diye seslenmiş. İlk baştaki ses bir kez daha duyulmuş ve üçüncü bir duyuru daha yükselmiş, “İşte, yeniden geliyor!” Kont, yüzünün, maalesef yerini belirlemesi pek de kolay olmayan hükümdara dönük olmasını sağlamak için, üzerine çöktüğü dizine ağırlığını vererek, olduğu yerde dört dönmüyormuş. Belli belirsiz bir görüntü, orada burada beliriyormuş ama kraliçe o kadar hızlı hareket ediyormuş ki nerede olduğunu görmek çok zormuş; hiçbir yerde bir an bile durmuyormuş.

“İşte bu majesteleri, Kraliçe Fotonya,” diye fısıldamış Puck. “Narin, küçük bir şeydir, aslında yanıltıcı bir varlıktır. Öyle hafiftir ki, var mı yok mu, belirsizdir. Aslına bakarsanız, görülebilir bir kütlesi yoktur. Neredeyse hiç kütlesi yoktur, anladınız mı? *Bir miktar enerji* den ibaret olduğu için de, sonsuza kadar ışık hızında hareket etmek zorundadır. ‘*La belle dame sans mc*’ olarak bilinir, evet öyle bilinir.”⁶

“Her zaman hareket halindedir ve olabildiği kadar hızlıdır. Sesten o kadar hızlı hareket eder ki hava bile yolundan çekilmek istercesine bir tepki verir ve Kraliçe, varlığını sadece bir sonik patlama sesi ile gösterebilir. Şimdi, onun ses duvarını aşıp aşmadığını sormayacağınızı umuyorum çünkü onun için aşılamayacak hiçbir duvar yoktur.”

Kevin kraliçenin parıltılı şekline odaklanmaya çalışırken, geçişi nedeniyle ortaya çıkan şakırtılı sesleri, peş peşe yüksek gıcırtiları ve sonrasında da düşük perdeden uzun iniltileri duyuyormuş. O sırada mabeyinci genç prenze yaklaşıp, başını resmi bir edayla eğerek onu selamlamış.

“Prens Kevin. Majesteleri size kendi bölgesinde görmekten mutluluk duyduğunu söylüyor.” Genç adam kraliçeyi görebilmenin kendisi için de bir zevk olacağını düşünmüş ama böyle

6. Bu em ce kare olarak okunur. Kütle karşılığı enerjiyi göstermektedir.

bir seçenek yok gibiymiş. Prens merakla, eğer kraliçe tüm bu sözleri söylediyse, neden kendisine söylenenleri duymadığını sormuş.

“Ah, Doppler etkisi yüzünden. Şövalyelerimizin size doğru gelirlerken mavi, sizden uzaklaşırken ise kırmızı gördüklerini fark etmişsinizdir. Size gelen ışığın frekansı yaklaşırken daha yüksek, uzaklaşırken ise alçaktır. Ses söz konusu olduğunda da, aynı etki var olmakla birlikte, ses çok daha yavaş hareket ettiği için bu etki abartılıdır.”⁷

O sırada başka bir gıcırta ve inilti patlaması olmuş ve mabe-yinci olanları açıklamak için sabırsızlanmış. “Majesteleri, hareketin doğasını aradığınız bir yolculukta olduğunuzu biliyor ve bunu anlayabilmeniz için, hareketin uzay ve zamandaki etkisini anlamak zorunda olduğunuzu düşünüyor. UzayZaman’ın, ya da 4 Boyutlu Uzay’ın karmaşık yapısıyla karşı karşıya gelmek zorunda olduğunuza inanıyor ve sizi 4 avlulu kalesine davet ediyor.”

Bunun üzerine, birçok saray mensubu görevli de kararlı bir biçimde harekete geçmişler. Kevin de onları takip etmiş. Grup kısa bir süre sonra, kalenin önünde olan bir alana varmış. Olu-dukça garip görünüşlü bu yer karşısında, Kevin şaşkına dönmüş.

Az önce terk ettikleri turnuva alanının aksine, bu meydan özel bir olaya ev sahipliği yapacak biçimde düzenlenmemiş, aksine yoğun biçimde kalenin burçlarına tırmanan ağaçlar, çalılar ve çeşitli küçük duvarlar ile her yandan sınırlandırılmış bir yer-miş burası. Bu arada Kevin ve yanındakiler, alana iyice yaklaşmış. Tam bu sırada, alanı kaplayan nesneler, onlara yaklaşırken daralmaya ve garip bir şekilde üç boyutlu hallerini kaybetmeye başlamış. Prens meydanın açıkça yayıldığını görebiliyor, her şey düzleşiyor, tamamen iki boyutlu bir yüzey haline geliyormuş. Bu yüzeyin üstünde ve aslında altında da, katmanlar halinde istiflenmiş pek çok paralel çizgi varmış.

Kraliyet grubu meydana vardığında, ağır, taht benzeri bir koltuk taşıyan bir uşak grubu sendeleyerek gelmiş ve koltuğu

7. Ses için Doppler kaymasını bir ambulans ya da polis arabası sirenin yanınızdan geçip giderken daha düşük bir notaya düşmesinde gözlemleyebilirsiniz.

avluyu iyi gören bir yere bırakmışlar. Uzun süren bir çalışma ile tahtı koydukları yerin üzerine büyük bir gölgelik yerleştirmişler. Kevin'e göre, tüm çaba tamamen boşunaymış çünkü durmak bilmeyen asilzadenin koltukta oturmasının, ya da bir an bile duruyor olmasının ihtimali yokmuş. Anladığı kadarıyla, bu kadar küçük, durgun bir kütleden ve hatta, daha ziyade, az bir enerjiden oluşmak, prense göre bir ceza gibiymiş. Sürekli olarak oraya buraya ışık hızına yakın bir hızda hareket etmek zorunda kalmanın, hiç de hoş olmadığını düşünmüş.

Önündeki manzaraya daha dikkatli bakınca, Kevin, 4 avludaki düz alanların üstünde iki boyutlu insanlarla ağaç ve çalılıklar görünce oldukça şaşırmış. Yığın halindeki bu yüzeylerin her birinde, üzerinde görünenlerin konumları sadece ufak farklılıklar gösteriyor ve bu resimlere hızla peş peşe bakıldığında, hareketli görüntüler oluşacakmış gibi duruyorlarmış. Kevin, bu gözlemine yüksek sesle söyleyivermiş.

"Pekâlâ, aslında bu saptamanız, görmek istediğinizi algılamak peşinde olduğunuzu gösteriyor, evet gerçekten öyle," diyen Puck'un sesi duyulmuş. Kevin'in dirseğinin dibinde belirmiş olan Puck, sözlerini şöyle sürdürmüştü: "Burada gördüğünüz, ardı ardına gelen zaman dilimlerinden başka bir şey değil. Cisimler zaman içerisinde değişip hareket ederler, böylelikle her hareket yalnızca ufak farklılıklar gösterir. 4 boyutlu uzaya baktığınızda, onun dört farklı yönü olduğunu görürsünüz. Bildiğiniz üç boyutlu uzayın yanında, bir de zaman yönü vardır. Yalnızca uzaydaki *noktaları* değil aynı zamanda *olayları* da görürsünüz. Bunlar hem uzayda hem de zamanda belirli konumları olan olaylardır, evet öyledir. Bu görünüşün gözlere ya da akla bir anlam ifade edebilmesi için, burada üç boyutlu uzay iki boyutlu görünmesi için bir araya sıkıştırılıyor ama gerçek uzay hala üç boyutlu; bundan emin olabilirsiniz."

"İyi ama, bu bana pek anlamlı gelmiyor," demiş Prens. "Uzayı görebilirim, tamam, ama zamanı nasıl görür ki insan?"

"Bunu nasıl söylersiniz!" diye haykırmış Puck, hiddetle. "Etrafınıza baktığınızda, uzayı zamandan bağımsız gördüğünüzü sanmıyorsunuz herhalde! Size verilen bunca bilgiden sonra bunu inanıyor olamazsınız. Uzaktaki bir şeye baktığınızda, aynı karenin içinde olan yakınınızdaki bir nesneyi göremez olursu-

nuz. Uzaklara baktığınızda gördüğünüz ışık, size geçmişten geldiği için, şimdiye değil, geçmişe bakıyor olursunuz. Bu görüntü size ışık konisinin içinde gelmiştir.”

Kevin ve Puck konuşurken, avlunun ortasından, parlak bir koni yükselmiş. Aslında iki koni varmış; biri zaman geçtikçe merkezinden simetrik olarak yayılarak yukarıya, geleceğe doğru uzuyor, dengeleyici koni ise aşağı, geçmişe doğru gidiyor ve uzaklaştıkça daha geniş bir alana yayılıyormuş.

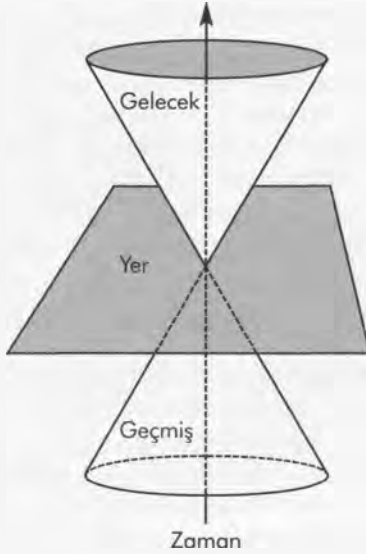
Mabeyinci, kraliçenin her an oturabileceği kaygısıyla ve anlamsız bir umutla tahtın yanında durmaktan yorulmuş, onların olduğu tarafa doğru yürümüş. “Bu kraliyet yolunu gösterir, kütleliğin uzay ve zaman yapısında seyahat ederlerken kullandıkları yolu. Bu ‘sınır hızda’ yolculuk yapan yalnızca ışık değildir. Durgun kütlesi olmayan herhangi bir şey de, aslında tam bu nihai hızda gidebilir.” Uzun bir ipin ucundaki gözlüğünü burunun üstüne yerleştirmek için konuşmasına kısa bir ara vermiş. Gözlük sayesinde konilere yakından bakabiliyormuş.

“Burada görünen bu iki koni, cisimlerin merkezinde sizin konumunuzda birleşirler. İki koninin birleştiği yerde durduğunuzda uzay ve zamanın nasıl görüldüğünü izleyebilirsiniz,” diye başlamış sözlerine. Mabeyinci, birden kısa bir süre susmuş, Kevin, bunu araya girmek ve aslında konilerin birleşme yerinde olmadığını, ama burada onlara baktığını söylemek için bir fırsat olarak kullanmış. Mabeyinci çok belli olan bir şeyi açıklamaya mecburmuş gibi iç çekmiş.

IŞIK KONİSİ

Özel görecelik, dört boyutlu uzay-zamanın bir şekli çizilerek gösterilebilir. Bu şekil üç uzay boyutu yanında bir de zaman boyutuna sahiptir. Dört boyutu çizemeyeceğimiz, hatta hayal bile edemeyeceğimiz için, bu durum pratikte yalnızca iki boyutun çizilebileceği anlamına gelmektedir.

Bu şeklin ortasında gözlemci bulunur ve ışığın uzay ve zamanda izlediği yol başlangıç noktasından başlayarak ışık konisi ile gösterilir.



"Bu yalnızca size anlatmak için sahnelenmiş bir gösterimden başka bir şey değildir, genç adam. Siz söz konusu olduğunuzda, genellikle 'her şeyin merkezinde' olduğunuzu hissettiğinize eminim. Ama bu gördüğünüz, şu anda nerede ve ne zamanda olduğunuzu gösterir. *Konumunuz ve anınızdır*; bu nedenle, şurada görebileceğiniz gibi, konilerin birleştiği yer burayı, şimdiyi temsil eder. Siz yıldızsınız. Bunu meslektaşımın yardımıyla açıklayacağım."

Sonra dönüp kaleye doğru bakmış. Kevin, onun bakışını takip etmiş ve kolunun altında bir bohça taşıyan genç bir adamın gelmekte olduğunu görmüş. Bu yeni gelen adam da gözlük takıyormuş ama onun gözlükleri küçük ve yuvarlakmış. Çenesinin altında da bir tutam komik sakalı varmış. Yeleğine dikilmiş cebin içinde etkileyici telek uçlu kalem varmış. Oldukça az görünen bir tür olduğu besbelliymiş; Ortaçağ'a ait bir bilgisayar dâhisi görünümü veriyormuş. Yanlarına gelince, elindeki yükü orada bulunanların incelemeleri için yere bırakmış ve iplerini

çözmüş. Eşyaların arasında bronz, siyah renkte, yontulmuş bir kafa görünüyormuş.

“Merhaba, ben Basmakalıp Sanatçılar Derneği’nin bir üyesiyim,” diye tanıtmış kendisini. “Bu, evrenin tüm sırlarını ortaya çıkartmak için Roger Bacon tarafından tasarlanmış gerçek bir 1. Mark bronz kafasıdır. 4 boyutlu uzay şeklini açıklamak için bunu kullanacağım.” Bekleyen gözler önünde dikkatle elinde tuttu-



ğu kafaya bakmış. Bir süre hiçbir şey olmamış. Sonra bronz kafa ağzını açmış ve gıcırdayan alçak bir sesle, “Zaman vardır,” demiş.

“Tamam” diye sürdürmüş sanatçı. “Bu geleceği taşıyan ışık konisi demek. Burada gördüğünüz üstteki koni, ışığın sizden geleceğe hareket ederken gidebileceği tüm olası yollar ile sınırlanmıştır. Bu koninin içindeki bölge olası gelecekleri içerir, ışıktan hızlı gitmeden örneklerini alabileceğiniz gelecekleri; ama tabii ki böyle bir şey yapamazsınız. Konide birisinin ya da bir şeyin arkaya bakıp da sizin orada olduğunuzu görebileceği tüm olaylar bulunmaktadır. Koninin merkezinden yukarı doğru gidense zaman ekseninizdir.” Konuşmayı kesmiş ve yine bekleyen gözlerle bronz kafaya bakmış.

Öncekinden daha uzun bir sessizlik olmuş ve Kevin, kafada metalik bir dik kafalılık ifadesi gördüğünü düşünmüş. Sonra kafa yine konuşmuş, “Zaman vardı,” demiş sadece.

“Bu da tabii ki geçmiş ışık konisi demek. Bu sizin geçmişinizdir ya da aslında tüm olası geçmişlerinizdir. Bu koninin içinde, ışıktan hızlı gidemeyeceğiniz için ondan yavaş olan hareketle ayrılmak zorunda olan gerçek geçmişteki tüm olaylar bulunacaktır. Konide şu andaki görüş açınızdan görebileceğiniz tüm olaylar bulunacaktır. Görebildiğiniz her şey geçmişinizde olaktır çünkü size ulaşması için zaman gerekmektedir. Ve şimdi de gerçekten ilginç bir şey geliyor,” demiş ama bu söyleyişi çok inandırıcı değilmiş.

Bronz kafanın donuk özellikleri birtakım yoğun mekanik duyguların etkisinde gibi görünüyormuş. "Zaman...", diye başlamış gıcırtyla, sonra hiçbir uyarıda bulunmadan binlerce parçaya dağılmış. "Ah, canım," demiş sanatçı. "İşletim sistemi çöktü!" Umutsuzca tüm küçük parçaları toplamaya ve onları kafanın orijinal paketinde bir araya getirmeye başlamış.

Bir yandan dağılan parçaları toplayan sanatçıya küçümseyen bakışlar atan mabeyinci "Tüm bu aletlerden hiç hoşlanmıyorum," demiş "Her neyse, geçmiş ve gelecekteki tüm olaylar sizden *zaman-benzeri aralıklar* ile ayrılmıştır. Uzaydan ziyade, zamandırılar ve bir şeyin böyle bir aralıkta hareket edebilmesi anlaşılır bir şeydir. İki koninin dışındaki alan olan 4 boyutlu uzayın geri kalan kısmı, ne geçmiş ne de gelecektir. Burası tamamen yabancıdır; bilinemeyendir. Bu bölgedeki tüm olaylarsa sizden *uzay-benzeri aralıklarla* ayrılmıştır ve böyle bir aralıktan hiçbir bilgi, haber ya da haberci gelemmez."

"Yani," diye sormuş prens, "bu bölgede sonsuza kadar bilinmeyen olarak kalmak zorunda olan olaylar mı var demek istiyorsunuz?"

"Sonsuza kadar olduğunu kim söyledi? Bahsettiğim olaylar, sizinle *şu anda* iletişim kuramazlar, ama eğer beklerseniz, sonunda size bir sinyal ulaşabilir. Bu gelecek zaman çizginizde çok ileri bir noktada olacak bir olayla ortaya çıkacaktır. Zaman geçtikçe, ışık koninizin bulunduğu nokta sizinle buluşacak ve geçmişinizin alanı, daha önce *uzay-benzeri* bir ayrımı olan olayları da kapsayacak şekilde büyüyecektir. Bir olaydan gelen ışık sinyali size ulaşır ulaşmaz, geçmiş ışık koninize dâhil olacak ve o zaman onu bilmeniz de mümkün olacaktır. 'Bekleyen derviş muradına ermiş' atasözünü bilirsiniz. Artık her şey açık mı?" diye bitirmiş sözlerini, tez canlılıkla.

"Anlıyorum," demiş, bir şekilde meseleyi anlamış olan prens. "Ama neden *benim* geleceğim hakkında bu kadar çok konuşuyorsunuz ki? Geçmiş ve gelecek herkes için aynı değil midir?"

"Hayır, kesinlikle değildir," diye bağırarak sabrı tükenmiş olan mabeyinci, gözlüklerinin üzerinden. "Tam olarak ne göreceğiniz, nerede bulunduğunuza, ne zaman baktığınıza ve ayrıca o anda ne kadar hızlı hareket ettiğinize bağlıdır."

"Tamam, baktığım yerdeki uzay ve zamanın ne göreceğimi etkileyeceğini kabul ediyorum, ama ne kadar hızlı hareket ettiğime neden bağlı olmak zorunda ki?"

"Hala anlamadınız mı? Buraya gelirken oldukça çılgınca at sürdüğünüzü ve hareket eden bir cisim için zamanın yavaşladığını fark ettiğinizi sanıyorum. Ayrıca sizin için kısaldığı da doğrudur. Ama tam olarak *gördüğünüz* bu değildir. Işık, tembel bir şekilde yol aldığı için, olayları olaydan biraz sonra görürsünüz ve bu gecikme bazı konumlar için diğerlerinden daha büyük olacaktır. Her şeyden önce, bu gecikmeyi hesaba katmalısınız ve bunu yapınca da farklı hızlarda hareket eden insanlar için uzay ve zamanın gerçekten farklı olduklarını görürsünüz. Ne demek istediğimi göstermeme izin verin.

"Sultanım," diye seslenmiş birden, kraliçesinin titreşen gö-rüntüsüne hitap ederek. "Bu gösterimde şövalyelerimizden birinin bize yardımcı olmasını isteyebilir miyim?" Sıralı bir birlik halinde duran şövalyelerden birine doğru dönerken, kısa bir gı-cırtı ve ardından gelen uzun bir inleme, muhtemelen gerekli onayı veriyormuş. "Bay Lorentz, uzun mesafelerde dörtnala at sürme konusunda iyi misinizdir?"

"Tabii ki Sultanım," diye yanıtlamış kahraman şövalye, kraliçesinin kendisine cevap veriyormuş gibi. "Hangi yöne?"

"Fark etmez. Sadece gidin."

Her ne kadar ikinci ağızdan iletilse de, bu son öneri aslında bir kraliyet emriymiş ve peri şövalye birden atına atlayıp sürmeye başlamış. Kevin, şövalyenin kraliçesine itaat etmesindeki heyecanına karşın, ne kadar yavaş gittiğini görünce şaşırmış. Daha sonra, bu gördüğünün, uzaklaşan şövalyeden gelen *ışık* olduğunu hatırlamış ve şövalye uzaklaştıkça, ışığın ulaşması da daha çok vakit alıyormuş.

Bu arada 4 avlulu manzara da değişiyormuş. Yeni bir zaman ekseni ilkiyle belirli bir açı yapacak şekilde yükseliyor ve bu ek-senden uzaklaşan şövalyenin yaşadığı uzay olarak işaretlenen yeni bir düzlemler grubu oluşuyormuş. Bunlar Kevin'in uzayını gösteren düzlemlerden dolayı yan yatıyor, tıpkı şövalyenin zaman çizgisinin de eğildiği gibi, her ikisi de ışık konisine doğru bükülüyorlarmış.

“Burada Sir Lorentz’in uzay ve zamanını görüyorsunuz. Hala sizin yanınızda olsa da, yalnızca hareketi yüzünden farklı bir uzay ve zamanda yaşamakta. Zamanı ve uzayı sizinkiyle karşılaştırıldığında ışık konisine doğru bükülmüştür. Ne kadar hızlı hareket ederse, uzay ve zaman birlikte o kadar bükülmüş görünürler. Işık hızında hareket ediyor olsa da, sizin için onun anları sonsuza kadar sürer ve gittiği tüm mesafeler sıfıra iner. Artık onun için uzay ve zaman olmadığına dikkat ediniz.”

Genç prens ve yaşlı mabeyinci yan yana duruyorlar ve hala parlayan ışık konisinin etkisinde olan 4 avlunun manzarasına bakıyorlarmış. Mabeyinci yine söze girmiş.

“Genel olarak, hareket görecelidir. Bir gözlemci, bir şeyin hareket ettiğini görebilir ama başka bir gözlemci de cisimle aynı hızda olabilir ve bu yüzden onu hareketsiz görebilir. Dahası bir diğer gözlemci daha da hızlı gidiyor olabilir ve bu cismin zıt yönde hareket ettiğini görebilir. Tüm gözlemcilerin kendi uzay ve zamanları vardır. Göreceli hareket kavramın apaçık olan bir istisnası vardır: Bir gözlemci, başka bir şeyin ışık hızında gittiğini görüyorsa, tüm gözlemciler de onun ışık hızında gittiğini göreceklerdir.

“Bir ışık kaynağına doğru ilerleyen birisi ile ondan uzaklaşan birisinin ışık hızını farklı ölçmeleri gerektiğini düşünebilirsiniz. Ne de olsa bu koşan bir adam ya da bir ok durumunda gördüğünüz şeydir. Aslında hepsi de aynı hızı gördüğü için, bu durum uzay ve zamanın düşündüğün gibi şeyler olmadığını gösterir. Kendilerini hareketinize bağlı olarak farklı biçimde gösterirler. Bu, söz konusu farklılığı açıklamaktadır.” Mabeyinci dönmüş ve artık iki zaman ve buna uygun biçimde iki uzay eksenini göstermekte olan 4 avludaki UzayZaman görüntüsünü işaret etmiş.

“Orada uzay ve zamanın Sir Lorentz’e ve size nasıl görüldüğünü görüyorsunuz. İkiniz de *kendinizi* hareket ediyor olarak görmezsiniz, sadece o, kendisini farklı zaman ve farklı konumda bulacaktır. Sir Lorentz’e gelindiğinde, zaman geçtikçe kendinizi farklı konumlarda bulduğunuz için, zaman eksenini sizinki ile aynı olmayacaktır. Onun eksenini, onun için *burada* birbirini izleyen farklı zamanlarda olacak tüm olayları gösterir. Bu durum,

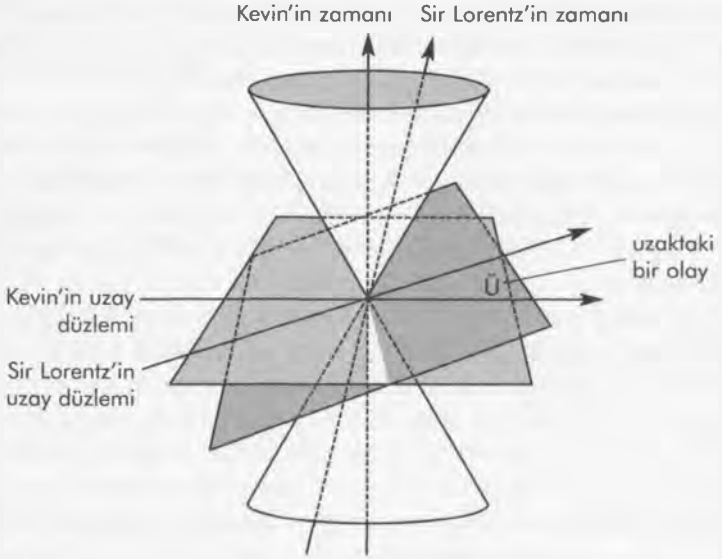
başka bir deyişle 'farklı zamanlarda nerelerde bulunacağı' bilgisini verir ve açıkça sizden uzaklaştığını göstermektedir. Bu nedenle de onun zaman eksenini, 'şimdiki' konumundan dolayı size göre uzaklaşacaktır. Burada şaşılacak hiçbir şey yok. Onun uzayı farklı görüşü bu kadar açık olmayabilir. Uzay ve zaman birbirine o kadar geçmiştir ki, sizden uzaklaşma hareketi sizin ve onun 'şimdiki' herhangi bir yerde farklı zamanlarda işaret etmenize neden olur. Önünüzde gördüğünüz bükülmüş düzlem, onun 'şimdi' olduğunu sandığı uzaydaki farklı konumlardaki tüm bu olayları gösterir ve sizin bulduğunuz yerlerde değildir. Göreceli hareketiniz yüzünden, ikinizin farklı bir zamanı ve uzayı vardır."

"O kadar farklılar ki sizin için gelecekte olan herhangi bir şey, aslında geçmişte olabilir. Çok, çok uzaklardaki bir olay düşünün." Mabeyinci, 4 avluyu izlemekte olan zabıtlarından birine eliyle bir işaret yapmış ve o da, iki düzlem arasına, iki gözlemci için 'şimdiki' gösteren küçük bir altın yıldızı dikkatle yerleştirmiş. "Her ikiniz için de, uzaylarınız, göreceli hareketi nedeniyle, zaman içerisinde bir diğerinizin gördüğü uzaya göre yükseltilmiştir. Burada gösterilen uzak olay, onun uzay düzleminin altında, yani 'şimdi' düzleminin aşağısında yer alıyor ve bu nedenle de geçmiş olarak beliriyor. Burada sen aynı olayı kendi 'şimdi' düzleminin üzerinde göreceğinden, bu durum senin geleceğinde demek oluyor."

FARKLI GÖZLEMCİLER İÇİN UZAY VE ZAMAN

Herkes ışığın aynı hızda hareket ettiğini görür. Bu da birbirlerine göre hareketli olan gözlemcilerin uzay ve zamanı farklı görmelelerini gerektirir. Uzay düzlemlerinin yönelimleri bu düzlemler boyunca uzanıyor olarak gösterilen eksenlere bakarak daha anlaşılabilir hale getirilebilir. Bu durum ayrı ayrı gözlemciler için Sir Lorentz'in hareketi boyunca da kendini gösterir. Şunu unutmamalıdır ki, hareketli gözlemci olan Sir Lorentz için geçerli olan bu iki uzay eksenini ile zaman eksenini, 'durağan' gözlemci olan Kevin'e ışık konisine doğru bükülüyor olarak görünür.

Uzaktaki bir olay, iki farklı uzay düzleminde bulunabilir ve bu yüzden de, bir gözlemci için gelecekte görülen, diğeri için geçmişte olabilir.



"Böyle bir şey olamaz," diye feryat etmiş genç adam. "Uzay ve zamanda ne kadar bozulma olduğunu söylerseniz söyleyin, olayların sırasında bir değişiklik yapılamayacağından eminim. Bir olayı yaşarken, diğerini hatırlayıp hatırlamadığımı kesinlikle bilebilirim. Farklı insanların geçmişi gelecek veya geleceği geçmiş olarak göreceklere inanmak, bana zor geliyor."

"Görmezler." Mabeyinci gözlüklerinin üstünden bir kez daha ciddi ciddi bakıyormuş. "Aslında, buradaki nokta onları *görmemeleridir*. Görseler de, çok sonra görürler. Böyle bir belirsizliğin bulunduğu yer, ışık konisinin dışındaki yalıtılmış uzay-benzeri bölgede var olur. Ama bu durum, böyle olayların sonsuza kadar bilinemez kalmak zorunda oldukları anlamına da gelmemektedir. Yalnızca bekleyin; onları ışıkları size ulaştığında görebilirsiniz, ama o zaman da hepsi geçmiş zamanda olmuş bitmiş olaylar olacaklardır. Bu, farklı gözlemciler aynı ışığı görüp farklı zamanlara ait bilgileri izlediklerini anladığında *olacaktır*."

Kelimeler havaya karışırken, bir kez daha kraliçenin geçişi yüzünden oluşan alışıldık patlamalar, gürültülü gıcırıltılar ve ardından da yavaş yavaş kaybolan inlemeler duyulmuş.

“Majesteleri, zaman ve hareketin doğası hakkında yeteri kadar bilgi aldığınızı hissettiğimi iletiyor. Artık sizin için evinize geri dönme zamanı gelmiş görünüyor. Puck, kraliçenin topraklarının sınırlarına kadar size eşlik edecek.”

Prens başıyla selam vermiş ve teşekkürlerini iletmış. Mabe-yinciye selamlamak kolaymış ama başını kraliçeye doğru ne tarafa döndürmesi gerektiğini bir türlü bilememiş ve bu yüzden de, emin olmak için, her yöne selam vermiş. Bu sırada Puck, küçük midillisiyle ona yaklaşmış ve arkasına atlamasını söylemiş. Genç prens kendisine söyleneni yaptıysa da, bu ufak tefek cin midillisine binerken vicdan azabı çekmiş, bacakları yere sürünmediği için de çok memnun olmuş.

“Evet, eve dönüyoruz, aynen öyle.” Pek de iyi uyuşmayan bu ikili (midilliyi de sayarsak üçlü) kaleyi arkalarında bırakıp, orman yoluna doğru ilerlemişler.

“Pekâlâ, genç arkadaşım,” demiş Puck, sırf bir konuşmak başlatmış olmak için, “Evine çarpıcı düşüncelerle dönüyorsun. Tüm hareketlerin göreceli olduklarını biliyorsun. Başka bir şeye göre göreceli hareket edebilirsin, evet edebilirsin, ama hareket edenin sen mi, yoksa karşıdaki mi olduğunu söyleyemezsin. Bu soru kesinlikle anlamsızdır. Ama ne kadar hareket halinde olunursa olunsun, dışarıdan bakan her göz için ışık kendi hızında hareket eder. Kimse de bundan hızlı hareket edemez.

“Bu biraz garip bir durumdur ama öyle olduğu için de uzay ve zaman ilişkisinin hiç ummadığın şekillerde bükülme zorunluluğu doğmuştur. Sen mi, yoksa onlar mı hareket ediyor, bunu tam olarak söyleyemeyiz ama bunun aksine ikinizin farklı hareket edip etmediğinizi kesinlikle söyleyebiliriz. Bununla birlikte, UzayZaman’daki bükülmeler gözüne görünebileceğinden daha azdır. Göz, zavallı şey, yalnızca ışığı görebilir ve uzaklardan gözünüze ulaşan ışık, geçmişini gösterebilecek olan yegâne kayıttır. Geçmişteki halleri ile hareketli cisimler gördüğünde, bunların o anda, doğal olarak farklı konumlarda oldukları unutulmamalıdır. Uzaklara baktığında, geçmişe bakıyordur, evet öyle, ve görebileceğin en uzak yer, uzayın derinlikleridir. Algılarında-

ki bu bükülmelerin gerçekten önemli hale geldiği uzaklık ve hızlar, yıldızlar ve galaksiler arasındadır.”

Kevin olanlar ile gördükleri arasındaki ayrımı kafasında netleştirmeye çalışırken bir süre sessizce ilerlemişler. Sonra Puck, hareketin başka bir boyutunu açıklamak için sessizliği bozmuş.

“Enerji ve momentumun hareketin önemli unsurları olduğunu öğrendin; evet, onlar sıradan insanların inandıklarından çok farklıdır. Hızlar, izin verilen sınırı aşamasalar da, momentum ve enerji her değere ulaşabilir. Hız en büyük değerine yaklaşıırken, kütle artıyormuş gibi olur.

“Artık bildiğin bir başka konu da,” diye devam etmiş küçük yeşil rehber, “hareket olmadığında bile, enerjinin hala dikkate değer bir değeri olduğudur. Kütleli olan her şeyin ‘durgun kütleli enerjisi’ vardır. Aslında kütle ile enerjinin aynı şey olduğunu da biliyorsun.

“Ve işte böyle. Bunlar bildiğin ve bilmen gereken her şey – ya da hemen hemen hepsi. Artık gitmek zorundayım.” Ormanın sınırına yaklaşmış bulunuyorlarmış.

“Biraz daha benimle birlikte gelemez misin?” diye sormuş, kendine fazlasıyla güvenli bu cine fena halde bağlanmış olan Kevin.



“Gelemez!” diye araya başka bir ses girmiş. “Majestelerinin açık emri ile, Puck’un size daha fazla eşlik etmesi yasaklanmıştır.” Yolun kenarında, gözden uzak bir noktada, siyah, ciddi bir takım elbise giymiş olan ciddi görünümlü bir perinin oturduğu küçük bir masa görmüşler. Masada “Puck burada durur” yazılı bir levha varmış.

Kevin üzüntüyle Puck’tan ayrılmış ve eve giden yolda tek başına ilerlemeye başlamış. Kısa bir süre sonra vadiyi bulmuş, kaleye gitmiş ve kralın huzuruna çıkmış. Orada babasına hareket hakkında keşfettiği her şeyi anlatmış. “Aferin oğlum. Yolculuğunu tamamladın; artık benim yasal varisimsin. Ama...” demiş kral, kalenin penceresinden krallığının topraklarını çepeçevre kuşatmış olan gür ormana bakarak, “ama keşke seni ağaç kesme hakkında bir şeyler öğrenmeye göndermiş olsaydım diyorum...”

ikinci masala giriş

“Size genel olarak momentum, enerji, zaman ve hareket hakkında bir hikâye anlattım,” dedi Masalcı dinleyicilerine, koltuğuna daha rahat bir biçimde kurulurken. “Artık size yıldızlar ve onların uzayın engin boşluğundaki çarpıcı hareketlerini anlattığımda, beni daha iyi anlayarak dinleyecek durumdasınız. Ya da aslında,” diye ekledi, “yıldızları oluşturan maddenin doğası hakkında bir şey duyduğunuzda o duruma geleceksiniz.

“Yıldızların içinde yoğun olarak bulunan maddeyi anlamadan, bir yıldızın davranışını nasıl anlayabilirsiniz ki? Çünkü yıldızların davranışı bu maddenin nasıl davrandığına bağlıdır ve bu da içerdiği parçacıkların doğasını yansıtır. Yıldızların nasıl meydana geldiği, yaşadığı ve öldüğü ve bizim oluşumumuzda da var olan birçok elementi nasıl ürettiği, uygun koşullardaki atom ve çekirdeklerin davranışlarına bağlıdır. Gördüğümüz yıldız bolluğunu yaratan işte bu davranıştır.

“Daha fazla ilerlemeden önce, size atomları, elektronları ve onların üstünde hüküm süren garip kuantum davranışlarını konu alan bir masal anlatacağım; ‘Pamuk Prenses ile Partikül kadar Küçük İnsanlar’ masalını.

“Pamuk Prenses, üvey annesi olan kraliçe ile birlikte yaşayan bir prensesti. Kraliçe, Pamuk Prenses’i kıskanıyordu ve bir gün kraliyet avcısından onu pikniğe gidermiş gibi kandırıp ormana

götürmesini ve orada öldürmesini istedi. Usta avcı bunu yapamadı ve Pamuk Prenses'e kaçmasını söyledi; gidebildiği kadar uzağa ve gidebildiği kadar hızlı..."

ikinci masal:

PAMUK PRENSES *ile* PARTİKÜL *kadar* KÜÇÜK İNSANLAR

(Dünyamızın derin bodrum katlarına doğru)

Pamuk Prenses ormanın derinliklerine doğru kaçmış, karanlık kesimlere doğru koştukça koşmuş. Koşarken de, sonunda ormanın derinliklerinde kaybolmuş ve ağaç dalları elbiselerini yırtmış. Birden bastığı yeri göremeyip, çeperleri dik bir çukura yuvarlanmış. Sendeleyerek ayağa kalktığında da, artık amacına ulaştığını anlamış; *Kaybolmuş*.

Ne yapacağını düşünerek dolaşırken karşısına çıkan ve dört yönü gösteren bir yön tabelası görmüş. Elbette bu durum çok cesaretlendiriciymiş çünkü ormanda kaybolduğunda bir yön tabelasıyla karşılaşmak, genellikle iyi bir karşılama işaretiymiş.

Ancak bu yön tabelalarına daha yakından bakılınca, pek de kendilerinden beklendiği kadar faydalı bilgiler içermedikleri görülmüş.

Bir tanesi gökyüzünü gösteriyor ve üzerinde şunlar yazıyormuş:

KÜTLEÇEKİM: YUKARI BAKIN

Başka bir tanesi her yönü gösteriyor ve üzerinde şöyle yazıyormuş:



ELEKTROMANYETİZM: ETRAFA BAKIN

Üçüncüsü yeri işaret ediyor ve üzerindeki yazıda şunlar ya-
zıyormuş:

GÜÇLÜ ÇEKİRDEK ETKİLEŞİMİ: YERE BAKIN

Dördüncü ve son tabela ise, sadece kendisini göstererek üye-
rinde şöyle bir yazı görünüyormuş:

ZAYIF ETKİLEŞİM: DİKKATLİ OLUN!

Neticede bunlar, prensesin şu andaki durumuna pek faydası
dokunmayan bilgiler olduğu gibi, aslında hiçbir durumda kim-
seye faydalı olabilecek gibi de durmuyorlarmış. Prenses mutsuz
bir edayla yön tabelalarına bakarken, birden yanibaşında kısık
bir ses duymuş: “Bunlar dünyanın temel etkileşimlerini gösteri-
yorlar.”

Kız, hızla etrafına bakınmış ama kimseye görememiş. “Kim-
siniz?” diye bağırmış.

“Ben Küçük İnsanlar’dan biriyim. Ayaklarınızın dibine bakın.” Pamuk Prenses, sesin söylediğini yapmış ve zarif yemenilerinin ucunda duran ufak, mini minnacık bir adam görmüş.

“Ne demek istiyorsunuz?” diye sormuş.

“Bu tabelalar Evren’deki tüm maddeyi bir arada tutan dört temel etkileşimi gösteriyor. Onlar olmadan, madde ya da Evren diyebileceğimiz hiçbir şey olmazdı. Tabii ki, bütün bunları merak edip anlayacak olan ‘siz’ de olmazdınız.

“En büyük ölçekte, yıldızları, dönen büyük galaksilere bağlayan kütleçekimin etkisini görürsünüz. Biraz daha küçük ölçekte, kütleçekim, üzerinde durduğumuz Dünya gibi gezegenleri, anneleri olan Güneş’in etrafında hareket ettiren güçtür.”

Pamuk Prenses yukarı doğru bakmış ve ağaç yapraklarını arasındaki bir açıklıktan gökyüzündeki yıldızların parlak manzarasını görmüş.

“Bununla birlikte, burada, Dünya yüzeyinde, elektriksel bir alanda yaşıyoruz. Kütleçekimin bizim üzerimizde sadece küçük bir etkisi var. Bu çukura düştüğünüzde size yaptığı etki pek de küçük gelmemiş olabilir ama kısa sürede zemine ulaştınız ve zemin de sizi kolayca destekledi. Burada, Dünya’da etrafınızdaki cisimlerin oluşturduğu maddi çevre ve hatta sizin vücudunuzu oluşturan maddeler üzerinde daha fazla düşünülmesi gereken yapılarla doludur; sıvılar ve katılar. Düşmemek için dikkatli olmak gerekebilir, doğru, ama düşerseniz de sonuç sadece bir yaralanma olur. Düşme sonucunda, bedeni meydana getiren atomlarınıza ayrılmazsınız, örneğin.

“Katıları bir arada tutan elektromanyetik etkileşimdir ve yakındaki birkaç atoma tüm Dünya’nın yerçekimi tarafından uygulanan kuvvete kolaylıkla karşı koymak için büyük bir güç verir. Benimle gelip bakarsanız atomik etkileşimlerin etkilerini görebilirsiniz.”



ELEKTRO MANYETİZM BİZİM ETKİLEŞİM TÜRÜMÜZDÜR

Bizler elektromanyetizm yaratıklarıyız. Elektromanyetizm, atomları bir arada tutan ve aynı zamanda elektronları atomların içinde tutan ve böylece iç dengeleri sağlayan bir etkileşimdir. Kimyadan sorumludur ve ışığın kaynağıdır. Işığı görmemiz ve sinir sistemimiz aracılığıyla bir şekilde gördüklerimizin beynimize taşınıp orada görselleşmesini sağlayan da bu etkileşimdir.

Pamuk Prenses, bu cümleleri söyleyen küçük adamın birden bire prensesle aynı boya gelene kadar büyümesi karşısında hayrete düşmüş. Bu çarpıcı dönüşüm, kendisinin de bir şekilde *değişmiş olduğu gibi* bir duyguya kapılmasına ve rahatsız olmasına neden olduğundan, durumdan emin olmak için dikkatle etrafına bakınmış. Tepesindeki ağaçlar aynı görünüyörlarmış ama her nasılsa biraz daha uzaklaşmış gibilermiş. Uzaktaki yıldızlar da yine uzak görüyormuş ama daha öncekinden daha fazla değil. Ama yakın çevresindekiler biraz farklı görünüyormuş. Üzerinde durduğu yer, daha önce çimenli bir açıklıkken, şimdi omzuna kadar yükselen bitkilerle çevriliymiş ve her yanından büyük, düz, yeşil yapraklar sarkıyormuş.

“Evet, canım,” demiş Küçük İnsan, Pamuk Prenses’in düşüncelerini anlarcasına. “Benim ölçüme indiniz ve çimenlerin ince uzun yaprakları arasındasınız. Bu seviyede yürürken, kütleçekimin öncekine göre önemini kaybettiğini göreceksiniz. Gelin.” Küçük İnsan ağır ağır yola koyulmuş ve kız da onu takip etmiş. Daha önce etrafa yayılmış olan küçük taşların, artık iri kaya parçaları, hatta küçük kayalık tümsekler haline gelmiş olması yanı sıra, Pamuk Prenses’i esas şaşırtan, bu tümseklere gayet güzel tırmandığını ve uzak mesafelere sıçradığında yaralanmadan hedefe ulaşabildiğini görmek olmuş. Çamur içindeki bir su birikintisinin yanında soluklanmak için biraz durmuş.

“Size dediğim gibi olduğunu gördünüz mü? Eğer küçükseniz, tırmanırken ya da zıplarken kütleçekimin üzerinizdeki etki-

si daha az olacaktır. Ne kadar küçükseniz, onun önemi de o kadar az olur.”

KÜTLEÇEKİM BÜYÜK ÇOCUKLAR İÇİNDİR

Kütleçekim esas olarak gezegenler ve galaksiler için önemlidir ve bir cisim ne kadar küçükse, kütleçekimden o kadar az etkilenir. Bir karınca kendi ağırlığından kat kat fazla ağırlığı kaldırabilir. Bunun nedeni, onun bir karınca olması değil, küçük olmasıdır.

“Gerçekten de öyle!” diyerek, konuşmalarının arasına başka bir kısık ses girmiş. Bu sefer Pamuk Prenses hemen aşağı bakmış ve zarif ayakkabısının ucunda, bu kez daha da ufak bir adam görmüş. “Merhaba, ben Daha da Küçük İnsanlar’dan biriyim,” demiş, sorulmasını beklemeden. “Aşağı gelip bana katılırsanız, elektromanyetik etkileşimin kütleçekim üzerindeki zaferini çok daha yakından görebilirsiniz.” Karşı koymayı bile düşünemeden, hatta bunun nasıl yapacağını bile bilemeden, kız kendisini bu yeni kişinin boyutunda buluvermiş. Pamuk Prenses’le önceden konuşan Küçük İnsan ise, o sırada gökyüzüne doğru uzuyormuş. Eliyle bir hoşçakal işareti yaptıktan sonra, toprağı titreten adımlarla yürüyerek uzaklaşmış.

“Tamam!” demiş prensesin yeni arkadaşı. “Haydi, yola koyulalım. Sanırım gölün üzerinden yürüyüp gidebiliriz. Uyarılara boşverelim.”

Küçük prenses etrafına bakınmış ve yerdeki nem birikintisinin uzaklara doğru yayılan büyük bir göl haline geldiğini görmüş. Kıyıda ‘Lütfen Suyun Üzerinde Yürümeyin’ yazıyormuş. Küçük adam bunu görmezden gelerek Pamuk Prenses’i elinden tutmuş ve onu gölüm yüzeyine doğru yürütmüş. Yakın zamanda yaşadığı olaylar karşısında kafası oldukça karışmış olduğundan karşı koymamış ve ayaklarının suya batmadığını, suyun yüzünde oluşan küçük esnemeler dışında hiçbir iz olmadığını gördüğünde de, bu öneri gayet makul görünmüş. Su yüzeyi sanki lastik bir tabaka ile kaplıymış gibi davranıyormuş. Ayakları bat-

masa da, yürümek çok zormuş çünkü yüzeyde oluşan gamzeler prenses hareket ederken şekil değiştiriyor ve rahatça ilerlemek için kendini ileriye itmesine engel oluyormuş. Bacakları o kadar yorulmuş ki, yüzeye boylu boyunca düşerse neler olabileceğini düşünüp çok korkmuş.

“Yüzey gerilimi,” demiş, Daha Küçük Adam.

“Efendim? Ne demek istiyorsunuz?” diye sormuş prenses.

“Sizi destekleyen şey, suyun yüzey gerilimidir. Suyun içindeki tüm moleküller birbirlerini çekiyorlar ve bu da suyun elastik bir derisi varmış gibi bir kaplamaya sahip olmasına neden oluyor. Sıvı moleküllerinin, katı molekülleri kadar sıkı bağları olmadığını ve fazla ağırlık çekemediklerini itiraf etmeliyim. Bir katı yüzey, sizi normal ölçülerinde destekleyebilirken, sıvı yüzey biraz esnemenen sizi destekleyemez. Suyun üzerinde yürüme fikri size çok da yabancı gelmemeli. Su birikintileri üzerinde yürüyen böcekler gördüğünüzden de eminim. İşte bir tanesi bu-
raya doğru geliyor.”

Pamuk Prenses etrafına bakınmış ve yüzeyden onlara doğru koşarak gelen büyük, zırh takmış gibi bir şekil görmüş. Böcek, eğer böyle denebilirse, yanlarına kadar gelip durmuş. “İyi günler!” demiş dostça bir tavırla.¹ “Suyun üzerinde yürümekle doğru bir şey yapmadığınızı söylememe kızmazsınız umarım. Yalnızca iki bacaklı olarak bunu yapmanın iyi bir fikir olmadığını düşünüyorum. Kıyıya kadar sırtımda gitmek ister misiniz?” Tam teşekküllü makine atölyesi gibi görünen bir yaratık için, söylemesi ne kadar zor olsa da, bu iri böcek, prensese oldukça dostça bir ifade ile bakıyormuş.

Pamuk prenses teklifi hemen kabul etmiş çünkü suyun üzerinde dengede durmak çok zor geliyormuş. “Teşekkür ederim,” demiş ve böceğin zırh kaplı sırtına, rehberinin yardımı ile çabalararak çıkmış.

Böylece gölün yüzeyindeki yolculukları devam etmiş. Her biri battıkça küçük gamzeli çukurlar oluşturan altı büyük eklemlili bacak, yumuşak ve rahat bir yolculuk sağlıyormuş. Göl üzerinde sakın sakın ilerleyerek yarı yola geldiklerinde gökte kopan

1. Konuşan bir böcek tabii ki komik bir düşünce. Ünlü şairler bunun kullanıyorsa, ben neden kullanmayayım ki.

bir fırtına ile bütün huzurları bir anda bozulmuş. Pamuk Prens'in yağmurla arası asla iyi olmamışsa da, bunun gibisini de hiç görmemişmiş. Plastik kâğıtlara sarılmış gibi görünen ve büyük varillere benzeyen dev damlalar gökten düşüp suyun yüzeyine çarpıyorlarmış. Damlalar yüzeye çarptıkça, su havaya sıçıyor ve yüzeydeki halkalarla tıpkı sudan bir taş gibi pırıl pırıl görünüyormuş. Küçük prenses dehşete kapılmış.



“Bunlardan biri bize çarparsa ne olur?” diye sormuş.

“Muhtemelen batarız. Ama endişelenmeyin, bu pek sık olmaz,” diye cevap vermiş böcek. “Bakın, sağanak bitti.” Gerçekten de artık damlalar düşmüyor ve başka bir olay yaşamadan karşı kıyıya doğru ilerliyorlarmış. Küçük bir su birikintisinin diğer kıyısından söz etmek sıra dışı bir durum olmakla birlikte, kızın bakış açısından bu bir kıyı olarak görünüyormuş.

Kuru zeminde Pamuk Prenses ve arkadaşı, yardımsever böceğe teşekkür ederek onun sırtından atlayıp içerilere doğru ilerlemişler. Etraflarını saran devasa çimen sapları çok garip görünüyormuş ve her taraf topaklı hücre yapısı ile kaplıymış. En çarpıcı olan şey ise, çimenin artık daha önceki gibi yeşil görünmemişiymiş. Hiçbir yerde renkten iz yokmuş; her şey garip bir biçimde belirsiz görünüyormuş. Pamuk Prenses bu durumu dile getirdiğinde, sebep olarak, artık ışığın dalga boyuna göre çok küçük oldukları için normal biçimde göremediklerini öğrenmiş.

“Farklı şeylerin küçük ölçekte tam olarak nasıl göründüklerini tam olarak anlayabilmeniz için, bir adım daha atmanız gerekiyor.”

“Pekâlâ, demek ki artık zamanı geldi.” Bunu söyleyen ses, bir kez daha prensesin ayakucu tarafından gelmiş ve kız çok kısa sürede karşısındaki kişiyle yüz yüze gelecek şekilde küçülüyormüş. Bu yeni Küçük İnsan da diğerleri gibi görüyor, tayt ve sade bir ceket giyiyormuş. Prenses onu görür görmez “Sanırım siz de başka bir Küçük İnsan’sınız,” demiş.

“Ah, hayır, Küçük İnsanlar çok, çok daha büyüktürler. Ben Son Derece Küçük İnsanlar’dan biriyim. Büyük ölçekli dünyanın, kendini bütün olup bitenin sahibiymiş gibi gösterdiği klasik düzenin, nasıl kuantum belirsizliği dünyasının üzerine inşa edildiğini göstermek için buradayım.”

“Pekâlâ, söyleyebilir misiniz, gözlerimin düzgün çalışmaya-çağı kadar küçük olsaydım, nasıl *görebilirdim*?” diye sormuş prenses sızlanarak.

“Açık konuşmak gerekirse, göremezdiniz. Aslında şimdi de *görmekte* olduğunuza inanmamalısınız. Bu boyutta ışık, daha ziyade çok yüksek frekanslı bir radyo dalgası gibi görünür. Cisimleri görmenin, etrafınızdaki havayı solumaktan bir farkı kalmaz. Oksijen molekülleri akciğerleriniz için artık çok büyüktür. Fark etmiş olacağınız gibi, siz sadece gösterim amaçlı bir şekilsiniz, bu nedenle de lütfen acayip sorular sormayın.”

Pamuk Prensес etrafına bakınmış (ya da hissetmiş veya her neyse...) ve etrafında tanıyabileceği çok az şey olduğunu fark etmiş. Aslında, ne olduklarını anlayabileceği bile çok az şey varmış. Etrafındaki dünya artık çok sayıda farklı, puslu ve belirsiz cisimden meydana geliyor gibiymiş. Cisimler artık anlaşılmaz ve belirsiz oldukları için, bunların ne olduklarını da söyleyemiyormuş. Prensес’e, sanki etrafını saran bütün nesneler hareket halindedermiş gibi geliyormuş ama yine de bundan o kadar emin olmıyormuş. Rasgele bir yön seçerek yürümeye başlamış ki birden, görünüşü gayet normal olan şeyleri bile casus gibi gözlediğini fark etmiş. Bunun nedeni de, eski hayatında alışkın olduğu çevre koşullarındaki normalliğin burada kabullenebilir olmaktan çok uzak kaldığıymış.

Bu sırada, yolu üzerinde bir barikat görmüş. Bir ucundan menteşeli bir sisteme bağlı, açılır kapanır bu bariyerin uzun demirinin üzeri çizgili çizgili görünüyor ve ortasına monte edilmiş işaret diskinin üzerinde de ($\hbar$) işareti bulunuyormuş.



Bu Planck Sabiti'nin, yani kuantum diyarının ölçüsü ve özelliklerini taşıyan değer in sembolüymüş. Bu sırada yanlarına çok düzgün üniformalı bir adam yaklaşmış ve bir elini emreder gibi kaldırıp. "Durun!" diye sertçe seslenmiş.

"Neden duracaktım? Bu da ne?" diye sormuş, Pamuk Prenses terslenerek.

"Burası, gümrük ve göçmen karakolu. Kuantum ülkesine girmek üzeresiniz ve bu nedenle de adetlerimizi anladığınızı ve yerel düzenlemelere uyduğunuzu göstermek için gümrüğe uğramak zorundasınız," diye açıklamış, küçük arkadaşı. "Endişelenmeyin, yalnızca Gümrük Memuru'nun sorularını cevaplandırın, kısa süre sora yola devam ediyor olacaksınız." "

Pamuk Prenses uysalca itaat ederek, ciddi memura doğru dönmüş. Memur, "Ülkeye uygunsuz bir tavır sokmadığınızdan emin olmak zorundayım," diye açıklama yapmış. "İlk olarak sormak istediğim, kişiliğinizde fazla miktarda sağduyu olup olmadığı?"

"Umarım vardı," diye yanıtlamış prenses, "sağduyunun sizin için sorun olacağını sanmıyorum, öyle değil mi?" diye sürdürmüş sözlerini sinirli bir biçimde.

"Ah, geldiğiniz yerde bu iyi bir şey olabilir belki," diye yanıtlamış memur, ortamı yumuşatmaya çalışarak. "Aslında gayet iyi ve kullanışlı bir tavır olabilir sağduyulu olmak. Hayatınızdaki deneyimlerin damıtılmış bir tortusudur ama burada, yasal bir eğilim değildir. Sorun şu ki, kuantum seviyesinde pek fazla gerçeklik hissi duymayacağınız için, sağduyunuz sizi yanlış yönlendirecektir. Bu tavır buralarda iyi bir kılavuz değildir."

"Sağduyu iyi bir kılavuz değilse, başka ne olabilir ki? Yaşamış tecrübelerin kılavuz olamadığı bir yerde, insanların hareketlerini neye göre değerlendirirsiniz?"

"Gümrük Müfettişini dinleyin," diye endişeyle tavsiyede bulunmuş küçük arkadaşı. "Yerel adetlerden ve burada işlerin nasıl yürüdüğünden sizi haberdar etmek onun görevi."

"Bana sorduğunuz için söylüyorum," diye sürdürmüş sözlerini memur, "bir gümrük memuru olarak, bana verilen yetkiler uyarınca, size buralardaki adetlerin neler olduğunu anlatmak benim birincil görevimdir. Burada her şeye *dalga fonksiyonları* kılavuzluk eder; aslına bakarsanız, her şey kendinin dalga fonksi-

yonudur. Dalga fonksiyonları uzayda yayılmış durumdadırlar ve sürekli değişen fazlara sahip olarak birer dalga boyu formunda bulunurlar. Dalga boyuysa, mümkün olan her farklı sonucun olasılığını verir: bir sistemin ilerleyebileceği her bir yolun olasılığını aynı.”

“Üzgünüm,” demiş, Pamuk Prenses, üzgün olması gerekenin aslında karşısındaki kişi olduğunu ima eden bir ses tonuyla. “Söylediklerinizden hiçbir şey anlamıyorum. Dalga fonksiyonu ve faz ne demek ve bunlar her şeye nasıl kılavuzluk ediyorlar?”

“Dalga fonksiyonu veya dalga boyu, eskiden *pilot dalga* olarak adlandırılır, çünkü parçacıklara kılavuzluk ettikleri düşünülürmüş.”

“Bu nasıl oluyor?” diye sormuş, Pamuk Prenses. “Her nasıl oluyorsa, bu söyledikleriniz, parçacıklar için geçerli olsa bile, diğer her şey için de geçerli olduğunu nasıl söylersiniz?”

“Çünkü diğer her şey de aslında parçacıktırlar,” diye cevaplamış Gümrük Memuru, elinde tuttuğu *Erenin İzin Verilen Bileşimleri Yönetmeliği* başlıklı bir kullanım kılavuzunu işaret ederek. “Normal hayatınızda görebildiğiniz her şey ve onları görmenizi sağlayan ışık bile parçacıklardan meydana gelir. Bir söylencede olduğu gibi, ‘Parçacıklar, parçacıklar, hep parçacıklar.’ İşte bu parçacıklar, en etkin biçimde dalga fonksiyonları veya dalga boyu ile tam olarak tanımlanırlar. Hatasız bir dalga boyu, bir parçacık hakkında bilmeyi umduğunuz her şeyi içeriyor olabilir. Şimdi siz, bu durumda dalga boyu için de *parçacıktır* diyebilirsiniz. Dalga fonksiyonlarıysa, bazı bakımlardan ses ya da sudaki dalgalar gibidirler. Bir su ya da ses dalgası için dalga boyu, durgun ilk durumun değişmesini sağlayan etkidir. Dalga fonksiyonu ise, *olmama* durumunu değiştirir. Dalga boyu, parçacığın belli bir konumda *bulunduğu* varsayımıyla, onun oradaki bulunuş biçimini düzenlerken, dalga fonksiyonu, dalga boyunun karesi (yani dalga boyunun kendi kendisiyle çarpılması) olarak saptanır ve herhangi bir noktada parçacığın bulunma olasılığını verir; bir bakıma, parçacığın o noktada *bulunma* miktarını ölçer. Böylece çeşitli noktalardaki parçacıkların daha fazla ya da daha az bulunma miktarlarını elde edersiniz.

PARÇACIKLAR VE DALGA FONKSİYONLARI

Atomik seviyede, parçacıklar, yalnızca küçük katı bilardo topları değildirler. Kesin konumları belirsizdir ve verebileceğimiz en iyi tanım, *dalga fonksiyonu* ya da *dalga boyu* cinsindendir. Parçacıklar, geniş bir alana yayılmış dalgalar gibidirler ve her birinin gerçek konumlarını tespit edilebilmek için, belli noktalarda bulunma olasılıklarının hesaplanması gerekir. Parçacık üzerine söylenebileceklerin hepsi bu kadardır çünkü Fiziksel teoriler yalnızca ne gözlemlemeyi umduğunuz üzerine kurulmuştur.

“Bu çok saçma!” diye itiraz etmiş prenses. “Aynı şey, aynı zamanda, bırakın çeşitli konumları, iki farklı noktada bile bulunamaz!” Gümrük Memuru boş gözlerle ve oldukça resmi bir ifadeyle kıza bakmış.

“İzin verilenden daha fazla sağduyu taşımadığınıza emin misiniz?” diye sormuş. “Tek bir elektronla bile karşılaşmadığınız için, bir elektronun ne olduğu ya da neler yapması gerektiği hakkında bilginiz olamaz, öyle değil mi? Elektron görmüş olduğunuzu hiç sanmıyorum. Her neyse. Elektronların dalga fonksiyonları farklı konumlarda farklı değerlere sahip olacaktır, ama bu değerlerin sıfır olmadığı bir dizi durum mutlaka olacaktır ve bu nedenle de elektron, bir bakıma bu konumların hepsinde birden kısmen bulunabilecektir. Yani bu konumlardan birinde elektron *bulunabilme* ihtimali yüksektir. Dalga boyunun değişik değerler göstermesi ise, büyük ölçüde faz tarafından belirlenir,” diyerek sürdürmüş sözlerini, soğukkanlı bir biçimde.

“Peki, bu faz dediğiniz nedir?” diye sormuş prenses ciddi bir biçimde.

“Bunu matematik kullanmadan net bir biçimde açıklamak biraz zordur. Eşyalarınız arasında, sağduyu yanında biraz da matematik referansı var mıdır biraz?” diye sormuş memur, ümitle. “Hayır” diye yanıtlamış kız, net bir biçimde.

“Pekâlâ. Faz, bir davranış durumu, bir işbirliğidir. Klasik fizik teorilerinde yalnızca, parçacıkların yapabileceği farklı işlerin ihtimalleri üzerinde durulur. Olasılıklar farklı fazlarda ele alın-

mazlar ve bütün olasılıklar aynı biçimde toplanırlar. Eğer bir parçacığın, belli koşullar altında kontrol altına alınabildiği birden fazla yol olsaydı, bu yollardan her birine karşılık gelen yeni olasılıklar da oluşurdu. Sonra bu olasılıkların hepsi toplanır ve böylece parçacığın söz konusu durumda olmasının ihtimali daha yüksek olurdu.”

“Gayet mantıklı,” demiş, Pamuk Prens. “Sağduyu da aynı şeyi söylerdi; aklm yolu bir, gerçekten.”

“Belki de haklısınız,” diye yanıtlamış, memur. “Bu durum, askerlerden oluşan bir takıma karşı yapılan bir yarışmaya benziyor.” Memur konuşmasını sürdürürken, farklı renklerde şortlar giymiş olan iki takımın, yakınlardaki bir alana doğru yaklaştıkları görülmüş. Üniformalarının üstüne çapraz kuşaklar ve başlarına da kaba çelik miğferler takmış olduklarından, takımlardan birinin üyelerinin askerlerden oluştuğunu söylemek hiç de zor değilmiş. İki takım, düzlüğe ulaştığında karşı karşıya durmuşlar ve sonra askerlerin takımına, nerdeyse aynı sayıda yeni bir grup eleman takviyesi olduğu görülmüş. Karşı gurup, giderek artan asker kalabalığının, üstlerine çullanıp, onları kolayca ezip geçebileceğini düşünerek korkuya kapılmış gibi görünüyormuş.

“Askerler, amaçlarına doğru aynı biçimde yönelmeleri bakımından, bahsettiğim olasılıklar gibidirler ve ne kadar çoklarsa, toplam etkileri de o kadar fazla olur. Ama dalga boylarından bahsederken, farklı yönelimlerle başa çıkmak zorunda olundu-



ğu hesaba katılmalıdır. Bu durum da, bir grup avukata karşı yapılan bir yarışmaya benzetilebilir.”

Tam o sırada Pamuk Prenses, askerlerden oluşan takımın ortadan kaybolduğunu ve bir grup avukatın ortaya çıktığını görmüş. Kısa cüppeler ve perukalar kullandıkları için de bunların avukat olduklarını hemen anlamış. Diğer takımın üyeleri ise bu kez yeni rakiplerine bakıyor ve öncekiler gibi takviye gruplarıyla sürekli sayıları artan avukatlar takımıyla kapışmak üzere kendilerini hazırlıyorlarmış. Pamuk Prenses, birden, giderek büyüyen avukatlar takımının kendi aralarında şiddetli biçimde tartışmaya başladığını ve rakiplerinin de hiçbir direnişle karşılaşmadan geçip gittiklerini görmüş.

“İşte bu durum, faz özelliğinin önemini gösteriyor; avukatlardan bazıları meslektaşlarıyla tartışırken, diğerleri de bu tartışmalarda arabulucu konumu almaya çalışıyordu. Kuantum fazının çalışma biçimi böyledir işte, bazı dalga boyları birbiriyle çatışırken, kendi içlerinde birbirlerini yok ederler. Durum burada görüldüğünden çok daha karmaşıktır üstelik çünkü bazı parçacıkların bütün yaptığı, konumlarını şaşırp, sonsuz bir döngünün içine girmek de olabilir. Avukatların fikirleri sürekli değişiyor ve dolayısıyla kesintisiz bir karşıtlık durumu vücut buluyordu. Üstelik bu fikir değişiklikleri her defasında farklı aralıklarla meydana geliyor, bu nedenle de, ara sıra meslektaşlarıyla aynı fikirde olurlarken, sonra birden aksi fikirde oluyorlardı.”



“Bu çok kaotik görünüyor,” demiş prenses.

“Kesinlikle başa çıkılamayacak kadar karmaşık hale gelebilir. Zaten dalga boylarının toplanması yoluyla yapılan hesaplamada ortaya çıkan değere de ‘parazit’ adı verilir. Bazen dalga boyları birbirleriyle uyumlu olup kolayca toplanabilirler. Bu durum ‘yapıcı girişim’ olarak adlandırılır. Bazen karşıt dalga boyları bir denge içerisinde olup, birbirlerini ortadan kaldırırlar ve bu duruma da, doğal olarak, ‘yıkıcı girişim’ adı verilir. Ama genellikle dalga boylarının ilişkileri, bu iki durumun arasındaki bir yerdedir. Dünyanızda gördüğünüz yapısal oluşumların pek çoğundan bu tür frekans girişimleri sorumludur.”

OLASILIK, FAZ VE GİRİŞİM

Girişim, atomik ölçekte parçacıklar için, gözlemlenebilen en çarpıcı kuantum etkisidir. Dünyanın en güçlü klasik teorisinde bile, atomik seviyede neler olup bittiğini kesin olarak ölçmenizin hiçbir imkânı olmadığını kabul etmeniz gerekir. Farklı durumlar için olasılıklardan bahsetmek durumunda kalırsınız ama en azından bir şeyin olması için ekstra yollar varsa, bu olayın daha olası olduğundan emin olursunuz. Bunun bile doğru olmadığı görülür. Dalga fonksiyonlarının ise fazları ve parçacıkların birbirlerine göre yerlerini tayin edebileceğimiz konumlama özellikleri vardır; aynı fazdalarsa toplanacak, farklı fazdalarsa, birbirlerini yok edeceklerdir.

Pratikte ise, bu tür yok olmaları girişim etkilerinde görürsünüz. Bir projektör perdesinin aynı noktasına farklı yollardan gelen ışık ya da başka parçacıkların olduğu bir durumda, yapıcı ve yıkıcı girişim etkilerinden doğan siyah çizgiler gözlemlersiniz. Bu her zaman var olan bir etkidir ve faz olmadan açıklanamaz.

“Bunun nasıl olduğunu göstermeye çalışmalıyım sanırım.” Hemen yanı başındaki çantaya elini sokup, çantadan çıkarttığı bir şeyi oracıkta bulunan bir kabın içine bırakmış. Kız kabın içindeki bazı yerlerin diğerlerine göre daha yoğun olan puslu bir

bulutla kaplandığını görmüş. Bulut hareketsiz olmasına rağmen, yoğunluğun farklı yerlerde ciddi biçimde değişiklik gösteriyormuş. Bazen yoğunluğunun zirvesine varırken, bazen de hiçbir şey yokmuş gibi görünüyormuş. Bu arada, yarışma alanındaki avukatlar da tartışmayı kesip bu yeni gösteriyi büyük bir ilgiyle izlemeye başlamış.

“Bir elektron enjekte ettim ve şu anda boşlukta bir elektronun dalga fonksiyonunu görüyorsunuz. Yalnızca bir elektron söz konusu olmasına rağmen, dalga fonksiyonunda mümkün olan seçeneklere karşılık gelen pek çok sonuç var. Elektronun titreşim dalgaları içinde durduğu kabın duvarlarına çarpıp geri yansıdığına yeni bir faz oluşur. Tek bir yalıtılmış dalga için, bu pek önemli olmayabilir ama genelde bu tür dalgalanmaları yalıtılmış hacimlerde görmeyiz. İki ya da daha fazla dalga kesiştiğindeyse, toplam dalga boyunun nasıl davranacağını bu dalgaların o anki yönelimleri belirler. Bazen dalgalar birbirini destekler ve toplam dalga boyu yükselirken, bazen de birbirlerine o kadar ters düşerler ki, sonuç hiçlik olur. *Yapıcı* ve *yıkıcı* girişim etkileşimlerinin uç durumları da ortaya çıkabilir.”

“Söylediğinize göre, yalnızca bir elektronla, nasıl oluyor da bu kadar çok çeşit dalga olabiliyor?” diye sormuş, küçük prenses. “Bir elektron söz konusu olduğuna göre, bu dalgalardan, ya da her ne iseler artık, bunlardan yalnızca bir tanesine sahip olmamız gerekmez miydi?”

“Hayır, öyle değil. Tekrar ediyorum, bir dalga fonksiyonu, bir parçacığın neler yapabileceğinin tümünü temsil eder. Parçacıklar, genellikle pek çok farklı şey yapabilir ve her bir olasılığı temsil eden bir dalga fonksiyonu vardır; olmak zorundadır çünkü bizim burada *yasak olmayan zorunludur* kuralı vardır. Gayet düzgün görünen eldivenli elini, bu sloganın açıklandığı bir duyuru panosuna doğru yavaşça sallamış ve “Şu satırları biliyor olabilirsiniz” demiş.

Tüm dünya bir durumdur,

Ve tüm çeşitli parçacıklar yalnızca fonksiyondurlar.

Fazları ve dalga boyları vardır;

Ve her birinin, her an, pek çok dalgası vardır.

“Elektronun duvardan her sekişi için farklı bir dalgası vardır ve bu dalgaların hepsi diğer dalgalarıyla girişim yapabilir. Sonuçta ortaya çıkan tepeler, çukurlar ve bütün dalga desenleri, yalıtılmış hacimde hareket etmediği için *durağan dalga* olarak adlandırılır.

“Bir diğer konu da, bu gibi dalgaların her durumda farklı bir dalga boyu olduğudur ve size söylediğim gibi, bu dalgalar aslında elektronun kendisidir. Şimdi, bir elektronun nasıl olup da aynı anda her yerde hareket edebildiğini sorabilirsiniz.” Pamuk Prenses de bu soruyu soracak olduğunu düşünüyormuş.

“Hareketin hem momentuma, hem de enerjiye sahip olduğu iyi bilinir ve bunlar da dalga fonksiyonu, dalga boyu ve frekans ile yakından ilgilidirler. Neden böyle olduğu konusunda ortada bir kanıt olmayabilir ama bu durumu sorgulamadan kabul edebilirsiniz.

DALGA FONKSİYONLARI VE KİNEMATİK

Dalga fonksiyonlarının frekans ve dalga boyu değerleri, ait oldukların parçacıkların enerji ve momentumları ile ilişkilidir.

Frekans (ν) ve enerji (E) orantılıdır:

$$\nu = \frac{E}{2\pi\hbar}$$

Dalga boyu (λ) ve momentum (p) da orantılıdır:

$$\lambda = \frac{2\pi\hbar}{p}$$

($2\pi\hbar$ çarpanı sabit bir değerdir. $\hbar$ sembolünü daha önce Gümrük Memuru'nun bariyerinde görmüştük.)

“Parçacık ne kadar çok enerjiye sahipse, dalganın frekansı da o kadar büyük olur; momentum ne kadar büyük olursa da, dalga boyu o kadar kısa olur. Bu nicelikler kaçınılmaz biçimde ilişkilidir,” demiş kesin bir ifadeyle memur, elindeki kılavuza göz

atmak için sayfaları çevirirken. “Belirli bir enerji ve momentumu olan bir dalganın, tüm uzayda düzgün biçimde yayılacağı muhtemelen size şaşırtıcı gelecektir,” diye devam etmiş, sakın ve hiç de şaşırmamış bir biçimde kılavuzu okumaya devam ederken. “Hiçbir konumda ayırt edilebilir bir özellik yoktur ve bu yüzden de, hiçbir şey hareket ediyor gibi görünmez. Bir bölge diğerinden yalnızca dalgalar birleştiğinde ve ortaya çıkan girişmiş dalga bir yerde yoğun bir tepe noktası oluşturabildiğinde biraz farklı görünse de, genelde diğer yerlerde pek değişiklik olmaz. Bu durumu size göstermeme izin verin.”

Memur, yeniden çantasına uzanmış ve prensesin, olsa olsa başka bir elektron olduğunu düşündüğü başka bir şey çıkartarak, bu kez onu kapalı kaba koymak yerine, doğrudan yere fırlatmış. Yerde, ince, bulanık bir dumana benzeyen şekilde yayılan elektron, belli bir noktasında yerel olarak yoğunlaşmış. Bu yoğun bölge, sanki heyecanla harekete geçmiş gibi, sıradan bir parçacığın da yapacağı üzere, etrafta bulunan çeşitli engellere çarpıp geri sekiyormuş.

“İşte, bir konumdan başka bir konuma hareket etme olasılığının yüksek olduğu kesin bir tepe noktası... Bu tepe noktasındaki hareketi görebiliyorsunuz – yani elektronun bulunmasının *en muhtemel* olduğu konumu. Eğer tespit edilebilseydi, bu bölge içinde bir yerlerde elektron olduğu kesinlikle saptanırdı. Olasılık tepe noktasının değer aralığı daraldıkça, parçacığın gerçekte nerede olduğu daha da kesin biçimde söylenebilirdi – yani, sizin de baktığınız yer olacağı...”

“Bu çok anlamsız!” diye girmiş söze Pamuk Prenses, “Bir şey neredeyse, orada olmak zorundadır, başka bir yerde değil. Onu bir yerlerde tespit ederseniz, yalnızca bulunduğu yerde olacaktır.”

“Emin misiniz?” diye sormuş Memur, sakince. “Bundan o kadar emin olmamalısınız. Bu diyarlarda kesin olan tek şey belirsizliktir ve parçacıkların konumları, Belirsizlik İlkesi’ne uyarlar. Muhtemelen, bir şeyin geçmişte nerede bulunduğunu bildiğimizi söyleyebiliriz ama şimdi tam olarak nerede bulunduğunu veya kesinlikle nerede bulunmayacağını söyleyemezsiniz. Fiziksel açıklamaların ana amacı, olayların nasıl olacağını bilmenizi sağlamaktır, geçmişte neler *olduğunu* bilmek içinse yalnızca

hafızaya ihtiyacınız vardır. Bir parçacığın gelecekte nerede olacağını bilmeyi isterseniz, yalnızca bu durumun olasılık dağılımından bahsedebilirsiniz. Dağılım dar bir tepe şeklindeyse, parçacığın bu tepe bölgesi içindeki bir yerlerde bulunma ihtimali, olması muhtemel en yüksek durumdur. Tüm söyleyebileceğiniz de bundan ibarettir, gerçekten.

“Bu yüksek olasılıklı yerel bölge, bir dalga paketi olarak adlandırılabilir. Yalnızca bir elektronunuz olsa bile, daha önce de söylediğim gibi, elektronun durumu pek çok dalganın toplamı ile tanımlanır. Bunun gibi dar bir tepe bölgesi, pek çok dalganın hepsinin tepe noktalarında *yapıcı girişim* etkisi yaratsa bile, kısa bir süre içinde, yakınlarda bir yerlerde oluşması muhtemel büyük bir *yıkıcı girişim* etkisiyle dengelenerek yok olup gitmesi gerekecektir. Dalgalar bu kadar küçük bir uzayda bu kadar sık yok olabiliyorlarsa, dalga boyları ve sonuçta momentumları da çok geniş bir yelpazede değerler alıyor olmak durumundadır.² İşte bu Belirsizlik Prensibi’dir. Bir parçacığın konumundaki küçük bir belirsizlik, momentumunda da bir belirsizlik olduğu anlamına gelir. Bu durumun tersi de doğrudur; momentum değiştiğinde dalga fonksiyonunun değeri de değişir.

“Aynı ilişki, zaman ve enerji için de geçerlidir – zaman kısalıkça, mevcut enerji miktarındaki belirsizlik de o kadar büyük olur. Şimdi şu giriş vizesini alın,” demiş memur birden, prensese resmi görünümlü bir kâğıt parçası uzatarak. “Bu vize, belirsiz bir süre ülkemizde kalmanıza izin veriyor. Topraklarımızda iyi kesişmeler ve girişimler yaşamanızı dilerim,” diye ekleyerek, prensese veda edip, bariyerin önünden çekilmiş. Bariyer yukarı doğru kalkmış ve Pamuk Prenses ile arkadaşının geçmesine izin vermiş.

Kısa bir mesafe yürüdükten sonra küçük, samandan yapılmış bir yapıya ulaşmışlar. Duvarları oyma ve süslemelerle kaplı binanın girişinde, üzerinde “Atom Sanatkârları (Elementler ihtiyacınıza göre elle birleştirilir)” yazan tabelanın sallandığı bir kapı varmış. İçeri girmek dışında yapılacak başka bir şey yok gibi görünüyormuş. Pamuk Prenses, antika kapının enteresan eşi-

2. Belirsizlik İlkesi *Kuarkların Büyücüsü* ve *Scrooge’s Cryptic Carol* adlı kitaplarımda daha ayrıntılı olarak anlatılmaktadır.

ğinden geçip içeri doğru girdiğinde, kendisini uzunlamasına bir odada bulmuş. Evin dış yüzeyindeki ince işlemlere ve bu odanın abartılı oyma dekorasyonuna bakılacak olursa, burada birkaç kuşaktır çılgın bir oymacı ailenin yaşadığı düşünülebilirmiş. Odanın içindeki her şey oymacılık sanatının en ince ayrıntılarını taşıyor ve duvarlara asılmış çeşit çeşit guguklu saatler görülmüş.

Odanın ortasında, çevresinde kendilerini önlerindeki işlere vermiş olan yedi tane sakallı küçük adamın oturduğu uzun bir masa varmış. Hemen hepsi yoğun biçimde konsantre olmuş çalışırken, masanın en başında oturan bir tanesi uykuya dalmış ve bir diğeri de sürekli hapşırıyormuş.

“Ne yapıyorsunuz?” diye sormuş Pamuk Prenses, kapıya en yakın oturan küçük adamlardan birine. Küçük adam cevap vermeye fena halde utanıyor gibiymiş ama onun yanında oturan mutlulukla cevap vermiş.

“Atom birleştiriyoruz,” demiş. “İşte bak.” Elini Gümrük Memuru’nun kullandığına benzer küçük bir çantaya sokup, birbiri ardına takılmış elektronlar çıkarıyor, sonra bunları dikkatle önündeki cismin içine yerleştiriyormuş. Bu cisim, prensesin daha önce de görmüş olduğu gibi, gayet bulanık ve puslu bir görüntü sergiliyor ve oldukça karmaşık desenler içeriyormuş. İlk birkaç elektron yerleştirildiğinde küçük yuvarlak bir top şeklindeki, her yeni elektron eklendiğinde daha karmaşık bir şekle giriyormuş. Her bir eklenen elektron, cismin tüm yapısını değiştiriyor, yepyeni, karmaşık ve ihtişamlı formlar almasına neden oluyormuş.

“Eklenen her elektronun,” demiş prensesin yanındaki arkadaşı, “yeni bir duruma girmek zorunda olduğunu fark edeceksiniz. Bazen bu durum elektronun enerjisinde büyük bir farklılık yaratır, bazen de hiçbir fark meydana getirmez ama her seferinde elektronun durumunda bir fark olur.

“Neden?” diye sormuş, Pamuk Prenses. “Elektronların birbirlerinden farklı olmalarından dolayı mı?”

“Hayır, hiç değil! Aksine. Elektronların daima *kendine münhasır* olmak istediklerini görürsünüz. Diğerlerinden farklı olmayı isterler, ama bunu sağlamak zordur çünkü aslında hepsi birbirini tam olarak aynısıdır. Yani birbirilerine benzediklerini ya da

aşağı yukarı aynı olduklarını söylemiyorum; *tam olarak* aynı, tamamen özdeş olduklarını söylüyorum. Onlara, birbirlerinden ayrışmalarını söylemenin hiçbir yolu yoktur. Doğa'nın da onlara ayrışmalarını söylemesinin hiçbir yolu yoktur. Yaratılabilecek tek farklılık, her bir elektronun diğer hepsinden farklı bir durumda olmasını sağlamaktır. Herhangi iki elektron, aynı kuantum durumunda bulunamazlar, bu etkiye de Pauli Dışlama İlkesi denir."

"Ve bu şekilde birbirlerinden ayırt edilebiliyorlar, öyle mi?" diye yorumlamış, prenses.

"Ah, hayır. Maalesef öyle de değil. Elektronlar özdeş oldukları için hiçbir şekilde birbirlerinden ayrıştırılamazlar. Hangi elektronun hangi durumda olduğunu söylemenin bir yolu yoktur. Herhangi biri, herhangi bir durumda bulunabilir ve bu kural, kuantum koşulunun temelidir; muhtemel her durum için bir dalga boyuna sahip olma zorunluluğu, yani, tıpkı yönetmelikte söylendiği gibi, 'Yasak olmayan zorunludur.' Sonuç olarak, herhangi seçilmiş bir durumun içinde birden fazla elektron bulunmasa da, her elektronun, her bir durumda bulunması bir dalga boyuyla ifade bulur.³ Bunun etkilerini hep görürsünüz. Normal durumlarda, yere düşmemenizin nedeni, sizi yerden havaya doğru iten herhangi bir etkileşimin olması değildir. Tam tersine, eğer bir etkileşim varsa, o da elektriksel olarak ayaklarınızı yere doğru çekmeye eğilimli bir etkileşimdir. Bunun sonucunda da yere batmazsınız çünkü ayağınızdaki elektronlar, yerdeki elektronlar ile aynı durumda bulunamazlar ve bu da sizi yerin üzerinde tutar."

"Bunlar bana tamamen anlamsız geliyor!" demiş, Pamuk Prenses, sinirli bir biçimde.

"Evet, çok eğlenceli, değil mi?" diye yorumlamış masada oturan Mutlu Sanatkâr. "Bu durum, eklediğim her elektronun öncekilerden farklı bir duruma girmesi anlamına gelir ve bu da genellikle, burada görebileceğin gibi, daha yüksek bir enerjiye sahip olmak zorunda kalması anlamına gelir."

3. Pauli Dışlama İlkesi prensiplerinin bazıları, *Alice in Quantumland* ve *Kuarkların Büyücüsü* adlı kitaplarımda mevcuttur.

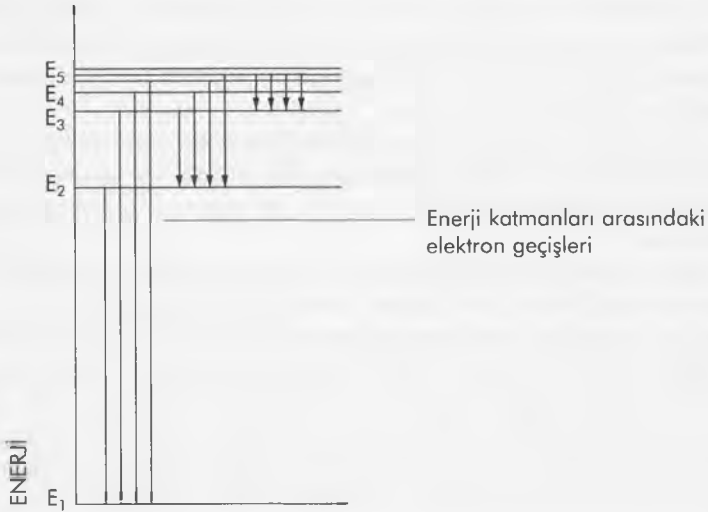
“Tabii ki kız bunu göremez!” diye gürlemiş, Mutlu Sanatkâr’ın yanında oturan küçük adam, huysuzca. “Sıradan insanların enerjiyi göremediklerini biliyorsun. Bunu söyleyecek kadar kaçık olamazsın.”

“Ah, tabii ki. Özür dilerim canım. Şu *E-focal* gözlüklerini alırmısın? Bunlar cisimlerin uzayda değil de enerji içinde nasıl dağıldıklarını görmeni sağlar. Bu yeni deneyimi seveceğinizden eminim.”

Mutlu Sanatkâr, masada duran garip görünümlü bir gözlüğü almış ve saplarını açarak prensese uzatmış. Prenses gözlüğü takmış ve gözlüğün camlarına oturtulmuş bir alanın, bir şekilde çevredeki tüm alandan farklı olduğunu görmüş. Bu camlarda görülen atoma doğru bakmış ve arka planda masanın etrafında oturan küçük adamları normal olarak görebiliyorken, bir yandan da izlediği atomun üst üste katmanlar halinde olduğunu görmüş. Bir anda bir ilham patlaması yaşayarak, bu gördüğünün farklı enerji durumları olması gerektiğini düşünmüş. Gerçekten de, hâlihazırda mevcut olan elektronlar en alt katmanlarda bulunuyor ve her bir yeni elektronun cisme eklenebilmesi için boş bir üst katman bırakıyorlarmış.

ATOMDAKİ ENERJİ SEVİYELERİ

Parçacıklar bir yere bağlanıp tutsak edildiklerinde, örneğin, atomlarda bulunan elektronlarda olduğu gibi, bir dizi belirgin olası durumda bulunabilmekle kısıtlanmış olurlar. Genel olarak, içinde bulunulan her bir durum, elektrona has bir enerji yaratır ve bunlar, atomun içindeki farklı enerji seviyelerini oluştururlar. Yoldan çıkan elektronlar, bir enerji seviyesinden diğerine kayabilirler ve bunu yaptıklarında da enerjileri, seviyeler arasındaki fark kadar değişir. Enerjinin korunumu yasası uyarınca, bu değişimin yarattığı fotonlar ya yayılırlar, ya da emilirler. Böylece atomlar, her bir atomun türüne özgü çizgi tayflarına göre, kendine has, farklı enerjilere sahip fotonlar yayarlar.



Sanatkâr, elektronları eklemeye devam ederken, Pamuk Prenses yeni eklenen her bir elektron için atomun civarında küçük bir ışık parlaması olduğunu fark ediyormuş. Sonra bu elektron, kısa bir süre içinde, boş olan daha yüksek seviyelerden birine bağlanıyormuş. Orada bir süre duruyor ve ardından aşağı yuvarlanarak başka bir ışık parlaması meydana getiriyormuş. Bunu sevimli arkadaşına söylediğinde, gördüğü şeyin, elektronların daha düşük enerji seviyelerine düşerken yaydıkları fotonlar olduğunu öğrenmiş. Enerjinin yok olmayacağı genel bir kural olduğu için, elektron biraz enerji kaybettiğinde, enerji başka bir yere gitmek zorunda olduğundan, açığa çıkan enerji genellikle bir foton aracılığıyla uzaklaştırılıyormuş. Fotonlar da, bizim ışık olarak gördüğümüz nesnelermiş.

“Atomların içinde çok sayıda elektron vardır,” diyormuş, bilgili arkadaşı, sevimli bir biçimde. “Elektronlar yörüngelerinde elektriksel çekim ile dururlar ve burada bilmen gereken şey, söz konusu çekimin sanal fotonlar sayesinde ortaya çıktığıdır,” diye bitirmiş sözlerini, yersiz bir sırıtışla.

“Ah, sen bir ahmaksın,” diye söze girmiş hemen yanındaki Öfkeli Küçük Adam. “Bu küçük kız anlatıp durduğun konular

hakkında hiçbir şey bilmiyor.” Sonra prensese dönerek sözlerini sürdürmüştü. “Buraya bak kızım! Sanal parçacığın ne demek olduğunu bildiğini hiç sanmıyorum. Bu parçacıklar, varlıklarına enerjideki kuantum dalgalanmalarının izin verdiği oluşumlardır. Doğa, kısa süreler için, enerjide oluşan belirsizliklere izin verir ve bu süre ne kadar kısaysa, ödünç alınabilecek enerji de o kadar büyük olur. Kuantum parçacıkları olan ve bildiğin ışığı ortaya çıkaran fotonlar, elektrik yükü olan her parçacık tarafından üretilebilirler. Elektrik yükü, elektronların bolca sahip oldukları bir şeydir. Bir elektron, ihtiyacı olandan, ya da kendisi için iyi olandan daha fazla enerjiye sahipse, bu fazlalığı uzaklaştıracak fotonlar üretebilir. Fazlalık enerjisi olmasa bile, toplam enerjideki kısa süreli belirsizliklerden faydalanmak için sanal fotonlar da yayabilir. Bunun için ihtiyacı olan enerjiyi de, dünyanın genel kararsızlık halinden alabilir. Foton, üzerine aldığı enerjiyi uzun bir süre muhafaza edemez, ama kısa hayatında bir elektrondan çıkıp başka bir yüklü nesneye kadar gidebilir ve böylece taşıyıcı fotonlar elektriksek etkileşimlerin artmasını sağlarlar.”



“Aynen öyle,” diye onaylamış, bir önceki küçük adam, yine mutlulukta. “Dediğim gibi, bir elektron daha alçak bir enerji seviyesine düştüğünde, iki seviyenin arasındaki fark kadar enerjiye sahip bir foton yayar. Her atom türünün enerji seviyeleri farklıdır. Atomların yaydığı ışık, bir dizi farklı enerji seviyesinden çıkan fotonlar içerir. Bu ışık, farklı renklerde ya da frekanslarda olabilir ve ışık tayfı olarak adlandırılır. Bunlar keskin ve net çizgiler olarak görünür. İstersen kendin bak.”

Pamuk Prenses, elektronlar, bir seviyeden başka bir seviyeye geçerlerken atomlardan yayılan ışığa bir süre bakmış. Hala *E-Focal'*i takıyormuş ve bu nedenle de bir dizi ince çizgiyi görebiliyormuş. Bazıları diğerlerinden parlak, bazıları ise biraz bulanık-muş ama hepsi de farklı ve karmaşık bir dizi meydana getiriyormuş.

“Bu çizgiler atomlardaki çeşitli enerji seviyelerinin farklarına karşılık geliyorlar ve özel bir ‘parmak izi’ niteliği taşıyorlar,” diye sürdürmüş sözlerini küçük adam. “Yalnızca bu yayılan ışığa bakarak, bir atomun türünü – oksijen mi, karbon mu, yoksa demir mi ya da başka bir şey mi olduğunu – tanımlayabilirsiniz.”

“Tamamdır, millet!” diye araya girmiş, kendisini görevli olarak kabul etmiş gibi görünen başka bir sanatkâr. Diğerlerini organize etmeye çalışırken ellerini çırpıyormuş. “Haydi bakalım, gelin de şu ana kadar yaptığımız atomları birleştirmeye başlayalım.”

Sanatkârların hepsi, deminden beri bir araya getirdikleri atom birleşimlerini masaya yaymaya ve bu atomları birleştirmeye başlamışlar. Atomlar birbirlerine yaklaştırıldıkça hemen birleşiyorlarmış.

“Atomlar genellikle birbirine bitişik dururlar. Buna atom bağı denir. Bazen atomlar en dış enerji katmanlarını tamamen elektronla doldurabilecek kadar boşluğa sahip olur. Bir başka atomsa, yüksek enerji katmanında tek bir elektrona sahip olabilir. İkinci atom elektronunu ilk atoma verdiğinde, elektron bağlarının toplam enerjisi azalır ve Doğa böylesine enerji özgürleştirme-lerini sever.⁴ Sonuçta, atomlardan biri fazla, diğeryse az ne-

4. Bağlanma enerjisinin bir tür kinetik enerji verecek şekilde salınması termodinamik tarafından tercih edilen yoldur. Hem de çok. Bu konu *Scrooge's Cryptic Carol* adlı kitabımda anlatılmaktadır.

gatif elektron yüklü hale gelir ve böylelikle zıt yüklerin basit elektriksel etkileşimi onları bir arada tutar. Başka durumlarda ise, atomlar elektronları *paylaşırlar* ve bu durumda da yine birbirlerine bağlanırlar.”⁵

Pamuk Prenses olanları izlerken, masanın üzerinde gitgide daha çok atom bir araya gelip bağlanıyormuş. Bazıları büyük metal kristal dizileri haline dönüşüyormuş. Bazıları ise, iri organik moleküllere dönüşüp, bu moleküllerin birleşimiyle ortaya çıkan karmaşık materyallere dönüşüyorlarmış. Giderek daha çok ürtüyorlar ve üzerinde durdukları masadan taşarak, dalga dalga odanın işlenmiş duvarlarına doğru genişliyorlarmış. Tüm atölye mecazi bir yapıya sahip olduğundan, giderek genişleyen bu fiziksel yapıyı durduracak hiçbir engel çıkmıyormuş. Pek çok atomdan oluşan bu kocaman fiziksel cisim, giderek odanın dışına doğru da taşmış ve artan bir hızla gerçek dünyanın ötesinde bir büyüklüğe doğru ilerlemeye devam etmiş. Daha çok, daha çok ve daha çok – Pamuk Prenses, aklının alamayacağı kadar çok atomum ilk hallerine göre çok genişlemiş olarak meydana getirdikleri cismi oluşturmak için hızla birleşmelerini izliyormuş. Sonunda, ortaya çıkan cismin, prensesin bulunduğu atomik ölçeğin çok ötesindeki kozmik boyutlara ulaştığını ve uzak astronomik perspektifte makroskopik görüntüde belirgin fiziksel hatlara kavuştuğunu görebiliyormuş – ortaya çıkan cisim kesinlikle bir guguklu saat gibi duruyormuş.

“Onca elektronu atomların içindeki enerji katmanlarına yerleştirerek elde ettiğiniz şey bu mu?” diye sormuş kız, merakla.

“Ah, evet. Her şey küçük bir hacim bulunan elektronların, uzayda bulunan müsait dalga karşılıklarına tam olarak oturtulması ve sonra da farklı enerjilere karşılık gelen dalga kalıplarıyla sınırlandırılmış bir hacmin içine tıklılmasıyla oluşuyor.”

“İyi ama, elektronları bir arada tutan hacim nerede?” diye sormuş, prenses. “Birleştirdiğiniz atomların dışında, onları kalıplayan, bir arada tutan, taşıyan bir kap falan görmedim.”

“Böyle bir şey görmeyi bekleme, çünkü bir atomun taşıyıcısı onun merkezindedir. Ayrıca da çok küçüktür. Elektronların hepsi, atomun içinde bulunan ve negatif yüklü elektronları üze-

5. Kuarkların Büyücüsü’nde anlatılan karbon bağlarına bakınız.

rinde çekip onları yerlerinde tutan, küçük fakat ağır, pozitif yüklü bir çekirdekten gelen elektriksel etkileşimle, oldukları yörüngede kalırlar. Daha önce de size söylendiği gibi, atomlar elektriksel etkileşimler tarafından yönetilirler ve bunlar elektronları da çekirdeğe doğru çekerler, tıpkı dünyanın üzerindeki taşları ve prensesleri kendine doğru çektiği gibi.”

“Eğer öyleyse, elektronlar neden çekirdeğe çarpana kadar bu çekimle ona doğru yaklaşmıyorlar?”

“Çünkü elektronlar, o kadar ilerleyemeyecek kadar hafiftirler. Bir elektron, çekimin etkisiyle çekirdeğe yapışsaydı, nerede bulunduğunu bilirdiniz. Öyle değil mi?” Kız sadece “Evet,” diyebilmiş. “Bu durumda da, konumlarındaki *belirsizlik* çok küçük olur, böylelikle de momentumlarındaki belirsizlik çok daha büyük olurdu. Büyük bir momentuma sahip olmadan, momentumda ve dolayısıyla kinetik enerjide büyük bir belirsizlik olamaz. Bir elektronun çekirdeğe daha fazla yaklaşabilmesi için, elektriksel etkileşimden elde edebileceğinden çok daha fazla enerjiye ihtiyacı vardır ve bu nedenle yalnızca bu kadar yaklaşabilir.⁶ Eğer çekirdek ve elektron arasındaki ayrılmayı hesaplayacak olursan ki bu mesafe, elektron ve çekirdeğin arasındaki elektriksel etkileşimin dengede olduğu noktadır. Belirsizlik İlkesi uyarınca, elektronların bu noktada, aslında çekirdekten uzaklaşma eğiliminde olduğunu da görürsün. Sonuçta hesapladığın çekirdek-elektron arası mesafe, yaklaşık olarak atomların sahip olduğu büyüklük kadar olacaktır.”

Prens, matematiksel hesaplamalar ile ilgilenmediği için bu öneriyi fazlaca dikkate almamış ve bunun yerine, “Anlaşıldı, demek elektron çekirdeğe çok fazla yaklaşmıyor. Peki, çekirdek ne?” diye sormuş.

“Şey, dediğim gibi, çekirdek atomun ortasındadır ve şurada gördüğün yaratık gibi, oldukça küçüktür...”

“Onu dinleme!” diye yeni ve duyulması oldukça zor bir ses işitilmiş. “Bunun gibi iri bir ayı, atomik çekirdek ölçeği hakkında ne bilebilir ki? Siz benimle gelin.”

6. Bu iddia birazcık anlaşılabilir hatta kuşkulu bile gelebilir. Bununla birlikte, bir atomun içindeki elektron için dalga fonksiyonunu hesaplarsanız, yaklaşık olarak bir atomun boyutlarına sahip olduğunu bulursunuz. Bu durum, Belirsizlik İlkesi'ne göre, parçacıkların dalga benzeri bir yapıya sahip olmalarının bir neticesi olduğundan pek de şaşırtıcı değildir.

Pamuk Prenses, aşağı doğru bakmış ve zarif ayakkabılarının ucundan ona bakan küçük bir şekil görmeyi beklemiş. Ama görememiş. Bütün görebildiği, kendisiyle yerdeki küçük bir toz zerresinin konuştuğuymuş. Bu büyüklük farkı ile nasıl anlamlı bir iletişim kuracağını düşünürken, toz zerresi hızla ve baş döndürücü bir biçimde büyüyüp, belirgin biçimde iri ve dostça bir gülümsemesi olan başka bir küçük adama dönüşmüş. Prenses, diğer küçük adamı görmek için etrafına bakıp da, üzerindeki tüm alanı dolduran bulanık ve belirsiz bir şekilden başka bir şey göremeyince de pek şaşırmamış ve bu gördüğünün de yalnızca diğer adamın ayağı olduğunu anlamış.

“Merhaba,” diye tanıtmış kendisini yeni arkadaşı. “Ben Gerçekten Ölçülemeyecek Kadar Küçük İnsanlar’dan biriyim. İsterseniz, bana kısaca ‘Gerçekten’ diyebilirsiniz. Atomik çekirdeği soruyordunuz. İşte burası onları öğrenebileceğiniz yer.”

Bunları söylerken, demen yanlarında bulunan özelliksiz, ahır benzeri bir binayı işaret ediyormuş. Bu görüntü tamamen akıl dışı ve bir atomun derinlikleriymiş – ya da aslında, tamamen farklı bir yermiş. Binanın üzerindeki kocaman bir levhada şöyle bir yazı varmış:

ATOMLAR BİZİZ

Bu yazının altında, biraz daha küçük bir tabelada, ‘SIR ÇEKİRDEKTE! yazıyormuş.

İki minik yaratık, her ne kadar şaşırtıcı olsa da, binaya doğru ilerleyip içeri girmişler. İçeride, bir sürü teşhir vitrinleri ve parlak, satış amaçlı tanıtım posterleri ile karşılanmışlar. Girişte asılı olan bir flamanın üzerinde de “Ne isterseniz isteyin, cevap temele dair verilir” ve “Elementler, elementler, hep elementler!” yazıyormuş.

Her tarafı kaplamış olan teşhir vitrinlerinin içerilerinde de yine pırıltılı ilanlar varmış:

“ORGANİK ÜRÜNLERİNİZ İÇİN KARBON KULLANIN.”

“FERAH BİR NEFES İÇİN, OKSİJEN VE NİTROJEN KARIŞIMINI DENEYİN.”

“KENDİNİZE FARKLI BİR GÜZELLİK YAPIN - NADİR BULUNAN BİR METAL DENEYİN. BU HAFTAYA ÖZEL YTTRIUM.”⁷

Reklamlara ve vitrinlere bakarlarırken, aceleyle onları karşılamaya gelen birini fark etmişler.

“İyi günler hanımefendi ve beyefendi, sizinle tanışmak çok güzel. Ben Atom Satış Elemanı yardımcısıyım, hizmetinizdeyim. Tüm atomik ihtiyaçlarınız için doğru yere geldiğinizi garanti ederim. Kullanıma hazır çekirdeklerimiz için çok özel fırsatlara baktığınızı görüyorum. İstedığınız her şey bizde var. Hangi atomu arzu ederseniz, yalnızca doğru çekirdeği almanız ve uygun elektronları eklemeniz yeterli olur.

“Ya da”, demiş satış sorumlusu, sesinde ufak bir değişik yapılarak, “ileri düzey kullanıcıysanız, kendi çekirdeklerinizi kendiniz imal etmekten hoşlanıyor olabilirsiniz. Aklınıza gelebilecek her tür çekirdek için, ‘kendi çekirdeğini kendin yap’ setleri de satıyoruz ve malzemelerimiz son derece kararlıdır.”

Prensesin yanındaki küçük arkadaşı, bu karşılama merasimini kısa kesmek için bir fırsat aradığından, hemen söze girmiş: “Bu genç bayana, bir atomun nasıl meydana getirilebileceğini göstermenizi istiyorum. Özellikle de, kullandığınız çekirdek yapısı ve bileşenlerinden bahsedebilir misiniz?”

“Tabii ki, elbette. Daha önce gördüğünüz gibi, bir atomu, yalnızca çekirdeğe elektronlar ekleyerek yapabilirsiniz. Aslında tüm yapmanız gereken, çekirdeği bir elektron bulutunun içine yerleştirmektir. Elektronları burada tutuyoruz,” diyerek, devasa binanın diğer ucunda, çok büyük sandıklar bulunan bir bölümü işaret etmiş. Sandıklar o kadar büyükmüş ki, yalnızca birkaç tanesi bile mevcut alanın büyük bölümünü doldurmaya yetiyor gibi duruyormuş.

“Bu kutular neden bu kadar büyük?” diye sormuş prenses. “Elektronlar çok mu büyükler?”

“Hayır. Aslında çok küçüktürler ama konumları çok belirsizdir. Elektronlar çok hafiftir. Diğer parçacıkların pek çoğuyla karşılaştırıldıklarında çok daha az bir kütleye sahiptirler. Konumla-

7. Yttrium: Televizyon gibi görüntü aletlerinde kırmızı fosfor etkisi yaratmakta kullanılan, nadir bulunan, simgesi Y ve atom numarası 39 olan bir metal element.

ATOMLAR BİZİZ

Sır çekirdektedir

İstedğin her neyse yanıt elementlerdir.
Elementler, elementler, herşey elementler

OKSİJEN, NİTROJEN
KARIŞIMINI DENEYİN.
SİZE TAZE BİR SOLUK
ALDIRACAK



ORGANİK
ÜRÜNLERİNİZ
İÇİN KARBON
KULLANIN

rını sınırlandırırsanız, yani konum belirsizliklerini azaltırsanız, onlara verilen momentum çok fazla artar. Momentumun, kütle çarpı hız, yani *mi* ile gösterildiğini biliyorsunuzdur, buna göre de kütle küçülürse, hız büyümek zorundadır ki momentum aynı kalsın. Bir çekirdek tarafından tutulmuş elektronun hızı öyle yüksek olur ki, yakalanmaya çalışıldığı her yerden kaçar; tıpkı hızlı bir uzay roketinin Dünya'dan kaçması gibi. Bu nedenle de elektronları daha küçük kutularda zapt etmek oldukça zordur," diye açıklamış.

"Her neyse," diye devam etmiş ardından. "Çekirdek pozitif bir elektrik yüküne sahip olduğu için, elektronları çekeceğini, çünkü elektronların negatif yüklere sahip olduklarını biliyorsunuzdur. Bu elektriksel etkileşim onları çekirdeğe bağlar. Bağlı elektronlar çok küçük bir alana tıkmış olduklarından, bu durum, elektronların dalga fonksiyonlarını etkileyerek atomik seviyelerdeki değişimlere, böylece de atomların kendilerine has özelliklerinin ortaya çıkmasını sağlar. Muhtemelen bütün bunları daha önce duymuşsunuzdur."

“Ah, evet,” demiş, Pamuk Prenses. “Sanırım bu konu hakkın-da bir şeyler biliyorum. Atom Sanatkârları’nın yaptığı şey buy-du gibi geliyor bana; bir atom yapmak için birbiri ardına elek-tron ekliyordlardı.”

“Evet, işte. Dediğim gibi, aslında elektronları tek tek ekleme-nize gerek yoktur. Sadece çekirdeği elektronlarla birlikte bir ye-re koyduğunuzda, elektriksel etkileşimleri onları gereken duru-ma getirecektir. Bu etkileşim, yeni atomunuzdaki çekirdeğin po-zitif yüklerini dengeleyecek sayıda elektron bağlanana kadar de-vam eder ve başka da elektron çekilmez; böylece yüksüz bir ato-munuz olur. Aslında hepsi bu kadar basit olmakla birlikte, ürün-lerimizin üzerinde göreceğiniz uyarı etiketlerinde de belirtildiği gibi, atomları parçalarına ayırmak veya birleştirmek, küçük yaş-taki çocuklar için uygun değildir.

“Binanın girişindeki tabelamızda da belirttiğimiz gibi, ‘Sır, çekirdektedir.’ Elde ettiğiniz atomun türü, işe başladığınız çekir-dekle ilgilidir. Özel çekirdek yapım setlerimize bayılacaksınız,” diye eklemiş, kendinden emin bir biçimde. Bu sırada raflardan birine uzanıp aldığı süslü bir kutuyu açıp, içinden bazı büyük paketlerle, küçük bir de kavanoz çıkartmış. Paketlerden biri par-lak bir kırmızı renkteyken, diğeri ise açık yeşilmiş.

“İşte bileşenler. Bunlar esasen proton ve nötronlardır ve kı-rmızı paket protonları, yeşil paket de nötronları içerir. İstedığınız atomu yapma konusunda en önemli parçalar protonlardır. Elek-trondaki yüklerle aynı miktarda, fakat zıt işaretli olan pozitif elektrik yüklerine sahip olan parçalar bunlardır. Bir çekirdek-teki protonların sayısı, çekirdeğin kaç tane elektron yakalayabile-ceğini belirler. Bu da elde edeceğiniz atom türünü belirler; oks-i-jen mi, karbon mu, yoksa demir mi, hatta uranyum mu olduğu-nu. Her şey çekirdekteki proton sayısına bağlıdır.”

“Öyleyse neden nötronlar var?” diye sormuş, prenses.

“İlk olarak şunu söyleyebilirim ki, bu sorunun cevabı, insan-ların neden dağlara tırmandıkları sorulduğunda verdikleri ceva-ba benzer; çünkü dağlar oradadırlar. Nötronlar da oradadırlar ve gayet kararlıdırlar. Proton ve nötronların her ikisi de, tüm bu parçacıkları, küçük bir çekirdek içinde bir arada tutabilen güçlü çekirdek etkileşiminden nasiplerini alırlar. Sonuç olarak, beğen-seniz de beğenmeseniz de, nötronlar da protonlar kadar orada

olacaklardır. Pauli Dışlama İlkesi, proton ve nötronların, en düşük atomik enerji seviyelerinde bağımsız olarak bulunmalarına izin verir çünkü protonlarla nötronlar aslında birbirleriyle aynı parçalar değildirler. Protonlar kesinlikle diğer protonlarla ve nötronlar da diğer nötronlarla özdeşirler, ama bir proton ile bir nötron farklı parçalardır. Protonlar ve nötronlar, atomun içerisindeki mümkün olan en düşük enerji katmanında birbirinden bağımsız olarak dururlar.

“Nötronların varlığı, çekirdeği daha kararlı hale getirmeye yardımcı olur. Dediğim gibi, protonların pozitif elektrik yüküne sahip olma avantajları vardır ve bu nedenle de negatif yüklü elektronları kendilerine doğru çekebilirler. Bu, pozitif elektrik yüküne sahip olma durumu, aynı zamanda bir dezavantajdır da, çünkü her biri, bu yüzden diğer tüm protonlarla aynı yüke sahip olduklarından, birbirlerini itecektirler. Pozitif ve negatif elektrik yükleri, bir atomun içindeki elektronları bir arada tutmayı sağlasa da, yalnızca protonlar tarafında taşınan pozitif yüklerin etkisi, aslında her şeyi birbiriyle ilişkiye sokmaktadır. Atomun içindeki tüm bu parçaları bir arada tutmak için, protonlar ve nötronlar arasında – biz bunların hepsine *nükleonlar* diyoruz – çalışan bir başka mekanizmaya daha ihtiyaç vardır. Bu mekanizmanın da, tabii ki elektronlarla olan bağlara etkisinin olmaması lazımdır yoksa atomun içindeki enerji seviyeleri bozulur. İhtiyacınız olan şey, elektriksel etkileşimden daha güçlü olan bir etkileşimdir; nükleonlar arasında çalışan ama elektronları etkilemeyen bir etkileşim.

“İhtiyacınız olan etkileşimin adı, ‘Güçlü Çekirdek Etkileşimi’dir.” Satış Elemanı, sözün burasında etkileyici bir biçimde durmuş ve elinde tuttuğu paketten çıkan küçük kavanozu havaya kaldırmış. “Bu setle birlikte, söz konusu etkileşim de gelir; nükleonların, çekirdeği bir arada tutmak için değiş tokuş edebileceği bazı bozonlardır bunlar.⁸ Tıpkı değişim fotonlarının elektriksel etkileşimleri sağlaması gibi, bu parçacıklar da, atomun birçok özelliğini etkiler. Bu parçacıklar yalnızca kısa mesafelerde değiş tokuş edilirler ve bu nedenle de nükleonları yalnızca

8. Bozon: Çekirdekte bulunan ve Pauli Dışlaması Prensipleri’yle değil, Bose-Einstein istatistiki yaklaşımına göre çalışan, atomun atomik kütle numarası dahil bir çok özelliğini belirleyen, kuantum düzeyindeki parçacıkların tümü (E.N.).

onlara değdikleri sürece etkilediklerini söyleyebilirsiniz. Bu özellik, uzun mesafelerde etkili olan elektriksel etkileşimin aksine, atomun kendi kütle sınırları içindeki etkileşimleri sağlar. Çekirdeğin içinde bulunan protonların pozitif güçlerinin itici elektriksel kuvvetlerine karşı baskın çıksalar da, bunu sadece protonlara yapışırken yapabilirler. Nötronlar da protonların arasına girip onları biraz birbirinden ayırdıklarından, söz konusu elektriksel itme etkilerini bir nebze azaltırlar. Sadece iki protonlu ve nötronsuz bir çekirdek mevcut değildir çünkü böyle bir durumda yüklerin birbirini itmesi, atomun parçalanıp dağılmasına neden olur. Öte yandan, bir proton ve bir nötrona sahip çekirdek vardır; bu, deuterium adı verilen ağır bir hidrojen atomudur. Aslında, iki proton ve bir nötron içeren çekirdek bile var olabilir ve vardır da.⁹ Yani, nötronlar, protonların yükleri arasındaki itici kuvvetleri dengelemekte çok etkilidirler.”

“Peki, bütün bu parçacıkları, bir çekirdek oluşturmaları için nasıl bir araya getiriyorsunuz?” diye sormuş, Prens. “Dediğiniz gibi, bir çekirdeğe sahipseniz, elektronları o çekirdeğe doğru itekleyerek mi yapıyorsunuz?”

“Hayır, bu setle atom üretirken, söylediğiniz yöntem kullanılamaz. Evet, elektronlar çekirdeğe bağlanırlar, çünkü protonlarla zıt elektrik yüklerine sahiptirler. Ama protonların hepsi aynı elektrik yüküne sahip olduklarından, bu işlemi yaparken birbirlerini itiyor olacaklardır. Kısa menzilli güçlü etkileşim devreye sokulmadıkça, protonlar ve elektronlar asla yeteri kadar birbirlerine yaklaşamayacaklardır. Bunu sağlamak için de, çok hızlı hareket eden protonlara ihtiyacınız olacaktır ki, atom dağılma noktasına gelmeden, güçlü etkileşimin devreye girip parçaları yakalayabileceği fırsat doğsun. Bunun için de nükleer bir fırına ihtiyacınız olur. Birkaç on milyon santigrat derecelik bir fırın bu işi yapabilir. Birbirini elektriksel etkileşimle itip kakarak ortalıkta uçuşan protonların termal hızları için, bu sıcaklıklar bile yeterli olmayabilir ama, nükleer etkileşiminin baskın çıkıp kontrolü eline geçirmesi için gayet yeterlidir. Böylece bozonlar aşmalarını gereken tünelleri geçip protonlara yaklaşarak onlara yapışmak için yeterli miktarda enerjiye sahip olabilirler çünkü kendi

9. Helyum3 olarak adlandırılır.

sahip oldukları enerji buna asla yetmez. Bu bir kuantum olayıdır,” diyerek bitirmiş satış görevlisi sözlerini.

“Peki, böyle bir fırını nereden buluyorsunuz?”

“Ah, yeteri kadar büyük herhangi bir yıldızın merkezindeki kor bu işi görecektir.” Pamuk Prenses, normal bir tüketicinin böyle bir mekânı olağan çevresinde nasıl olup da bulacağını sormaya kalkışmadan, Satış Elemanı sözlerine devam etmiş, “elektiriksel etkileşim sorunu, çekirdeğin oluşmasındaki tek engel değildir. Ayrıca nötronlar öyle kolay bulunan parçacıklar değildir ve onlarsız da kararlı bir çekirdek oluşturulamaz.”

“Yaklaşık olarak protonlarla aynı sayıda olmuyorlar mı?”

“Doğru, ama galiba küçük yazıları okumamışsınız,” diye yanıtlayan satış sorumlusu, üzerinde, ‘UYARI: Paketin muhtevası on beş dakika içinde kullanılmalıdır!’ yazan bir etiket bulunan yeşil paketi havaya kaldırmış. “Nötronlar kararsızdır, anlıyor musunuz? Kısa zamanda bozunurlar ve birkaç saat içinde, hemen hemen bir tane bile kalmaz. Bunun nedeni de Zayıf Etkileşime fazlasıyla açık olmalarıdır.”

“Zayıf Etkileşim dediğinizin, güçlü Nükleer Etkileşim’den farklı olduğunu tahmin ediyorum.”

“Ah evet, çok farklıdır. Bambaşka bir şeydir. İlk olarak çok zayıf olduğunu söyleyebilirim ve kendine özgü etkileri vardır. Parçacıkları değişikliğe uğratabildiği gibi bozunmalarına da neden olabilir. Bir parçacık, kendinden daha hafif bir oluşumun içine girdiğinde bozunabilir. Toplam enerji korunacağından, kütledeki bu bozunma, aynı miktardaki enerjinin açığa çıkmasına neden olacaktır ve bu enerji, kinetik enerji olarak salınacaktır. Doğa kinetik enerjiyi sever.¹⁰

“Bir nötron bozunduğunda, ortaya bir proton, bir elektron ve bir de antinötrino olarak adlandırılan, elektiriksel yükü olmayan bir parçacık çıkar. Protonlar ve nötronlar ağır parçacıklardır ve her biri bir elektrondan birkaç bin kat daha ağırdır ama nötronlar hepsinden biraz daha ağırdır. Kütleleri, bir araya gelmiş toplam üç parçacığın (proton, elektron ve antinötrino) nihai kütlele-

10. Kinetik enerjiyi farklı durumlar arasında dağıtmanın pek çok yolu vardır ve daha olası durumların sayısı arttıkça, sürecin onlarla sonlanması ihtimali de artar. Bu benim *Scrooge’s Cryptic Carol* adlı kitabımda anlatılmaktadır ve termodinamiğin özüdür.

rinden fazladır. Bu durumda, nötronun üç parçacığa bölünecek şekilde bozunması sonucunda, az miktarda da olsa, kinetik enerji salılabilecektir ve böyle de olur.”

Prenses, “Nötronlar bu kadar kararsızlarsa, çekirdek ve atomları oluşturmakta ne işe yaradıklarını anlayamıyorum. Atomların uzun süre var olmaları gerekmez mi?” diye sormuş.

“Ah, bu da onun kurnazlığı işte. Nötronlar, tavsiye edildikleri biçimde kullanılarak dosdoğru atomun çekirdeğine yerleştirildiklerinde, orada milyarlarca yıl bozunmadan kalacakları kesindir. Ancak o durumda yeteri kadar kararlı olurlar ve bunun nedeni de Bağlanma Enerjisidir.”

“Peki, bağlanma enerjisi nedir?” diye sürdürmüş prenses sorularını.

“Bir parçacığın, diğerlerine bağlanırken kaybettiği enerjidir; yani su kuyusuna düşmek gibi bir şey. Sizin deneyimlerinize göre, su kuyusu yerde açılmış bir deliktir ve içine ne düşerse, kuyunun dibine çarpana kadar, git gide hızlanarak inmeye devam eder. Kuyunun dibine vardığında da, bir şekilde kinetik enerjisini kaybeder ki bu enerji, çoğunlukla, suya çarpan cismin, bu çarpışmanın etkisiyle kuyunun dibindeki suyu bir parça ısıtması ve çıkan su sesiyle açığa çıkar. Tekrar kuyudan yukarı çıkabilmesi için gereken tüm kinetik enerjisini orada kaybeden cisim, kuyunun dibine bağlanır. Parçacıklar, bir etkileşim tarafından tutuldukları yerlerde hep aynı sorunu yaşarlar; kaçmak için enerjiye ihtiyaçları vardır ama enerjilerini bağlanırken tüketmişlerdir. İşte bu bağlardan kurtulmak için ihtiyaç duyulan enerjiye de, Bağlanma Enerjisi adı verilir.

“Şimdi, eğer enerji demek kütlenin kendisi demekse ve bir nötron enerji kaybederse, bir miktar kütle kaybetmiş demektir, öyle değil mi? Nötron, çekirdeğin içinde bağlandığında, aynı kuyuya düşme örneğinde olduğu gibi, artık kütlesi, bozunup



ayırışabileceği üç parçacığın ağırlıklarının toplamından daha fazla olmaz. Uygun bir çekirdeğin içinde bağlandığında, nötron gayet kararlıdır,” diye bitirmiş sözlerini, satış elemanı, sakince.

“Neden hep kendi başına kararsız bileşenler kullanmak zorunda olduğunuzu anlamıyorum. Bana biraz, standart düşüklüğü varmış gibi geldi.”

“Ah, hayır değil,” diye cevap vermiş satış elemanı, hoş bir gülüşle. “Biz mümkün olan en iyi malzemeler dışında hiç bir şey kullanmıyoruz. Aslına bakarsınız, sadece mevcut malzemeleri kullanıyoruz. Arzu ederseniz, buyurun, Kalite Kontrol teknisyenimiz ile konuşun.”

Prenses, bu öneriyi değerlendirmeye karar verince, geniş ve devasa bir ahır andıran binanın içinde ilerlemeye başlamışlar. Her tarafı şu ya da bu ürünü almayı teşvik eden dikkat çekici etiketler ve tabelalarla dolu olan mağaza boyunca yürüyüp, pek de göze çarpmayan bir kapıyı açıp, kapının hemen yan tarafında atölye tezgâhının bulunduğu küçük bir odaya girmişler. Bu tezgâhta, göz doktorlarının hastalarına mercek denetirken kullandıklarına benzer, burun üzerinde duran bir tür metal gözlük takan bir adam oturuyormuş. Tezgâhın üzeri, ne oldukları pek de anlaşılmayan bir sürü aygıtla doluymuş.

“Bu genç bayan, çekirdek setlerimizde kullandığımız malzemeleri öğrenmek istiyor,” demiş satış elemanı ve bunu söylerken de, Pamuk Prenses’i, farkında olmadan prenseslik makamından, genç bayan sıfatına indirmiş. “Kendisinin, kullandığımız malzemelerin kararlılıkları hakkında bazı şüpheleri var.”

“TAMAM,” diyerek dönmüş teknisyen ve onlara bir dizi filtrenin ardındaki tuhaf gözlüklerinden bakarak, “Kullandığımız en belirgin malzemeler, elbette, protonlar ve nötronlardır,” demiş. Bunları söylerken, tezgâhın üzerindeki küçük çekmeceleri açıp, bir proton ve bir de nötron çıkararak, tezgâhın üzerine koymuş. Prenses ve satış elemanı, bir süre tezgâhın üzerinde duran parçacıkları izlemişler. Nötron, hiç vakit kaybetmeden, hemen bir protonla bir elektron verecek şekilde bozunmuş ve savrulan elektron masadan yere düşmüş. Bu bozunmadan ortaya çıkması beklenen üçüncü parçacık olan anti-nötrinodan ise, neredeyse tespit edilemeyecek kadar küçük olduğundan, hiçbir iz görünmüyormuş.

“Sizi endişelendiren şeyin ne olduğunu anlıyorum. Çekirdekteki güçlü etkileşimlerin yegâne muhatapları nükleonlar değildir ama aynı etkileşimin altındaki diğer parçacıkların, burada gördüğünüz bozuşmayı engellemeye bir faydaları dokunmaz. Örneğin, karşı-parçacıklar vardır.”

“Karşı-parçacık da ne?”

“Ben de tam size bunu göstermek üzereyim.” Uzun ve zırh gibi korumalı kaplaması olan kablonun ucundaki bir aleti eline alıp, tezgâhın üzerine doğru tutmuş. Aletin üzerindeki düğmeye basar basmaz güçlü bir parlama olmuş ve aynı anda, tezgâhın üzerinde duran iki parçacık, birbiri ardından belirivermiş. Bir tanesinin proton olduğu belliymiş ve diğeri de ona çok benzer görünüyordu, ama bazı bakımlardan da biraz farklı duruyormuş.

“Bu bir *çift oluşumu* örneğidir. Uygun bir enerji girdisi ile, yeni parçacıklar olarak durgun kütleler oluşturabilirsiniz. Bu parçacıklar genellikle çiftler halinde olmak durumundadırlar çünkü birbirini dengeleyecek bazı karşıt değerlerde özelliklere sahip olmak zorundadırlar. Protonun pozitif elektrik yükü vardır ve bu nedenle onun çifti olan anti-protonun negatif bir yükü olacaktır.” Düğmeye tekrar basmış ve çıkan ışımanın altında yine iki parçacık belirmiş. Bu parçacıklardan biri nötron ve diğeri de ondan farkı daha da az olan bir parçacıkmış. “Nötronların toplamda elektrik yükleri yoktur ve bu yüzden de elektriksel yük bakımından farklılık göstermezler. Bununla birlikte hala farklılıkları mevcuttur.¹¹ İki parçacık aynı değildir ve birbirlerini tamamlarlar.”

Teknisyenin, tezgâhın üzerindeki nötronu karşı-nötronla birbirine doğru itmesiyle büyük bir ışık parlaması görünmüş ve aralarında ortaya çıkan yüksek enerjili fotonlar zıt yönlerde ışıyarak hızla uzaklaşmışlar. Teknisyen tekrar çekmecelere uzanıp, bu kez iki tane nötron çıkartmış ve onları tezgâhın üzerine koyup yavaşça birbirlerine doğru itelemiş. Tanecikler, yan yana duruyor ve sadece kuantum titreşimlerinin yarattığı bulanıklık dışında, başka hiçbir değişiklik görülüyormuş.

11. Aynı kütle ve elektrik yüküne sahip olsalar da farklıdırlar – nötronlar kuarklardan yapılmışlardır ve kuarklar da bazı bakımlardan karşı-kuarklardan farklıdırlar. Parçacık ve karşı-parçacıklar arasındaki farkın temel kanıtı, yalnızca birbirlerini tamamlayan çiftler halinde meydana getirilebilmelerinde görülür. Biraz daha ayrıntılı bilgi *Kuarkların Büyücüsü*'nde verilmiştir.

“Karşı parçacıkların tümü, denge kurdukları parçacıkları yok edebilme özelliğine sahiptirler. Bu durumun mümkün olduğu tüm ihtimallerde de, yok etme işlevlerini yerine getirme eğilimindedirler çünkü anti-parçacıklar daha hafif olduklarından, daha kolay hareket ederler ve böylece de ilave kinetik enerji kazanmaları ve bunu açığa salmaları kolaydır. Karşı-proton ve karşı-nötronlar normal parçacıklarla karıştırıldığında, kararlı bir çekirdek sağlamadıklarını görürsünüz. Bunların dışında parçacıklar da imal edebilirsiniz.” Teknisyen konuşurken, bir yandan da hiç durmadan, elindeki enerji kaynağını kullanarak bir dizi ışık parlaması meydana getiriyor ve prensese yabancı gelen değişik değişik parçacıklar oluşturuyormuş. “Farklı farklı bir sürü, güçlü etkileşime girebilen parçacık üretebiliyorsak, ne diye nükleonlarla uğraşalım ki? Ama bu yeni parçacıkların hemen hepsi, nötronlardan daha az kararlıdır ve bu yüzden de kararlı çekirdekler oluşturmada pek de işe yaramazlar. Parçacık ailesi içinde proton ve nötron en hafif olan üyelerdir, dolayısıyla da kendilerinden daha hafif parçacıkların içine karışıp bozunma ihtimalleri azdır. Nötronun, yeterince ağır olduğundan, bir proton, bir elektron veya bir karşı-nötrinin içine girip bozunabilmesi ihtimalinin, marjinal durumlar dışında pek de mümkün olmadığı, hele de, bir çekirdeğe bağlanmışsa bunun hiç olamayacağı açıktır. Nötron, böyle bir durumda gayet kararlıdır ve çekirdek içindeki varlığı, protonları birbirinden ayrı tutmayı sağlayıp, elektriksel etkileşimlerin birbirini itmesi sonucunda çekirdeğin parçalanması tehlikesini bertaraf etmek açısından çok değerlidir.

“Çekirdek içerisinde, aralarında Güçlü Etkileşim bulunan birçok diğer parçacık da muhtemelen bulunacak ve zaman ve enerji arasındaki belirsizlik bağı, çekirdek içinde oldukça kısa süreli enerji yükselmelerine sebep olacağından, birçok parçacık/karşı-parçacık çifti de oluşacaktır. Böyle sanal parçacıklar ve parçacık/karşı-parçacık çiftleri, olay vakumlu bir ortamda gelişse bile türeyebileceklerdir.¹² Hepsi de aynı bileşenlerden yapıldıkları için, bu parçacıkların çekirdek içinde var olup olmadıklarının saptanması gerekliliği, bir yere kadar tartışma konusudur.

12. Vakum konusu için *Alice in Quantumland* ya da *Kuarkların Büyücüsü* kitaplarına bakınız.

Çünkü aslında bu parçacıklar da birer bileşimdirler ve hepsinin ana malzemesi kuarklardır.

“Buyurun, proton ve nötronların elektriksel yapılarına bir bakın.” Teknisyen, Pamuk Prenses’in gözlerine de, kendi kullandığına benzer bir çerçeve yerleştirmiş ve gözlerinin önündeki bazı ilave merceklerde ayarlamalar yapmış. “Bu taktığım mercekler, elbette, aslında mercek falan değiller; bunlar kavramsallaştırıcılar; göremediğiniz, ama aslında orada olan şeyi size gösteren aparatlar – malum, bu ikisi çok farklı şeyler. Bu set size, elektrik yükünü ve parçacıkların elektriksel etkileşime nasıl girdiklerini gösterecektir. Her temel etkileşim türünü görebilmek için farklı bir setim var ama kütleçekimi görmek için olanı pek pratik değil çünkü fazla büyük ve ağır.”

Gözlük olmayan gözlüklerin ardından bakan kız, protonun pozitif elektrik yükünün parlak rengini ve parçacık üzerindeki degrade dağılımını görüyormuş. Rengin en parlak olduğu yer, protonun merkeziyken, dışa doğru açıldıkça giderek yoğunluğu azalıyormuş. Nötron da, elektrik yükü olmamasına rağmen, prensesin elektriksel algılarında kendini gösteriyor, merkezinin pozitif yükü ve dışa doğru açıldıkça negatif yükün geniş haresi ile çevrelenmiş olduğu, bu nedenle de, toplamda bir elektrik yükünün olmadığı açıkça görülüyormuş. Ama onun da bir yapısı olduğu anlaşılmıyormuş.

Teknisyen, başka bir çekmecedan oldukça küçük bir cımbız çıkartmış ve büyük bir özenle, çekirdekte bulunan parçacıkları tutup çekiştirmeye başlamış. Onlardan ve etrafa yayılmış olan çeşitli diğer parçacıklardan bir kısmını cımbızıyla yakalayıp, bir tepsiye ayırmış. Pamuk Prenses, bu parçacıkların hiçbirinin aslında birbirinden ayrı olmadıklarını ve renkli sicimlerle birbirlerine bağlı olduklarını fark etmiş.¹³ Teknisyen, ayırdığı parçacıkları yan yana üç sıra halinde dizdiğinde, her bir sırada alt alta duran iki kuark görünüyor.

“İşte kuarklar: Burada altı temel türü görüyorsunuz. Onları sahip oldukları elektrik yüklerine ve mensup oldukları ailelere göre ayırdım. Üç aile ve her bir ailede farklı elektrik yüküne sahip iki parçacık var. Bu üç farklı aile, *jenerasyonlar* olarak bilinir.”

13. Kuarklar ve renkleri hakkında daha fazlası *Kuarkların Büyücüsü*’nde mevcuttur.

Her sütunun üst elemanı pozitif yükü parlıyor, alttaki ise negatif tonda, daha soluk duruyormuş. Bu durum, birbirinin aynısı gibi duran üç sırada da benzer biçimde görünüyormuş. "Burada, elektromanyetik bakış açısından quark setlerinin görünümü var ki, elektrik yükleri çok önemli. Onlara Güçlü Etkileşim bakış açısından bakarsanız, her bir kuarkın diğerinden farklı olduğunu görürsünüz. Her birinin farklı bir tadı vardır.¹⁴" Teknisyen bunları söylerken, gözlüklerdeki filtreleri bir başka takımla değiştirmiş. Farklı sıra ve sütunlardaki kuark parçacıklarının hepsi birbirlerinden tamamen farklı görünür olmuşlar. "Şimdi de kuarkları, Güçlü Etkileşim açısından görüyoruz. Bu etkileşim, kuarkların her birinin kendine özel parçacıklar olduğunu ortaya çıkarır. Zayıf Etkileşim açısından baktığımızda da, her şey biraz daha farklı görünecektir. Şimdi tatlar biraz karışmış görünecek." Teknisyen yine filtreleri başka bir setle değiştirmiş. Güçlü Etkileşim açısından bakıldığında görülen çeşitli kuark türlerine ait açıklık kaybolmuş. Her sıradaki alt ve üst konumlar biraz daha birleşmiş ve üstteki kuark sırasında çeşitli tat aileleri bir araya gelmiş gibi görünüyormuş.

"Zayıf Etkileşim açısından bakıldığında, kuarkların farklı tatları belirgin olarak ayrılmış değildir, çünkü Zayıf Etkileşim onları birbirlerinden ayırtırmayı başaramaz. Zayıf Etkileşim, tatlardan farklı şeylerle ilgilenir ve gördüğü kuark türleri, tatların bir karışımıdır. Zayıf Etkileşim, tatları belli bir durum içinde harmanlayabilir ve bir kuark tadının diğer tat içinde bozunmasını sağlayabilir. Zayıf Etkileşim, bir jenerasyondaki kuarkların, ki burada her bir sütun jenerasyon olarak adlandırılır, daha düşük ve hafif formlara bozunmasına neden olabilir.

"Ayrıca altı adet de lepton vardır," derken, teknisyen, içinde tıpkı kuarklar gibi iki parçacıktan oluşan üç sütun, ya da üç jenerasyon halinde sıralanmış olan altı parçacığın bulunduğu bir başka tepsi çıkartmıştı. "Leptonlar, elektronlar gibi parçacıklardır. Kuarklar gibi üç jenerasyon halinde sıralanabilirler. Her bir jenerasyonun içinde negatif yüklü parçacıklar vardır ve kendi nötrinosu bulunur. Yüklenmiş sürümlerin adları da, sırasıyla,

14. Belki inanmayacaksınız ama, tat (flavor), kuark tiplerini birbirinden ayırmak için, özelliklerini adlandırmada kullanılan bir deyim.

Elektron, Muon ve Tau'dur. Son ikisi daha ağır parçacıklar olduğundan kolaylıkla ve hızlı bir biçimde bozunurlar. Bu nedenle de atomların içinde önemli rol oynayan yegâne lepton ilk jenerasyonda yer alan elektrondur."

"Öyleyse diğer iki jenerasyon neden var?"

"Hiçbir fikrim yok. Bu atom setiyle birlikte bunlar da geliyor." Teknisyen, Lepton tepsisini kaldırıp, dikkatini yine kuarklara vermiş. "Kuarklar için de aynı şey geçerlidir. Yalnızca ilk jenerasyondaki 'yukarı' ve 'aşağı' kuark olarak adlandırılan kuarklar çekirdek oluşumunda önemli rol oynarlar. Diğerlerinin, 'cazibe', 'garip', 'alt' ve 'üst' diye adlandırılıyor olmalarının, gerçekten pek de bir önemi yoktur."

"Onlarla da atom yapabilir misiniz, mesela, 'cazibe' ile?"

"Prensip olarak, evet. Normalde bu diğer kuarklar, atomlara yerleştirilebilecek kadar uzun ömürlü dayanmazlar."

Teknisyen çekmecelerden birine uzanıp, üzerinde düzgün bir yazıyla 'cazibe' yazan çekmecedен bir miktar kuark çıkarıp tezgâha koymuş. Bunların yanına, kızın takip etmekte zorluk çekeceği bir hızla, bir miktar diğer kuarklardan da birleştirmiş. Sonra, atomun kendisini oluşturmak için elektronlar eklemiş ve ardından yine bir avuç daha kuark ilave etmiş. Ortaya çıkan atomun kütlesi, tıpkı daha önce gördüğü Atomik Sanatkârlar'ın büyük guguklu saati yapmaları gibi, hızla büyüyormuş. Fakat bu sefer, cisim büyüdükçe, Pamuk Prenses kendisinin de onunla birlikte büyüdüğünü ve minyatür ölçeğinden yukarılara doğru yükseldiğini fark etmiş. Atomların daha büyük yapılara dönüşümelerini izlemiş. Bir yanında basit bir metal dizisi oluşurken, daha uzaklarda karmaşık ve kıvrımlı yapılarıyla organik maddelerin oluştuğunu görüyormuş. Kendi ölçüleri büyüdükçe, yan başında form alan metalin gümüş bir tokaya ve karşısındaki organik malzemenin de güzel bir kaftana dönüşmekte olduğunu fark etmiş. Hızla, ya da ona öyle gelen biçimde, normal boyutlarına dönmüş ve gerisin geriye, atomik dünyaya giden yolcuğuna başladığı çimenli çukura dönmüş olduğunu idrak etmiş.

Fakat bu sefer, çukurda yalnız değilmiş. Yanında, iyi giyimli, yakışıklı ve çekici bir de genç adam duruyormuş. "Merhaba," demiş, genç adam, insanın içine işleyen etkileyici bir ses tonuyla, "Ben, Prens Cazibe'yim."

üçüncü masala giriş

Masalıcı, "Tabii ki, Prens Cazibe, aslında 'cazibe' kuarklarından yapılmamıştı," dedi dalgın dalgın. "Onlar kararsızdırlar ve çok kısa süren ömürlerinin ardından bozunurlar ki bu kuarklardan yapılmış bir Prens bir saniye bile geçmeden infilak eder, en ufak parçalarına ayrılırdı. Hayattaydı ve diğer herkes gibi 'yukarı' ve 'aşağı' kuarklardan meydana gelmişti. Tabii ki prens tamamen kurgusal bir kişiydi ve bu yüzden de, sahip olmadığı fiziksel bileşimden bahsetmek de anlamsız.

"Her neyse," diyerek durdu birden, "artık hem hareket, hem de madde hakkında bir şeyler bildiğinize göre, Evren'i büyük ölçekte daha iyi kavrayabilirsiniz. Evren, bildiğiniz gibi, yıldızlarla doludur ve bunların doğası ve dağılımı üzerine düşüncelere dalınacak harika bir yerdir. Tüm yıldızlar, yüz milyarlarca yıldız içeren tüm büyük galaksiler, tüm büyük galaksi kümeleri, Evren'i dolduran büyük madde ağı..."

"Bu şeyler hakkında bize hiçbir şey anlatmadınız," diye isyan etti, Rachel.

Masalıcı kısa bir süre durdu. "Evet, anlatmadım değil mi?" diye kabul etti. "Bunu telafi etsem iyi olur. Size, etrafınızdaki Evren'in devasa boyutunu ve çeşitliliğini resmeden bir hikâye anlatacağım. Pekâlâ, sessiz olursanız, 'Ali Gori ve Gece Mağarası' hikâyesini anlatacağım. Daha önceki hikâyelerimiz bir prens ve bir de prenses

hakkındaydı ama şimdi size gayet sıradan, genç bir adamdan bahsedeceğim."

Dinleyiciler meraklı bir dikkatle yerlerine kurulurlarken, Masalcı derin bir nefes aldı ve başladı. "Ali Gori, biraz yaratıcılık dışında, başka hiç bir özelliğe sahip olmayan genç bir adammış. Çok uzak bir çölde yaşıyormuş ve bir gün bu çölde dolaşırken..."

üçüncü masal:

ALİ GORİ ve GECE MAĞARASI

(Göklere dair)

O günün erken saatlerinde, Ali'nin ev sahibi, ara sıra kirasını da ödemesi gerektiği konusunda onu uyarıp, canını sıktıysa da, Ali yine, kendisine reddedemeyeceği cazip şeyler sunabilecek olaylarla karşılaşmak ümidiyle, çorak çölde dikkatle etrafını gözleyerek geziniyormuş. Uzakta küçük bir deve kervanının, Ali'nin yürüdüğü yola paralel olarak ilerlediğini görmüş. Yolları aynı noktaya doğru gidiyormuş ve kervan sürücülerinin gayet iyi giyimli kişiler oldukları, uzaktan da olsa fark edilebiliyormuş. Ali, bunların, muhtemelen, zengin tacirler ya da âlimler olduklarını düşünmüş. Buralarda son zamanlarda bilge insanların sayısında kayda değer bir artış yaşanıyormuş. Ama Ali, sonunda, kervandakilerin tacir olduklarına inanmayı tercih etmiş çünkü ilginç yükler taşıdıklarını görüyormuş.

Kervan derin bir vadide ilerlerken, karşısına çıkan bir kaya nedeniyle durduğunda, Ali de onları temkinli bir biçimde, aynı yönde, gölge gibi takip etmiş. Kervandakilerin hepsi develerinden inip, gölgeli vadinin içindeki sarp kayaya doğru ilerlemişler. Kervan lideri kollarını dramatik bir hareketle havaya kaldırarak, Ali'nin uzakta olduğu için duyamadığı bir şeyler söyle-

miş. Kısa bir süre sonra, yerin derinliklerinden gelen bir uğultu duyulmuş ve grup, görüldüğü kadarıyla, sarp kayanın içinde gözden kaybolmuş. Uzun bir sessizlikten sonra, Ali, temkinlice olay yerine doğru ilerlemeye başlamış. Sonunda, cüppeli adamları görebileceği ve bu sefer ne dediklerini de duyabileceği kadar onlara yaklaşmış. Ama bu pozisyonu da, neler olup bittiğini



anlamakta Ali'nin pek işine yaramamış. Bu sırada yolculardan birinin öbürüne dönüp, "Ben hala, o gördüğümüzün bir süpernova tipi olduğunu düşünüyorum," dediğini duymuş.

Adamlar gözden kaybolur kaybolmaz, genç adam, kervanla gelenlerin az önce durduğu düzlüğe inmek için kayalardan aşağı doğru ilerlemiş ve aşınmış kaba kayalardan birinin üzerine oyulmuş olan bir surat figürüyle karşı karşıya gelmiş. Genç adamın başının seviyesinde, taştan yapılmış kocaman bir burun ve iki dev granit tabakasına oyulmuş derin çukurlar varmış. Onların altında da, kayaya oyulmuş geniş bir çatlak görünüyormuş. Ali, bütün bunların ağız, burun, göz ve kaşlar olarak, bir yüze ait olduğunu güçlükle anlayabilmiş. Gülümseyerek kayada oyulmuş yüze bakarken, ağız kısmına gelen yarık açılmaya başlamış ve kayaların yuvarlanmasına benzer bir ses duyulduktan sonra, surat Ali'ye hitap etmeye başlamasın mı?

"Hadi bakalım, orada öyle durma. Sihirli sözcük nedir söyle?" demiş. Sesi uzaklardan kopup gelen bir fırtına sesine benziyormuş.

"Lütfen?" diyebilmiş Ali, ümitle. Taş kaşlar çatıldığında Ali, olabildiğince hızla oradan kaçmak üzere koşmaya hazırlanıyormuş. Sonra kaya surat düzelmiş ve ağız yine konuşmuş.

"Kimse daha önce bana böyle bir şey söylememiştii? Her zaman, ya 'Sihirli sözcüğe karşılık vermen gerek!' ya da, 'Ben senin efendimim, duy sesimi ve itaat et!' gibi şeyler duyuyorum. 'Lütfen' ha? Bunu daha çok sevdim. Tamam, girebilirsin." Taş



surat tozu dumana katarak, tıpkı bir yığın taşın yeraltındaki bir mağaraya doğru yuvarlanarak akması gibi içeri doğru çökmüş, Toz dindiğinde, Ali'nin önünde derinlere doğru giden bir mağara ağzı görünmüş.

"Eh, tehlike yoksa kazanç da yoktur." Ali, kendi kendine bu basmakalıp lafı mırıldanarak mağaranın içine şöyle bir göz atmış. Kapının taştan yapılmış ve göreni taşa çeviren gardiyanı ile başarılı görüşmesinin ardından önünde beliren bu fırsatı kaçırmak istemiyormuş. Kayalık dehlizde dikkatli bir biçimde yürümeye başlamış ve kısa bir süre ilerlediği dar tünel onu büyük, küresel bir mağaraya çıkartmış. Ali, ağzı açık bir biçimde, duvarlarında milyarlarca yıldızın parıldadığı bu doğa harikasına bakakalmış. Üzerinde durduğu zemin de göz alabildiğine geniş bir alana sahipmiş ama Ali'nin asıl dikkatini çeken, duvarlarmış; o duvarlar ki, üzerlerinde cennetin nakışlı kıyafetleri asılı duruyormuş. Bütün bu giysiler, üzerleri altın ve gümüş yaldızlarla işlenmiş, mavi, uzaklardan ışıyan, koyu renk kıyafetlermiş. Burası Gece Mağarası olduğu için genellikle koyu renk kıyafetler bulunuyormuş. Mağaranın tavanı da, devasa bir kubbe şeklindeki ve duvarlara paralel yükselen 12 kalın sütuna bağlı muazzam payandalarla destekleniyor, aşağıya doğru asılmış yıldızlar

görülüyormuş. Tavanın geniş içbükey yüzeyi siyahmış ve üzeri yıldız üstüne yıldızla doluymuş; parlak yıldızlar, soluk yıldızlar, bazıları kısmen yakın ama küçük, zorlukla görülebilen ışıklara dönüşmüş olan, pek çoğu hayal bile edilemeyecek kadar uzak görünen yıldızlar.

Ali, kafasının üstünde parıldayıp duran yıldızlara korku ve huşu içinde bakıyormuş. Bazı yerlerde, yıldızların diziliminden oluşan belirgin şekilleri tanıyabiliyor, bunların takım halinde kümelenmiş olduklarını görüyormuş. Gözlerini aşağıya doğru kaydırırken, duvarların sütunlar arasındaki bölümlerinde yer alan nişler olduğunu fark etmiş. Bu nişlerin içlerinde de, türlü çeşitte heykellerden oluşan bir koleksiyon bulunuyormuş. Birinde bir Yay, birinde bir Kova, önünde tuttuğu kışaclarıyla ürkütücü, sağlam zırhlı bir Yengeç, diğer birinde tehditkâr biçimde havada tuttuğu kuyruğu ile bir Akrep, sonra Balık, Terazî, ondan sonraki bir diğer nişte de, elinde bir Başak tutan ve onu yemek için satın almayı düşünürcesine bakan genç bir kadın heykeli varmış. Bir niş de Aslan olarak etiketlenirilmiş ama Aslan orada olmadığı için bu niş boşmuş.¹ Ali tüm salonun duvarlarına bakarak kendi etrafında bir tur dönmüş ve İkizler adındaki nişe geldiğinde durmuş. Bu nişin içindeki ikizler oldukça şişmanlarmış.

Ali, tıknaz heykellere bakarken, onlardan gelen bir sesle irkilmiş. “Bizim bal mumumdan yapıldığımızı sanıyorsan,” demiş bir tanesi, “para ödemelisin. Bal mumu çalışmaları bedavaya bakılsın diye yapılmazlar. Katiyen!” Konuşanın yakasında ‘Castor’ yazılı bir yaka kartı görülüyormuş.

“Diğer yandan,” diye eklemiş, yakasında ‘Pollux’ yazan, ikizlerin diğeri, “canlı olduğumuzu düşünüyorsan da, bizimle konuşmalısın.”

“Çok özür dilerim,” diye toparlanmış Ali, kibarca. “Söyle misiniz,” diyerek sözlerini sürdürmüş, mümkün olduğunca rahat davranmaya çalışarak, “burası ilginç bir mağaraya benziyor, antik bir hazine, ya da ona benzer bir şeyler mi var burada?” diye sormuş, ümitle.

1. Aslan, *Kuarkların Büyücüsü* kitabımda, büyücüye yaptığı ziyarette Dorothy’ye eşlik ediyor. O yüzden nişinde bulunamıyor.

“Yanlış başladın,” diye bağırması, Castor. “Bir ziyarette yapılacak ilk şey ‘nasılsınız?’ diye sorup el sıkışmaktır.” İki kardeş birer kollarını birbirlerinin omuzlarına atıp sarılmış ve boşta olan ellerini de Ali’ye doğru uzatmışlar. İkisinden birinin elini sonra sıkarak onu kırmak korkusuyla, Ali, her ikisinin elini de aynı anda tutmuş. Bir anda üçü birden döne döne dans ederek mağaradan çıkmışlar ve yandaki bir geçide doğru yönelmişler.

İki kardeş fazla kilolu olduklarından, onca hareketten sonra nefes nefese kalmışlar. “Bu kadar yeter,” demiş, Castor, nefesi kesilmiş biçimde ve başladıkları gibi aniden dansı bırakmışlar. “Hazine hakkında bir şey bilmiyorum,” demiş Pollux da, “Bu konuda bilgim yok; katiyen. Ama buradaki müzede çeşitli antikalar olduğunu biliyorum.” Ali, kayalık duvardaki bir kapının dışında durduklarında, kapıda ‘Antik Kozmoloji Müzesi’ yazdığını görmüş. Dikkatle kapıyı açıp, çekine çekine içeri sızarken, ikizler de onu takip ediyorlarmış.

Burası da başka bir büyük mağaraymış ve içerisi oldukça karanlık olup, geniş alana yayılmış, üzerleri toz örtüleriyle kapatılmış bir takım gölgelerle doluymuş. “Bunlar da ne?” diye sormuş Ali, heyecanla.

“Bunlar eski kozmolojiler. Bulabileceğin en büyük terk edilmiş kozmolojiler koleksiyonu olabilir,” diye yanıtlamış Castor, kendini beğenmiş bir edayla.

“O kadar da eski değiller, canım. Katiyen!” diye eklemiş, Pollux, üstü küfle kaplı bir sandığa doğru yürüyüp, paslı menteşelerin gıcırtiları arasında kapağını kaldırırken.

İki şişman küçük adam, ayaklarının uçlarında yükselip kutunu içine doğru eğilmiş ve oradan bir şey çıkartmışlar. Ali, ilk başta bunun ne olduğunu hiç anlayamamış. Gördüğü nesne, büyük bir kaplumbağanın sırtında duran dört küçük filin üzerinde dengelenmiş düz bir tepsiymiş.² Tepsinin üstünde kıyılar, ırmaklar ve küçük dağlar resmedilmişmiş. Bu, aslında, minyatür bir dünya görüntüsü gibiymiş. Dünyanın üzeri de, yuvarlak, saydam, plastik çanak kapaklarına benzer, kubbe gibi bir kapak-

2. Bu tepsi biçimindeki bir dünyanın nasıl düşmeden kalabildiği hakkındaki ilk görüştür. Bunun hakkında Terry Pratchett’in *Diskworld* adlı kitap serisinde daha detaylı bilgi bulabilirsiniz.

la örtülüymüş. Kapağın içi boyalıymış ve üstünde de, içinden ışığın geçebileceği pek çok küçük delik varmış.

Ali olanları seyrederken, tepsinin bir tarafından parlak bir ateş topunun yükseldiğini ve yuvarlak kubbe kapağın üzerinden süzülüp diğer taraftan indiğini görmüş. Ateş topu hareket ederken, dünyanın üzerindeki kubbe de kendi etrafında dönüyor ve yüzeyinde belli bir düzenle açılmış deliklerden, sabit yıldızların ışımaları görünüyormuş. Ateş topu, inişini tamamladığı noktada, tepsinin altındaki bir tünelden geçip, yeniden diğer taraftan yükselmeye başlıyormuş. Ali, kubbenin alt tarafında da bir sürü başka parlak topun aynı hareketleri yaptığını görebiliyormuş; gökyüzünün bütün yolcuları oradaymış.

“Bu en eskilerinden biri,” demiş, Castor. “Pek iyi çalışmıyor üstelik. İnsanlar, zamanla Dünya’nın yüzeyini ölçmeyi başardılar ve düz olmadığını da gördüler; katiyen düz değildi!”

“Kendilerine, içerisinde yuvarlak bir dünya olan ve gökyüzünün başiboş gezginleri olan gezegenlere de yer veren başka bir kozmoloji kurmaları gerekiyordu.”

Kardeşi de o sırada, sanki sırasını beklermiş gibi, bir diğer büyük cismi örten toz örtüsünü kuvvetle çekiştirerek altındaki irice küreyi ortaya çıkarıyormuş. Toz örtüsü aşağı sarkıyor ve her tarafından yere değiyormuş. Son bir hamleyle örtüyü çekip almayı başardığında ortaya, üzerinde Dünya’nın bütün kıtalarının işlenmiş olduğu ve bulutlarla kaplı, yuvarlak bir küre çıkmış. Bunun etrafında Ay, Güneş ve çeşitli gezegenler varmış ve



hepsi, sabit duran Dünya'nın etrafında dönüyorlarmış. Yakından bakılınca, dönen gök cisimlerinin onları taşıyan minik kristal kürelerin üzerine yerleştirildiği görülüyormuş. Kürelerin hareketlerine uzaklardan gelen uyumlu bir ses eşlik ediyormuş ve her şey, dönen gökyüzü temalı bir müzik kutusu gibi çalışıyormuş.

"Bu da çok eski," demiş, Pollux. "Yunan işi diye biliyorum. Tüm yapıya yakından bakacak olursan, insanların bunun bazı kısımlarını zaman içerisinde nasıl onardıklarını ve geliştirdiklerini görebilirsin. Yalnızca şu çember-çiftlerine bak!" Ali, hareketli maketi bir süre yakından izledikten sonra pes edip, bu çember-çiftlerinin ne işe yaradığını sormuş.

"Çember-çiftleri her yerde," demiş Castor ve Ali'ye konuyu anlatmak için ileri doğru çıkarken, kardeşinin dolgun gövdesini yumuşak bir dirsek darbesiyle yana itmiş. "Mars'ın üzerinde bir tane var, bak, şu küçük kırmızı gezegen. Dünyanın etrafındaki yörüngesine bağlı, küçük bir plastik çember daha olduğunu görebilirsin ve gezegen, bir yandan dünyanın etrafında dönerken bir yandan da bu çemberi izleyerek dönüyor.

"İnsanlar, gördükleri uzay hareketlerini modellemeye çalışırken, bu kozmolojiyi biraz daha geliştirmeleri gerektiğini biliyorlardı. Gerçekte gözleriyle gördükleri şeylerle, olup bitenler bir türlü örtüşmüyordu. Katiyen! Gökyüzünde sabit yıldızların önünde hareket eden bazı gezegenleri izlediklerinde, bunların genellikle yıldızlardan biraz daha hızlı hareket ettiklerini, bazen de ters yönde ve daha yavaş ilerlediklerini görüyorlardı. Dünya çevresinde bir yörünge üzerinde ilerlerken, bir yanda da gezegenin bu yörüngeyi merkez olarak alan başka bir çemberin üzerine yapışık olarak dönmesi, gözün gördüğü birçok hareketin modellenmesindeki sorunları ortadan kaldırıyor gibiydi, evet kesinlikle! Dünyadan bakıldığında, bazen gezegenler, daha hızlı hareket ediyorlar veya ters yönde ilerlemeye başlıyorlardı; Dünya etrafındaki yörüngeleri üzerinde yaptıkları dairesel döngülerin yarım turunu tamamladıklarında, bu kez, sanki ters yönde hareket ediyormuş gibi görünüyorlardı. İnsanlar gökyüzünü daha dikkatli izledikçe, her şey daha karmaşık gibi duruyordu."

Bu konuşma boyunca Pollux onun yanında durmuş ve yüzünü buruşturmuş. Sonra başka bir üzeri örtülü nesneye doğru

ilerlemiş ve örtüstünü açmış. Bu yeni maket de, ilk bakışta Ali'ye, bir önceki kozmoloji gibi görünmüş ama bunun merkezinde parlak Güneş'in bulunduğunu fark etmesi durumu değiştirmiş. Gezegenler onun etrafından dönüyor ve Güneş'den dışarıya doğru üçüncü sıradaki Dünya'nın mavi küresi, uydusu Ay'la birlikte açıkça görünebiliyormuş.

"Merkezinde Güneş bulunan bu model, ilk başlarda, kendinden önceki modellerden daha başarılı olmadı. Güneş merkeze sabitlenmiş ve Dünya da dâhil olmak üzere bütün gezegenler onun etrafında dönüyorlardı. Dünya'nın etrafında dönen Ay bir istisnaydı ve Dünya'yı özel kılan tek ayrıcalık da bu kalmıştı. Söz konusu modeldeki sıkıntı, Dünya güneşin etrafında dairesel bir yörüngede döndüğüne göre, yıldızların, yıl içerisinde Dünya'nın bulunduğu farklı pozisyonlardan dolayı, farklı farklı yerlerde görünmeleri gerektiği idi. Bu modeli oluşturanların sunabildikleri yegâne açıklama, muhtemelen yıldızlar çok uzakta oldukları için görünüş açılarındaki herhangi bir *değişikliğin* algılanamayacak kadar küçük olduğuydu.

"Fakat Galileo, teleskopundan uzaya bakıp inceleme yapmaya başladığında, bu model iyiden iyiye ön plana çıktı," demiş Castor, mağara duvarına doğru bakan büyük bir dolaba yavaş yavaş ilerleyip, pirinç bir teleskopun uzun dürbününü çıkartırken. Bu dürbün Castor'un boyundan çok daha uzunmuş ve onu Ali'ye doğru döndürmeye çabalıyormuş. Pollux eğilmiş ve Castor ağır dürbünü ikiz kardeşinin omzuna dayamış.

"Bak, bak!" diye bağırarak ikizler. "İkinci gezegen Venüs'ün evrelerine bak." Ali mecburen gözünü teleskopa dayamış ve iki şişman adam teleskopu hedefte tutmaya çalışırken, küçük gezegene bakmış. Merkezdeki Güneş'in etrafında dönen Venüs'ün ışığının nasıl değiştiğini görebiliyormuş. Uzak taraftayken, neredeyse görülebilen diskin tümü parlak ve aydınlık görülüyormuş. Diğer taraftayken, ya da yörüngesinin yanlarındayken ise, görülebilen yüzünün yalnızca yarısı aydınlık, diğer tarafı gölgede kalıyormuş. Gezegen, Güneş'le Dünya arasında olduğunda ise, karanlık tarafı dışında başka hiç bir şey görünmüyormuş.

"Aydınlık ve karanlık tarafların düzenli evrelerle görülebil-diği böyle bir durum, yalnızca Venüs, merkezi bir ışık kaynağı-

nın etrafında dönüyor olduğunda ortaya çıkabilirdi. Güneş merkezli *güneş sisteminin* Çember çiftlerine de ihtiyacı yoktu; katiyen! Dünya'nın nasıl hareketler yaptığına bir bak." Ali, Dünya'nın Güneş'in etrafında dönmesini sağlayan taşıyıcı mekanizmanın, Mars'ın üzerinde bulunduğu mekanizmadan daha hızlı hareket ettiğini görüyormuş. Ali izlerken, Dünya, Güneş etrafındaki yörüngesinde dönmeye devam etmiş ve Mars'la Güneş'in arasından geçmiş.

"Şu anda Dünya'da olsaydın neler göreceğini bir düşün," demiş Pollux. "Mars yörüngesinin içinden geçerken, gezegenin arkadaki yıldızlara doğru geri gittiğini görürdün. Üstelik bu, çember çiftine falan ihtiyaç duymadan modellenebilecek bir etki."

Uzanıp, en dıştaki kristal küreye şişman parmağı ile hafifçe vurmuş ve, "Fakat bunlar hala sorun teşkil ediyorlar. Bak! Güneş sistemine dışarıdan giren yabancı uzay cisimleri, kafa karıştırmaya devam ediyor." diye eklemiş. Uzun parlak kuyruğu ile bir kuyruklu yıldız, tutarlı hareket eden güneş sistemine girip, tasasız bir biçimde, peş peşe her bir gezegenin yakınından geçip Güneş'in etrafında tek bir tur atmış. Her bir gezegenin yakınından geçerken de, ardında belli belirsiz bir takım parçacıklar bırakıyor ve uzay bu parçacıklarla dolmaya başlıyormuş. "Kuyruklu yıldızların felaket alameti olduğu düşünülürdü. Gezegenleri tutmak için desteklerin olmasına ihtiyaç duyan modeller için kesinlikle bir felakettiler. Sonunda, Isaac Newton, günü, ya da daha doğrusu geceyi kurtaran isim oldu. Uzayda olup biten her şey, onun *Principia'sı*³ ile uyumluydu."

İki küçük tombul kardeş, oldukları yerde dönerek, gölgelerin gizlediği bir başka kapıya yönelmişler. İkisi de dizleri üzerine çökerek, kollarını dramatik bir edayla havaya kaldırmışlar. Kapıdan, başında uzun saçlı bir peruk ve altında dizlerine kadar inen bir pantolonla, üzerine de bir redingot giymiş olan, ciddi suratlı bir adam girmiş. Kendisini karşılayan gruba doğru yürümüş ve onlara, kendine güvenli bir sesle hitap etmiş.

"Gezegenleri yörüngelerinde tutan şey nedir diye merak etmiş olabilirsiniz? Cevap Kütleçekim'dir. Evrensel Kütleçekim.

3. *Principia* adlı kitabında Newton, Mekaniğe, uzaya ve diğer konulara dair düşüncelerini açıklamıştı.

Gezegenler, devasa Güneş'in kütleçekimi sayesinde yörüngelerinde dururlar, tıpkı Dünya'nın kütleçekimi etkisiyle ağaçtan yere düşen elma gibi." Filozof kendinden çok emin bir biçimde cebinden bir elma çıkarıp ona bir ip bağlamış ve kafasının etrafından çevirmeye başlamış. Elmanın dönüşü hızlandıkça, giderek daha fazla dışarıya doğru gidiyor ve ip, neredeyse yere paralel hale dönüşecek kadar geriliyormuş. "İpteki gerilimin, elmanın dışarı doğru fırlama eğilimine karşı geldiğini görüyorsunuz. İp koparsa, elma bunu başarabilir. Aynı şekilde gezegenler de yörüngelerinde Güneş'in çekim kuvveti sayesinde dururlar."



Adam, bizimkilerin yanından geçip, yeraltı deposunun diğer ucundaki büyük açıklığa doğru yürümüş. Diğerleri de, açıklık boyunca ilerleyen bir tırabzanın yanına gelip durana kadar onu takip etmişler. Önlerinde, gece kadar karanlık ve oldukça uzaktaki bir içbükey yüzey tarafından sınırlandırılmış büyük, boş bir alan varmış. Bu karanlığın ortasında da, büyük ve alev alev yanan bir küre varmış: Güneş. Yeni arkadaşlarından biri, cebinden değişik malzemelerden yapılmış küçük bir top çıkartmış ve onu Güneş'e doğru fırlatmış. Top, Güneş'i ısıtayıp yana doğru gitmiş ve dar bir kavis çizip, merkez ışığın etrafından dönmeye başlamış. Ardından diğer gezegenler gelmiş. Ali, üçüncü topun, Dünya'nın bilindik bulutlarla kaplı mavisine sahip olduğunu görebiliyormuş ve dördüncü top da, Mars'ın küçük kıvılcık küresiymiş. Sonraki gezegen, adamın cebine sığmadığından, Filozof'un taşıdığı derin bir çantadan çıkmış. Bu gezegen o kadar büyükmüş ki, doğru konumuna yerleştirmek büyük bir çaba gerektirmiş. Bir sonraki gezegen ise o kadar büyük olmamakla birlikte, kendisini çevreleyen çok çekici bir halkaya sahipmiş. Her

bir gezegen konumuna yerleştikçe, Ali, pek çoğunun etraflarında dönen uyduları ile geldiğini görebiliyormuş. En açık seçik olan, Dünya'nın uydusu Ay'mış ama diğer pek çok gezegenin de kütleçekimleri tarafından tutulan uyduları varmış.

"Gezegenler Güneş'ten ne kadar uzak olurlarsa, gezegenlerin dönüş hızları da o kadar yavaş olur. Kütleçekim gücü, gezegenlerin Güneş'e olan uzaklıkları arttıkça azaldığı için, çok uzak mesafedeki gezegenleri ancak çok yavaş hareket ettiklerinde tutabilir. Aynı zamanda, bir yörüngenin çevre uzunluğu da, gezegen Güneş'ten uzaklaştıkça artacaktır, bu yüzen dıştaki gezegenlerin yörüngelerinde bir turu tamamlamaları çok daha uzun sürer. Onların bir yılı bizimkinden daha uzundur."

"Bir gezegen, Güneş'ten olan uzaklığına uygun olmayan bir hızla hareket ediyorsa ne olur?" Bu durum, şüphesiz, bazen meydana geliyordur.

"Aslına bakarsanız gayet sık olur. Bir dereceye kadar, bu durumun sürekli olduğunu bile söyleyebilirim. Bir gezegen, Güneş'e olan uzaklığına göre, olması gerekenden yavaş hareket ediyorsa, kütleçekim etkisiyle güneşe doğru çekilecektir. Bu çekilişin anlamı, gezegenin giderek hızlanan ve Güneş'e doğru yönelmiş bir hızı daha olması demektir. Yani, düzgün, dairesel bir yörüngede hareket etmiyordur ve bulunduğu mesafedeki dairesel yörünge için fazla hızlı hareket ediyor olana kadar da kütleçekim etkileri altında çekilme hareketine devam ediyordur. Artık işin içinde yalnızca kütleçekim yoktur, aynı zamanda *açısal momentumun korunumu* da vardır. Bu da, Güneş'in merkezinden gezegene doğru çizilen bir çizgiye dik olan yöndeki hız bileşenine bağlıdır.

"Ve nihayet öyle bir an gelir ki, Güneş'ten olan uzaklığın yarattığı açısal momentumu sağlayan söz konusu hız *bileşeninin* değeri, gezegenin düşüşüyle kazandığı toplam hız kadar olur. Bu da, gezegenin, artık Güneş ile kendisini bağlayan çizgiye dik açıda hareket edeceği anlamına gelir ve o anda Güneş'e olan uzaklığı da en kısa yaklaşma mesafesidir. Sonra gezegen, yenisinden, başladığı uzaklığa dönene kadar, ters yönde tekrar hareketlenir ve başlangıç noktasından sonra da hızını kaybederek Güneş'ten uzaklaşmasını sürdürür. Yine güneşten uzaklaşma hızı sıfırlanır ve tekrar içeri düşmeye başlar. Böyle bir salınım nede-

niyle de gezegenler, odağında Güneş olan eliptik bir yörüngede hareket ederler.”

Newton, bir an için sunumuna ara verdiğinde, kendisinden gayet memnum görünüyormuş. “Bu anlattığımı modellemek için ilave kristal kabuklara gerek kalmamıştır. Artık kristalleri birbirine bağlayan yapı iskelesine de ihtiyaç yoktur ve güneş sistemi, içerisindeki kütlelerin aralarında büyük boşluklar bulunan ve kuyruklu yıldızların geçtikleri yolda hiçbir engelle karşılaşmadıkları bir alan olarak modellenebilir. Güneş Sistemi dışındaki yıldızların bulunduğu uzayın derinlikleri de, tamamen modelin dışında tutulabilir.” Cebinden başka bir nesne çıkartmış ve Güneş Sistemi’nin etrafını saran uzaya doğru fırlatmış. İç büyük duvara çarpan nesne parçalanmış ve duvar benek benek yıldızlarla dolarak, uzayın devasa büyüklüğünde yayılıp kalmışlar.

“Artık, yıldızlar, mahallemizdeki çocuk yuvasının duvarlarını kaplayan bilindik duvar kâğıdında olduğu gibi, uzayda etrafa saçılmış parıldayan nesneler olarak değil, uzay ve zamana yayılmış, her biri kendi başına bir sistemi idare eden güneşler olarak tanımlıdırlar. Kendi doğası içinde mutlak uzay, harici hiçbir etkiyle ilişkiye girmeden, her zaman benzer ve hareketsiz olarak kalır. Kendisi ve kendi doğasının yarattığı mutlak, doğru ve matematiksel zaman haricinde, dışarıdan hiçbir etkiyle ilişkisi olmadan, aynı biçimde akar.⁴ Bu sonsuz uzay ve zamanda, yıldızlar, eşit biçimde ve sonsuza kadar dağılmışlardır.” Filozof, bir defa düşünmeye başlayıp da, ne kadar uzun sürerse sürsün, sonunda onunla aynı fikirde olacağınızdan emin birinden beklenebilecek bir inançlılık belirtisi ile sözlerini bitirmiş.

İkizler haylaz bakışlarla birbirlerine bakıp, biri diğerini dürterek itişmeye başlamışlar. “Gel ve *Olbers* odasını gör!” diye bağışmışlar ve her biri Ali’nin bir elini tutup, onu, içerisinde Evrensel Kütleçekim kanunlarının geniş kapsamının sergilendiği, Büyük Aydınlatıcı’nın kütleçekim teorisinin tanıtımını yaptığı, Doğa ve Doğa’nın işlerinin ötesini anlatan gölgeli balkondan uzaklaştırmışlar. Arkadaşları Ali’yi, müzenin diğer tarafında, sıkıca kapalı bir kapının önüne getirmişler. Ali, bu kapının inanılmaz derece sağlam olduğunu ve kenarları boyunca bırakılmış

4. Bunu Newton’un kendi yazdıklarından alıyorum.

daracık bir aralık dışında, yerine çok iyi oturmuş olduğunu fark etmiş. Bu aralık o kadar inceymiş ki, neredeyse görünmezmiş ve her yerinden ışık sızdığını görmek Ali'yi hayrete düşürmüştü. Parlak ama olağanüstü ince bir ışık huzmesi kapının dört yanından sızıyormuş.

"Bu kapıyı açarsan nerede olacağını düşünürdün?" diye sormuş, Castor.

"Aslında, şimdi bulunduğum yerde olurdu diye düşünüyorum," diye cevap vermiş Ali, kafası sorudan dolayı biraz karışmış.

"Öyle san!" diye sert bir cevap vermiş Castor, aşağılayıcı bir tonla. "Hiçbir yerde olmazdın. Bu oda, sonsuz Evren'in altın surlarını betimler. Kendini odanın içinde bulsaydın, bir anda kızarmış olurdun, aynen öyle."

"Buna inanamıyorum!" demiş, Ali. "Peki, size ne olurdu, bilmek istiyorum."

"Aynısı," demiş Castor.

"Aynısı, aynısı," diye bağırarak Pollux da ve sonra birden eklemiştir: "Geceleri gökyüzü neden karanlık?"

"Bunun konumuzla ne ilgisi olduğunu anlamıyorum," demiş, Ali. "Tabii ki, Güneş'in geceleri gökyüzünde olmamasından dolayı... Bu pek de zor bir bilmece değil."

"Bu bir bilmece değil!" diye karşılık vermiş Pollux, "Ve Güneş önemli değil. Tam tersine! Yıldızlara bak sen."

"Yıldızlara ne olmuş?" diye sormuş Ali, hüsrarla. "Onlar sadece soluk ışık noktaları."

"Katiyen! Yıldızlar uzak güneşlerdir. Küçük görünmelerinin tek nedeni, çok uzak olmalarıdır. Yıldızlar, uzay ve zamanda ebediyen var olsalardı, hangi yöne bakarsak bakalım, sonunda bir yıldızla bakıyor olurduk. Tüm göğü doldururlardı ve gökyüzünün tamamı bir yıldızın yüzeyi kadar parlak olurdu. Gece karanlık olmazdı. Aksine, gökyüzündeki Güneş'ten gelen ışıktan çok daha parlak olurdu."

"Ama ne dersiniz deyin, geceleri gökyüzü karanlık oluyor!" diye karşı çıkmış Ali.

"Aslında öyle," diye yeni bir ses duyulmuş. Ali etrafına bakınmış ve bilinmeyen sınırları keşfeden biri gibi kaba ve sağlam giysilerle donanmış bir adam görmüş. Ağır, deri bir çanta taşı-



yormuş ve omzunda, tepesine bir borunun takılı olduğu büyük bir uçayak varmış. “Güneş’ten gelen ışığı alamadığımızda, gökyüzünü tabii ki karanlık görürüz. Çok uzaklarda düzgün dağılmış yıldızları görebilseydik, gökyüzünün aydınlık olacağı şeklinde bir fikirde yanlış olan bir şey yoktur, bu nedenle yıldızların nerede olduklarını bulmak zorundayız. Bu benim işim. Ben astronomi haritacısıyım. Yani, MAA: Mutlak Astronomik Atlas⁵ için yıldız haritalarını çizmem gerekiyor. Sorun ise, yıldızlar o kadar uzaktalar ki, yalnızca gökyüzündeki sabit noktalar olarak görünüyorlar. Bunların tam olarak ne kadar uzakta olduklarını bulmak ustalık gerektiren bir iştir.”

“Öyle olduğuna eminim,” diye karşılık vermiş Ali, kibarca. “Bunu nasıl yapıyorsunuz?”

“Yakın yıldızlar için o kadar da zor değil. Onlar için dikkatli olursak gayet normal ölçme yöntemleri kullanabiliriz. Bunlar için paralaks⁶ yöntemini kullanıyoruz. Beni takip edin.”

5. AAA, Absolute Astronomical Atlas (Ç.N.).

6. Paralaks: ıraklık, kaçma açısı: gözlemcinin hareketinden dolayı gözlenende görülen yer değiştirme (E.N.).

Bu kısa komutla Ali'yi, gerisin geriye, Güneş Sistemi'nin gezegenlerine bakan balkona doğru götürmüş. Ama balkon korkuluklarına geldiklerinde durmamışlar ve adam, Ali daha neler olduğunu anlayıp karşı koymaya fırsat bulamadan, onu kolundan yakaladığı gibi peşinden sürükleyerek, birlikte boşluğa atlamışlar. Bir süre boşlukta birlikte yüzercesine ilerlemişler. Ali fazla telaşlanmaya fırsat bile bulamadan, yörüngesinde dönen küçük Ay'ın yanından geçip, Dünya'nın mavi minyatür küresinin üzerine konmuşlar. Ölçmeci, ayaklarını kuru yerlere sıkıcı yerleştirdiğinde, Ali, adamın bir ayağının Avrupa'da, diğerinin ise Afrika'da olduğunu fark etmiş. Bu arada, kendisinin de dizlerine kadar Atlantik Okyanusu'na girmiş olduğunu fark etmiş.

"Fark etmiş olduğun gibi," diye bağırarak ve gereksiz bir heyecanla söze başlayan adam, "Dünya ve üzerindeki bizler, Güneş'in etrafında dönmekteyiz. Böylelikle, yıl boyunca Evren'i, Güneş etrafındaki yörüngemizde bulduğumuz farklı noktalardan görüyoruz. Daha yakın olan yıldızların yer değiştirdikçe izlenebilmeleri, uzak yıldızlara göre daha kolaydır ve bu nedenle onların konumlarını değiştirdiklerini görebiliriz. Bu durum, başkalarının arkasına saklanarak uzaktaki birinden gizlenmeye çalışmak gibidir. (Ali, adamın neden bu örneği seçtiğini pek anlayamamış) Gözlerin, gizlenmek istediğin insanın üzerindeyken ilerlediğinde, hareketinin, saklandığın kişinin arkasındaki insanların yana doğru hareket ediyor gibi görünmesine neden olduğunu görürsün."

Ali, üzerinde durduğu Dünya maketi yörüngesinde ilerlerken, uzaktaki yıldızlara bakmış. "Hiçbir hareket göremiyorum," demiş. "Her yıldız kendi konumunda sabitmiş gibi duruyor."

"O gördüğün yıldızların görünen konumlarındaki değişikliklerin çok küçük olduklarını söylemeliyim. Bunun nedeni de, yıldızların çok uzakta olmaları. İnsanların tarihte, Dünya'nın Güneş etrafında döndüğüne inanmakta güçlük çekmelerinin bir nedeni de, hiçbir paralaks görememeleri ve yıldızların bu kadar uzaklarda olduğuna inanamamalarıdır. Şu teleskoptan dikkatlice bir bak ve tam ortada gördüğün yıldızı incele."

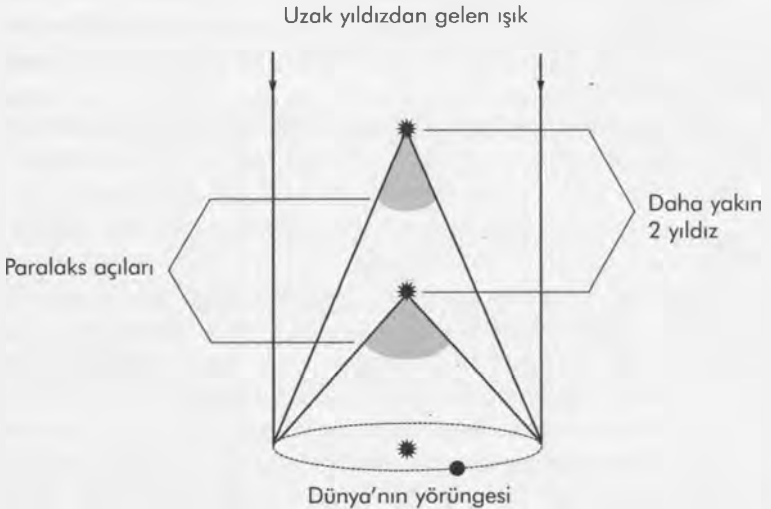
Ali, Yıldız Haritacısı'nın sırtına yerleştirip bir yıldızla yönlendirdiği teleskoptan bakmış. Dikkatle odaklanıp baktığında, min-

yatür Dünya, Güneş etrafındaki yörüngesinde dönerken, baktığı yıldızın oraya buraya salındığını görmüş. Hareket gerçekten çok küçük olduğu gibi, gözlem yapmaktaki asıl zorluk, söz konusu salınımı, yıldızın görüş açısındaki sürekli hareketine rağmen izleyebilmekmiş.

“Yıldızın kendine has, sabit bir *düzgün hareketi* olduğunu göreceksin. Yıldızlar uzayda hareket ederler, biliyorsun. Bu düzgün hareket, Dünya’nın hareketi nedeniyle meydana gelen paralaks kaymayla üst üste biner ama yıldızın hareketini, Güneş’in etrafındaki yörüngende dönmekten kaynaklanan ileri-geri hareketten ayırt etmek çok kolaydır.”

YILDIZ PARALAKSI

Dünya Güneş etrafında hareket ederken, yıldızları çok az bir değişimle farklı konumlarda görürüz. Pek çok yıldız o kadar uzaktır ki yörüngenin farklı noktalarındayken gelen ışıkların açılarında algılanabilecek kadar bir fark olmaz ama daha yakın yıldızlar için bu açı farklılıkları gözlenebilir.



Yakındaki bir yıldız, daha uzaktaki yıldızlardan oluşan bir arkaplanın önünde hareket ediyor gibi görünür ve içinde hareket ettiği paralaks genişliği, Dünya'nın yörüngesi de bilindiğinden, yıldızın uzaklığının hesaplanabilmesini sağlar.

"Dünya'nın yarım yılda ne kadar yol gittiğini bildiğin için, bir yıldızın görünen konumundaki kayma miktarını ölçerek, sende ne kadar uzakta olduğunu hesaplayabilirsin," demiş, Yıldız Haritacısı, gururla.

"Dünya'nın ne kadar yol gittiğini nereden biliyorsunuz?" diye sormuş, Ali. Bu konunun, anlatımın bir yerlerinde kaçırmış olduğu önemli bir ayrıntı olduğunu düşünüyormuş.

"Ah, bu çok kolay," diye açıklamış, haritacı, 'bunu bilmeyecek ne var' dercesine bir ses tonuyla. "Gezegenlerin hepsine yörüngesinde döndükleri Güneş'in yerçekimi kılavuzluk ettiğinden, periyotları, Güneş'ten olan hesaplanabilir göreceli uzaklıklarına bağlıdır ve bir gezegenin Güneş'in etrafında dönme periyodu kolaylıkla hesaplanabilir. Bu nedenle gördüğün gibi, bir gezegenin Güneş'ten olan uzaklığını bilebilirsen, diğerinden olan uzaklığını da bulabilirsin.

"Diğer bir gezegenden olan uzaklığı paralaks ölçme yöntemleriyle, Dünya'nın öbür tarafından görülen konumunu ölçerek bulabilirsin.⁷ Dünya'nın boyutu gayet iyi bilinir. Yunanlılar onun için bir değer bulmuşlardı. Gezegenin gözlemlenen konumundaki değişimden onun ne kadar uzakta olduğunu hesaplayabilirsin. Güneş sistemindeki çeşitli gezegenlerin Dünya'dan olan uzaklıklarını biliyorsan, Güneş'ten olan uzaklıklarını hesaplamak için Newton'un uzay modelini kullanabilirsin. Ayrıca Güneş'in de Dünya'dan ne kadar uzakta olduğunu bulabilirsin.

7. Dünya'dan başka bir gezegene olan uzaklığın iyi bir ölçümünü Dünya'dan bir lazer ışını göndererek de ölçebilirsiniz. Işığın hızını bildiğiniz için, ışığın oraya gidip dönmek için geçireceği süreyi ölçmek size uzaklığı verecektir. Bu süreç Venüs'e olan uzaklığı ölçmek için kullanılmaktadır ve Ay'a olan uzaklık da Maui'daki uydu izleme gözlemlerindeki aletlerle yüksek hassasiyet ile defalarca ölçülmüştür.

Dediğim gibi, çok kolaydır,” diye bitirmiş sözlerini, konu Ali için hala çok anlaşılır değilken.

“Her neyse, Güneş’ten Dünya’ya olan uzaklık astronomide çok önemli bir değerdir. Kısaca astronomik birim ya da AU⁸ olarak adlandırılır. Söylediğim gibi, bir yıldızın paralaks hareketini ölçebilirsen, ne kadar uzakta olduğunu da bulabilirsin. Uzun bir mesafedir. Onlarca, yüzlerce hatta binlerce ışık yıllık mesafeler karşımıza çıkar. Bir ışık yılı, ışığın bir yılda gideceği mesafedir ve bu, uzun bir mesafedir. Dünya’nın etrafını tamamen dolaşmak ışık için bir saniyeden daha kısa sürer.

“Bu harika,” demiş Ali. Müthiş bir şeyler olduğunu kesinmiş ama verdiği bu tepki pek de uygun görünmüyormuş. “Ve tüm yıldızların uzaklıklarını bu şekilde bulabiliyorsanız demek?”

“Korkarım, hepsini değil. Çok uzaklardaki yıldızların dünya-nın hareketiyle görünen yer değiştirmeleri fark edilemeyecek kadar küçüktür. Bu kadarcık bir hareketi teleskopla izleyip ölçmek mümkün değildir.”

“Teleskopunuzun netlik ayarlarıyla oynayıp, yıldızla iyice yaklaşırsanız bile mi?” diye sormuş Ali bu kez. Bu söylediği aklına yatmış görünüyormuş.

“Bir mesafeden sonra, netlik ayarları artık iş görmez olurlar. Yıldız o kadar uzaktadır ki, sadece hareketini gözlemekte değil, kendisini net biçimde izlemekte bile güçlük çekilir. O noktadan sonra, gördüğün resmi genişletsen bile, bulanık bir resmi genişletiyor olursun ki bir işe yaramaz. Bunun nedeni de ışığın kırılmasıdır. İzin ver de sana göstereyim.

“Elini, parlak bir arka planın önünde havaya kaldır ve başparmağınla işaret parmağını birbirine iyice yaklaştır,” diyerek, haritacı, Ali’yi yönlendirmiş.

Ali, kendisine söyleneni yerine getirip, uzakta parlayan Güneş maketinden gelen parlak ışığın önüne tuttuğu elinin başparmağıyla işaret parmağını birebirine iyice yaklaştırmış. Parmakları tam birbirine değmek üzereyken, arada oluşan koyu renkli, bulanık bir bant oluştuğunu fark etmiş.⁹

8. AU: Astronomical Unit (Ç.N.).

9. Bunu evde siz de deneyebilirsiniz.

“Parmakların arasında oluşan karanlık bölgeyi görebiliyor olmalısın. İşte bu, ışığın kırılma özelliğini gösterir. Işık, genellikle düz ilerleyen huzmeler şeklinde görülür çünkü ışık dalgalarının çıkış noktası öylesine geniş bir alanı kapsar ki, sadece aydınlattığı cisme doğrudan gelen huzmelerin yapıcı bir etkisinden söz edebiliriz. Bu düz yoldan uzaklaştıkça, ışık dalgasının çıkış noktasından farklı yönler saçılabilecek ışıklar, onları birlikte tutan fazın dışında kalacaklarından birbirlerini yok eder ve yıkıcı girişimler sonucunda kaybolurlar. Bununla birlikte, dar bir aralıktan sızan ışık için, yok olan ışık dalgalarının meydana gelebileceği geniş bir ışık dalgası cephesi yoktur. Parmaklarının arasındaki dar bölgede hafif bir ışık sızıntısı beklerken, birden yoğun, bulanık ve koyu bir ışık bandıyla karşılaşmanın nedeni budur; ışık kırılıp, dar alandan geçmeye çalışmaktadır. Buna biz defraksiyon diyoruz.”

Haritacı, taşınabilir piri teleskopunu işaret etmiş ve “Küçük bir teleskopun varsa, uzak bir yıldızın küçük net bir görüntüsünü görmeyi beklerken, puslu bir noktayla karşılaşacaktır. Geniş bir lense sahip, büyük bir teleskopun varsa, teleskopa giren ışık dalgası cephesi daha geniş olacağından, ışık kırınımı da az olacak, böylece ışık daha az saçılacak, görüntü netleşecektir. Bu da büyük bir teleskop ile daha net bir görüntü alacağın anlamına gelir.

“Yine de ne kadar büyük bir teleskop olursa olsun, hala Dünya’nın yüzeyinden yıldızlara bakarken çok net bir görüntü elde edemeyebilirsin. Işık, üzerimizi kaplayan atmosferi dolduran havadan geçmek zorundadır ve bu hava termal bozulmalar ve ince sislerle görüntüyü sarsıp titretir. Yıldızdan gelen ışık, havada farklı yollar izleyerek ilerleyen dalga cephesinin farklı parçaları olarak yayılır. Hava asla hareketsiz olmadığından, içinden geçen ışığı da farklı bölgelerinde farklı biçimlerde kırar ve hava titreşirken sen yıldızları göz kırptırarak görürsün. Şiirde söylendiği gibi:

*Parla, parla küçük yıldız,
Ne kadar da puslusun.
Uç, yüksel göğ,
Görüntü puslu gelir göze.*

“Bu şiiri tamamen farklı olarak hatırlıyorum ama ben,” diye karşı çıkmış, Ali.

“Boş ver. Eğer birkaç yüz ışıık yılından daha uzaktaysa paralaks ölçmek için bir yıldızın yeteri kadar net bir görüntüsünü elde edemeyeceğin gerçeğı geçerliliğini koruyor.” Haritacı, bu söylediğinden dolayı bir an üzgün göründüyse de, kendisini hemen toparlamış. “Ah, Dünya’nın farklı yıldız topluluklarına olan uzaklığını yaklaşık olarak bulmanın başka yolları da vardır ve bu yollar daha büyük mesafeler için de işe yararlar fakat sonuçta, hepsi de sınırlıdır.”

“O kadar uzakta olan çok sayıda yıldız var mı peki?”

“Ah, evet! Aslında, hemen hepsi. Milyarlarca ve milyarlarca yıldız, paralakslarını herhangi bir yöntemle ölçebilmek için bizden çok uzaktadırlar. Pek çoğı güçlü bir teleskop olmadan görülemeyecek kadar uzaktadırlar. Bulutların, gördüklerimizi çarpıtan bir atmosferin altından, Dünya’nın yüzeyinden onlara bakarak, yıldızlar hakkında bu kadar çok şeyi nasıl söyleyebiliyoruz? Haydi, şimdi de atmosferin altına gidelim ve oradan bakalım.”

Haritacı bir kez daha uzanıp Ali’nin kolunu yakalamış. İkiisi birlikte, bir anda, daha da küçülen minyatür gezegenin yüzeyine doğru inmeye başlamışlar. İnerlerken, haritacı Ali’yi kendisine doğru çekip onu sudan çıkartmış ve birlikte gezegenin aynı yerine inmişler. Kısa süre sonra kendilerini çorak bir çölün orta yerinde bulmuşlar. Solgun bir kubbesi olan devasa bir binanın bulunduğu yüksek bir doruğa doğru bakıyorlarmış. Tepelerinde yoğun biçimde yıldızlarla kaplı gökyüzü görünüyormuş.

“Bu bir gözlem kubbesi – benim taşınabilir teleskopumdan çok daha büyük, devasa bir teleskopun evi. Bu teleskop, uzakta-ki bir yıldızdan gelen ışıkları tek bir noktaya odaklamaya yarayan metrelerce çaptaki eğri bir ayna içeren büyük bir tüptür. Aşağı yukarı böyle tarif edilebilir” diye eklemiş. “Şimdi bu kadar büyük bir aynaya neden ihtiyaç var? Benim küçük taşınabilir teleskopumun ne eksigi var ki? diye sorabilirsin” demiş, etki-leyici bir şekilde. Ali haklı olarak cevap vermesinin gerekmediğini tahmin etmiş ve sadece beklemiş.

“Sana ilk nedeni söyledim; teleskopun lens açıklığındaki ışık kırınımı yüzünden. İkinci neden ise çok daha basittir. Büyük bir

aynanın üzerine, küçük bir aynaya düştüğünden daha fazla ışık düşecektir ve böylelikle de çok daha soluk yıldızları net olarak görmeyi bekleyebilirsin.” Bu gayet akla yatkın görünmüştü.

“Yıldızlar hakkında daha fazla şey öğrenmek için, onlara daha dikkatli bakmalısın. Dünya üzerinde bulunan kısıtlı rasathanemizden, görebileceğin *her şeyi* gözlemlemelisin. Yıldızlara, yalnızca gece gökyüzünü süsleyen uzak manzaralar olarak değil, *gerçekten* bakmalıyız. Onları yapabildiğimiz kadar ayrıntılı incelememiz gerek. Şimdi kaldır başını ve bak bakalım,” diye seslenmiş, Ali’ye. “Hepsi sana aynı mı görünüyorlar?”

“Aslında,” diye karşılık vermiş Ali, akıllıca, “bazıları diğerlerinden daha parlak görünüyorlar.”

“Kesinlikle! Yıldızların parlaklığı, onlarla ilgili yapabildiğimiz ölçümlerden biridir. Gel ve ölçme konusunda uzman olan meslektaşlarımdan biriyle tanış.”

İkisi birlikte, dik ve dolambaçlı bir yolda bir süre ilerlemişler ve sonunda kubbe şeklindeki gözlem binasının kapısına varmışlar. Kapı gıcırdayarak açılmış ve önlerinde, bir korku filminden fırlamış gibi duran kambur, iri bir adam belirmiş. Bu hörgüçlü ve kıllı şekle sahip şahsın korkunç görüntüsünü, gerçekten büyük bir de burun tamamliyormuş. Söz konusu burnun üzerinde, hiç de umulmadık biçimde, ardından biraz miyop bir çift gözün baktığı kalın çerçeveli bir de gözlük varmış. En azından, çoğu zaman gözlük takıyor gibiymiş. Gözlükten aşağıya, uçları, gözlüğün her iki sapma bağlı, ne işe yaradığı belli bir ip sarkıyormuş ve Ali, adamın gözlükleri çok ağır göründüklerinden, kocaman burundan kayıp düşmesine engel olmak için bu iple boynuna bağladığını düşünmüş. Bunu engellemek içinse, ipi boyunun arkasına dolamış olmalıymış ve böylelikle, kayıp düştüğünde, gözlük boynuna asılı kalabilirmiş. Ama ip, boynuna dolanmış değil, açıkta duruyormuş.



“İçeriye buyurun,” diye onları davet eden dostça ve yumuşak ses, bu karanlık bir gölgeyi andıran adama hiç de uygun düşmemiş. “Gelip teleskopumu görün. Onunla çok gurur duyuyorum.”

Kubbeye doğru ilerlerken onu takip etmişler ve büyük bir teleskopun bodur tüpünü destekleyen karmaşık bir çerçeve görmüşler. Gizemli kutular ve oraya buraya giden kablolar varmış ama dürbünden bakılacak belirgin bir yer görünmüyormuş. Ali bunu dile getirmiş.

“Ah, ben asla *ona* gözümü dayayıp da yıldızlara bakmam. Ben böyleyim işte, hayır, aslında bu aletle uzaya bakmakta da pek iyi sayılmam üstelik,” diye belirtmiş gözlüklerini düzeltirken. “Ben bir Tekno-Dev'im ve tüm gözlemlerim sayısal çıktılar veren araçlar ile yapılır. Gökyüzünün kesin bir haritasını çıkartmak istiyorsak, gözlemlerimiz sayısal olmak durumundadır,” demiş, üzerine basarak. “Görmek inanmaktır derler ama ölçmek de *bilmektir*. Bir yıldızın uzaklığı gibi büyüklükleri kestirmek için sayılara ihtiyacımız var. Uzaklık değeri bir sayıdır ve gözlemlerden sayısal sonuçlar almak istiyorsak işe en baştan sayılarla başlamak zorundayız. Bir teleskoptan uzaya sadece gözle bakmak yeteri kadar sayısal sonuç vermez,” demiş, gür kaşlarının altındaki pörtlek gözlerini onlara çevirerek. “Gözler pek çok iş için çok iyidirler, tabii ki, etraftaki şeylere çarpmadan yürümek gibi, mesela, ha ha!” Bu esprisi kaba gövdesinin o kadar çok sallanmasına neden olmuş ki, gözlükleri neredeyse burnundan kayıp düşecek hale gelmiş. El yordamıyla onları yukarı iteklerken, bir sandalyeye de düşercesine çökmüş.

“Haritacı, yıldızların parlaklığına bakmamız gerektiğini söylemişti,” diyerek söze girmiş, Ali. Bu söylediğinin ne işe yarayacağını bilmiyormuş fakat Dev'in tuhaf hareketler yapmasından dolayı mahcup olmasını engellemek için, laf dağılsın istiyormuş.

“Evet, aslında, yıldızlardan aldığımız ışığın miktarını kolaylıkla ölçebiliriz,” demiş adam, birbirine dolanmış bacaklarını toparlarken. “Bu miktar genellikle yıldızın büyüklüğü olarak ifade edilir ve tuhaf bir biçimde, parlak bir yıldız daha düşük bir büyüklüğe sahiptir. Gerçekten de parlak bir yıldız, negatif bir büyüklüğe sahiptir. Her şey logaritmalar ve diğer gizemli matematik işlemler ile yapılır,” diye eklemiş ama söyledikleri hala

hiç de açıklayıcı değilmiş. “Belirli bir yıldızın parlaklığı, yıldızın *mutlak büyüklük* denen, aslında hem ne kadar parlak olduğuna, hem de ne kadar uzakta olduğuna bağlı olacaktır. Yıldız ne kadar uzaksa, o kadar sönük görünmesi gerekir. Yıldızın yaydığı ışık her yönde parlar ve yıldızın merkezde bulunduğu, uzayda bir ışık küresi yaratır. Yıldızdan uzaklaştıkça, bu ışık küresinin çapı da o kadar büyük olacaktır ve gözüne ya da teleskopuna ışığın girdiği miktar azalacaktır. Dediğim gibi, bir yıldızın göze ne kadar parlak görüldüğünü söylemek zordur. Bunu fotoğraflar çekerek söyledik fakat bu da pek verimli bir yol değildir. Genellikle saatler süren çok uzun bir pozlama süresi gerektirir ve negatif film üzerindeki karanlık bölgeleri ışık miktarı ile ilişkilendirmek de çok kolay değildir. Şimdi, ışığın yüzde doksanının tespit edildiği çok daha verimli elektronik aletler kullanıyoruz ve aldığımız ışık miktarı ile ölçümlerimiz tam olarak doğru orantılı çıkabiliyor. Gerçekten çok daha isabetli sonuçlar alıyoruz; teknolojinin başka bir zaferi daha,” demiş, Tekno-Dev.

“Sadece bakarak bir yıldızın yakın ve sönük mü, yoksa çok uzak ve parlak mı olduğunu söylemek zordur. Gece ufukta parıldayan bir cisme bakarsan, onun bahçedeki bir ateşböceği mi yoksa uzak bir kıyıdaki deniz feneri mi olduğundan emin olmak zordur. Bununla birlikte, yıldızın *aslında* ne kadar parlak olduğunu bilersen, sana ulaşan ışık miktarından, ne kadar uzakta olduğunu da bulabilirsin. Dirseğinin hemen yanında duran mumun ışığı, okuyabilmen için yeteri kadar ışık verecektir ama oturduğun yerin öbür ucundaki mum, yalnızca gecenin içindeki küçük bir pırıltı olarak algılanacaktır ve ancak gördüğün şeyin bir mum olduğunu bilersen, senden uzaklığını tahmin edebilirsin.”

YILDIZ BÜYÜKLÜKLERİ

Bazı yıldızlar diğerlerinden daha parlak görünürler. Bu parlaklık, geleneksel olarak büyüklük şeklinde ifade edilir. Yunanlılar yıldızları en parlak olanından başlayarak en soluk olanına kadar altı büyüklükte tasnif etmişler. Günümüzde bu tasnif çok daha kesin çizgilere kavuşmuşsa da daha küçük yıldız büyüklüğünün, daha

parlak yıldızları ifade etmesi gerçeği değişmeden kalmıştır. Yıldız büyüklüğündeki beş birimlik artış, yıldızın aslında yüz kat daha soluk görüldüğü anlamına gelir.

Görünen büyüklük bir yıldızdan Dünya'ya ne kadar ışığının geldiğinin ölçüsüdür. Bu, tabii ki, yıldızın uzaklığına olduğu kadar, yıldızın ne kadar parlak olduğuna da bağlıdır.

Mutlak büyüklük ise, eğer yıldız Dünya'dan 10 parsek uzaklıktaysa ki 1 parsek 3,26 ışık yılı demektir, bu durumda söz konusu olan büyüklüktür. Mutlak büyüklükler, farklı yıldızlardan yayılan gerçek ışık yayımlarının karşılaştırılmasına yarar.

"Bu akla gayet yatkın geliyor," diye kabul etmiş, Ali. "Peki, bir yıldızın gerçekte ne kadar parlak olduğunu nasıl söyleyebiliyorsunuz?"

"Evet, sorun da burada işte. Yıldızlar hiçbir şekilde aynı değildirler ve kesinlikle eşit miktarda parlak da olmazlar; pek çok farklı türleri vardır. Bazıları savurgandır ve maddelerini kısa sürede içinde büyük bir parlaklık ile israf ederler. Bazıları cimridirler ve kullandıkları az miktardaki yakıttan başka bir şeye sahip değildirler - gecenin içinde neredeyse hiç fark edilmeden duran, milyarlarca yıl dayanabilen zayıf bir mum gibidirler. Neyse ki, günümüzde, bize gönderdikleri ışığın doğasından, farklı türleri tanımlayabiliyoruz. Dünya'dan görülen parlaklıkları yıldızları tanımlamada yetersiz kalır çünkü uzaklıklarını bilmiyoruzdur, ama ışıklarının içindeki renkler, yıldızları tanımlayabilir."

"Ama yıldızların hepsi beyazdır," diye karşı çıkmış, Ali.

"Hayır, değildirler. Senin gözlerine öyle görünebilirler ama benim aletlerime öyle görünmezler," demiş, Tekno-Dev, gururla. "Gözünde meydana getirdikleri görüntü çok küçük olduğu için, renklerini göremezsin, ama renkleri vardır. Aletler yıldızları gayet net biçimde görebilir. Onlara, yeteri kadar çok ışık toplayabilen büyük teleskoplarla baktığında, gelen ışığın renkli olduğunu görürsün. Uygun bir aletle, bir spektroskopla bakarsan da, renklerin, Dünya'ya ulaşan ışıkları içinde nasıl dağıldıklarını inceleyebilirsin. Gel!"

Kubbenin zemin katında bir kapı varmış. Tekno-Dev kapıyı açmış ve hep birlikte, kontrol odası olduğu belli olan bir yere

girmişler. O sırada, Tekno-Dev bir sandalyeye çarptığı için kısa bir süre durmuşlar. İçeride, üzerinde kadran ve düğmeleri ile güzel renkli ışıklar saçan panel grupları varmış. Bu bölüm, küçük televizyonlar gibi, etrafa yayılmış ekranlarla doluymuş ve sandalyelerde de Tekno-Dev'in sıra dışı yapısı göz önüne alınarak bir takım değişiklikler yapıldığı görülmüştü. Ekranların pek çoğunda yıldızlar görüntüleniyordu. Bazı ekranlar büyük yıldız denizlerini görüntülerken, bazıları da tek bir yıldız odaklanmış olsa da, genellikle ekranın çevresinde bir iki tane daha başka yıldız da görünüyordu. Bazı ekranlarda da, ne anlama geldikleri hiç anlaşılmayan garip grafikler ve çizimler bulunuyordu. Burada yer alan her şeyin arkasında sonsuz bir elektronik etkinlik olduğu açıkça hissediliyordu. Konuklarına ev sahipliği yapan Tekno-Dev, onları, bir tarafındaki koyu kırmızıdan, portakal, sarı sonra yeşile ardından maviye ve sonunda da koyu bir mora dönüşen bir renk şeridinin yer aldığı ekranın karşısına götürmüştü. İri kıyım elini sallayarak, ekrandaki renklerin yayılımını işaret etmişti.

"Bu bir renk spektrumudur. Bir yıldızdan gelip teleskopa giren ışık bir spektrometreden geçer ve gördüğünüz farklı frekanslardaki ışıklara ayrılır. Bu durum, tıpkı yağmur damlalarının güneş ışığını gökkuşağı renklerine ayırabilmesi gibidir.¹⁰

Bu spektrum, burada kullandığım aletlere elektronik olarak kaydedilir ve ışıklardaki farklı renklerin yoğunlukları incelenir. Bu sonuçlardan sayılar elde edip, bu sayılardan da yıldız hakkında pek çok şey öğrenebiliriz. Faydalı bir diğer bilgi de, ışığın yayıldığı yüzeyin sıcaklığı bilgisidir. Renkler burada gördüğünüz biçimde dağılmışlardır."

Tekno-Dev, ekranın önündeki çalışma alanına doğru eğilerek bir düğmeye bastığı sırada bir fincan kahveyi oraya devirmiş, uzun burnundan aşağı kayan gözlüklerini düzeltmiş ve anlatmaya devam etmişti: "Burada gördüğünüz, sıcak bir alandan elde ettiğin tipik ışığın spektrumudur; parlayan sıcak bir fırından ya da gazdan gelen renklerin yayılımı. Renkler kesintisiz olarak dağılıyor ve bu dağılımda en parlak görünen frekansa, sıcaklığa

10. Spektrum meydana getiren bir aletin ilk ve en basit örneği, Isaac Newton'ın güneş ışığını gökkuşağının renklerin ayırmak için kullandığı cam prizmadır.

bağlı olarak erişiyor. Biliyorsun, ışık için de frekans ve dalga boyundan bahsedebilirsin,” diye eklemiş, açıklamasının arasında. “Dalga boyu, ışığın salınım grafiğinde tekrar eden örnek salınımın uzunluğu ve frekans da, bir saniyede elde edilen salınım sayısıdır. İkisinin çarpımı, yani bir salınımın uzunluğu ile bunların saniyedeki sayısının çarpımı, ışığın hareket etme hızıdır ve bu asla değişmez. Işık hızı bilindiği ve değişmediğine göre, frekans ya da dalga boyu değerlerinden birini biliyorsan, diğerini hemen bulabilirsin. Buna göre, uzun bir dalga boyu düşük bir frekans ya da kısa bir dalga boyu, yüksek bir frekans demektir. Normal oda sıcaklığında, parlaklığın en yüksek olduğu nokta kızılötesindedir. Bu ışık, görülebilen kırmızı ışıktan daha uzun, insan gözünün göremeyeceği dalga boyu olan bir ışıktır.”

“İnsan gözünün göremeyeceği bir ışık nasıl olabilir ki?” diye sormuş, Ali. “Işığın temel tanımı, onu görebilmemiz değil midir?”

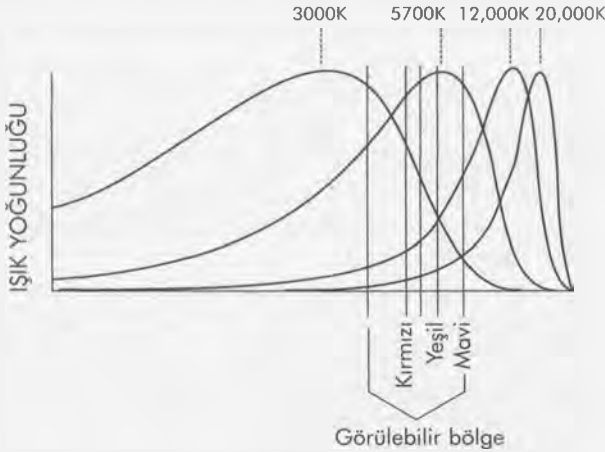
“Belki de ‘ışık’ dememeliydim. Elektromanyetik radyasyon demeliydim; yer değiştirirken salınım yapan elektrik ve manyetik alanlar sistemi. ‘Işık’ daha dar kapsamlı bir terimdir. Salınımın frekansı belirli bir aralıkta olursa, gözlerinin görebildiği ışığı elde edersin; yani görünür ışığı. Olası frekanslarsa, bu sınırlı bölgenin her iki yanına doğru da devam edebilir. Mavi ışıktan daha yüksek frekanslı ışıklar, morötesi ışığı meydana getirirler ve daha da yüksekleri X ışınlarını ve Gama ışınlarını oluştururlar. Kırmızı ışıpta bulunanlardan daha düşük frekanslılar ise kızılötesi radyasyonu, daha da düşükleri ise mikro dalgalara ve radyo dalgalarına karşılık gelirler. Frekansların tümünü yalnızca suni ortamlarda üretmeyiz çünkü bunların hepsi doğada da bulunmaktadırlar. Ekranda gördüğünüz çizimde, geniş frekans aralığına sahip bir ışık gösterilmektedir. Çizimdeki renkli çizgiler gözlerinizin görebildiği aralığı işaret ediyorlar. Haydi, şimdi de çok soğuk bir yıldızın gönderdiği ışığın spektrumuna bakalım.”

Radyasyon spektrumunun kıvrımlı eğrisinin neredeyse tüm görülebilir aralığın altına düştüğü bir grafiğe sahip örnek isteyen Tekno-Dev, anlatımını sürdürmüştü: “Bu ışık, çok fersiz bir kırmızı yıldızdan gelmekte. Sıcak yıldızların ışıkları sarı, hatta mavi-beyaz olacaktır.” Gördükleri grafikte, yıldızdan gelen ışığın spektral eğrisinin en üst değerine ulaştığı noktada bile, hala

mavinin üzerindeki gözle görünemez bölgede kaldığı izleniyormuş.

“Demir bir kılıcı, hararetle yanan bir fırından çekip çıkarttığında, renk ve sıcaklığın birbirine nasıl eşlik ettiğini görebilirsin. İlk başta, fırından çıkan demir beyaz bir korla yanar ama soğudukça sarı ve turuncudan sonra, giderek soluk bir kırmızıya döner. Kor durumu tamamen görünmez hale geldiğinde bile, hala kızılötesinde parlıyor olacak ve dokunanı fena halde yakacaktır.”

TERMAL RADYASYON SPEKTRUMU



Sıcak bir cisimden yayılan termal radyasyonun kesintisiz spektrumu, sıcaklık arttıkça daha yüksek frekanslara (mavi) doğru kayar. 5700 Kelvin¹¹ derecede radyasyonun büyük kısmı gözle görülebilir frekans aralığında ışıır. Bu da yaklaşık olarak Güneş'in görünen yüzeyinin sıcaklığıdır.

11. Bir Kelvin derece, bir Santigrad dereceye eşittir, ama mutlak sıfırdan başlayarak ölçülür.

“İşte bu şekilde, renklerine bakarak, daha sıcak ve daha soğuk yıldızları da tanımlayabiliriz. Farklı renk ve sıcaklıklardaki yıldızların gerçekte yaydıkları ışık miktarını, uzak bir kümedeki farklı yıldızların parlaklıklarına bakarak karşılaştırabiliriz. Küme yıldızlar aşağı yukarı aynı uzaklıkta oldukları için, mutlak ışık çıkışları, ölçülen yoğunluklarıyla aynı oranlarda olacaktır. Bu durumu, gelen ışıklarındaki renklere göre saptayabiliriz.”



Tekno-Dev gözlüklerini yeniden sıkıca burnuna yerleştirmiş ve başka bir düğmeye basmak için kolunu uzatmış. Ekranda, düz bir eğimle çaprazlamasına ilerleyen noktalar üreten bir fonksiyon grafiği belirmiş. “Bu diyagram, yıldızların yoğunluklarıyla renklerini gösteriyor. Yıldızların, parlaklık ve renk arasında belirli bir ilişkiyi takip ettikleri *ana dizgeyi* burada görebilirsiniz. Bir uçta kırmızı ve çok soluk yıldızlar varken, diğer tarafta, bizim Güneş’imizden bir milyon kat daha fazla ışık veren parlak beyaz yıldızlar bulunur.

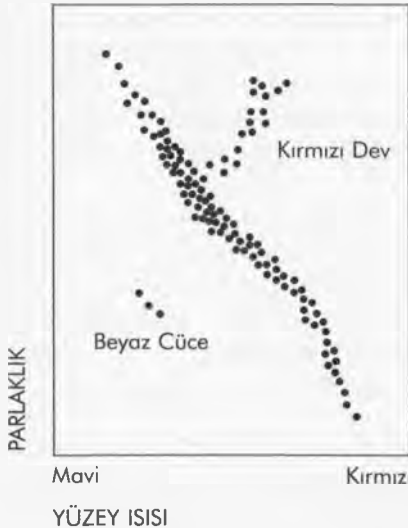
“Son dönemde yapılan çeşitli araştırmalar sayesinde, yakın yıldızlardan bazılarına olan uzaklıkları biliyoruz.” Konuşurken Haritacı’ya doğru kafasını salıyormuş ancak gözlüğü bu salınımdan dolayı yine burnundan kayıp düştüğü için, bunun pek de akıllıca bir hareket olmadığı ortaya çıkmış. “Bu yıldızların görünür parlaklıklarını gözlemleyebiliriz ve bizden uzaklıkları bilindiği için, mutlak yoğunluklarını, yani yaydıkları toplam ışık miktarını bulabiliriz. Işıklarının spektrumlarından sıcaklıklarını biliyoruz ve çizimimizde nereye oturduklarını görebiliyoruz. Bu şekilde, grafiğimizi ayarlayabilir ve renklerin mutlak yoğunluk ile nasıl bir ilişkisi olduğunu gösterebiliriz. Bundan dolayı, belirli bir renkteki yıldızın gerçekte yaydığı ışık miktarı söylenebilir ve gözlemlenen ışık kesitinden de, yıldızın ne kadar uzakta olduğu saptanabilir.

“Yani, her yıldızın *ana dizge* üzerinde bulunup bulunmadığı söylenebilir. Ne yazık ki bulunmazlar. Bazı rol çalan istisnalar

vardır; deyimimi mazur görün.” Tekno-Dev, kocaman eliyle kibarca ağzını kapatıp öksürmüş. “Örneğin, muazzam miktarda ışık yayan kırmızı devler var ve çok soluk olan beyaz cüceler; bu yıldızları anlamak için renk analizi yeterli gelmez. Başka verilere ihtiyaç olur,” diye devam etmiş, gözlüklerini çıkartıp onları dikkatlice temizlerken, “daha mutlak işaretlere ihtiyaç var. Her zaman aynı miktarda ışık veren ve uzak kümelerde bulunan ve güvenilir biçimde tanımlanabilecek bir yıldıza ihtiyaç vardır, mesela. Böyle standart bir yıldıza olan uzaklık, Dünya’ya ulaştırdığı ışık miktarından kolaylıkla kestirilebilir ve bu türden birkaç yıldızdan oluşan, kareli kâğıt misali bir ağ oluşturulup, etraflarındaki yıldızların da bu ağa göre ölçümleri yapılabilir.

ANA DİZGEDEKİ YILDIZLAR

Bir yıldızın parlaklığına karşı yüzey sıcaklığının ya da renginin grafiğini çizerseniz, çoğunlukla ana dizge olarak bilinen bir çizgi üzerine denk geldiklerini görürsünüz. Genellikle, daha soğuk olan (kırmızı) yıldızlar daha soluk görünürken, daha sıcak olan (mavi) yıldızlarsa parlaktırlar.



Bir de, çok parlak kırmızı devlerin ve soluk beyaz cücelerin bulunduğu yan dallar vardır.

“Bu tür tanımlanabilir bir standarda sahibiz. Ne kadar uzakta olurlarsa olsunlar, gerçek ışık çıktılarını bilebildiğimiz yıldızlar vardır. Bu da demektir ki, bunca değişkenlik içinde, sabit değerler bulduk. Bu işaretçiler Cepheid değişken yıldızlarıdır ve yoğunlukları belirli bir zaman aralığı içinde tahmin edilebilir biçimde değişen yıldızlardır. Evren’in ölçeğinde bize kılavuzluk eden kerteriz noktaları sağlarlar. Işık yoğunluğunun azalıp tekrar yükselmesi için gerekli süre ne kadar uzunsa, yıldız, o kadar parlak demektir. Bu ikisi kesin bir biçimde ilişkilidirler. Bu yıldızlardan birinin dalgalanma süresi ile yaydığı ışık miktarı arasındaki ilişki uzak kümelerdeki yıldız popölasyonları için haritalandırılmıştır. Söz konusu yıldızların tümü Dünya’dan aynı uzaklıktadırlar ve bu nedenle de gözlemlenen göreceli parlaklıkları, mutlak parlaklıkları ile orantılı olacaktır.

“Geriye kalan şey, değişken yıldızlardan birkaç örneğin mutlak parlaklıklarını bulmak ve sonra da Evren’in herhangi bir yerindeki bir Cepheid değişkeninin mutlak parlaklığını, biraz önce tanımlanan ilişkiden hesaplayarak, bunları ilişkilendirmektir. Bu türden yakın bir değişken yıldız olan uzaklık paralaks hesaplamaya benzer bir yöntemle bulunabilir. Bir yıldızın ne kadar uzak olduğunu bildiğinizde, ondan yayıldığını tespit ettiğiniz ışık miktarından, mutlak parlaklığını kolaylıkla hesaplayabilirsiniz.

“Tüm bu bilgiyle kuşanmış olarak, bu değişken yıldızlardan birini tanımladığımız zaman, ne kadar parlak olması gerektiğini biliriz ve bu yüzden de uzaklığını bulabiliriz. Bu yöntem, söz konusu yıldızları görüp tanımlayabildiğimiz sürece işe yarar. Daha da uzak mesafelere bakarken, bir ölçek verebilen başka yöntemler de vardır, ama durum karmaşık bir hal alır,” diye eklemiştir.

“Yıldızlardan gelen ışığa bakarak öğrenilebilecek çok daha fazla şeyler vardır. Normalde, çevreyle ilgili konularda bakarak öğreniriz, yani onlardan gelen ışığa bakarak. Bu durum yıldız-

lardan gelen küçük ışık noktaları için de doğrudur. Işık, bir yıldızın nelerden meydana geldiğini ve hatta senden ne kadar hızla ulaşmakta olduğunu bile söyleyebilir.”

“Bu nasıl olabilir ki?” diye sormuş, Ali. “O yalnızca ışıktır, gökyüzündeki bir pırıltı.”

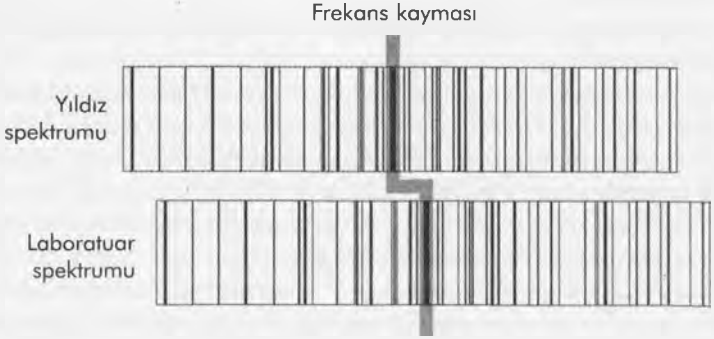
“Gel de bak,” diye ünlemiş, dev ev sahibi. Onları tekrar, daha önce renkli yıldız ışığı spektrumunu gördükleri ekranın başına götürmüş. “Daha yakından bak,” diyerek yönlendirmiş. Ali, ekrandaki renkli bantlara bakmış ve aralarındaki çok sayıda siyah çizgiyi görmüş; renklerin ortaya çıkarıldığı inanılmaz sayıdaki sıra dışı ince çizgiler. “Bunlar emilim çizgileridir,” demiş, Tekno-Dev. “Her atom kendine özgü ışık yaydığı ya da emdiği bir frekanslar kümesine sahiptir.¹² Burada, bir yıldızın sıcak yüzeyindeki atomların kendilerine özgü frekanslarda ışık emdikten sonra arkalarında bıraktıkları çizgileri görüyorsun. Bu frekans kümeleri belirli bir türdeki atomların hepsine özgü olduğu için, yıldızın içinde hangi kimyasal elementler olduğunu söyleyebilirsin, çok çok uzakta olsa bile. Helyum gazı Dünya’da bulunmadan önce Güneş’te keşfedilmiştir. Yıldızların nelerden meydana geldiğini söyleyen bu tür spektrumlardır.

“Belki de şaşırtıcı gelecek ama aynı ışık, bir yıldızın nasıl hareket ettiğini de söyleyebilir. Bir yıldızdan gelen spektral çizgilere bakıp kendi laboratuvarındaki aynı elementlerden yayımlanan ışığın frekansı ile karşılaştırdığında, aynı çizgi *desenlerine* rastlarsın ama genellikle bu çizgilerin hepsi frekans bakımından birazcık yer değiştirmiş olur. Bu Doppler kaymasının¹³ bir etkisidir ve kayma miktarından, yıldızın senden ne kadar hızla uzaklaştığını ya da sana doğru hangi hızla geldiğini kestirebilirsin. Büyük uzaklıklarda, tüm yıldız galaksilerinin düzenli biçimde bizden uzaklaşmakta olduklarını görüyoruz. Galaksi ne kadar uzaktaysa, bizden uzaklaşma hızı da o kadar yüksek oluyor. Galaksilerin bu hızlı ayrılması Evren’in ‘Hubble genişlemesi’ olarak bilinir.”

12. Pamuk Prenses hikâyesine bakın. Atomik elektronlar belirli enerji seviyelerini doldurmak zorundadır ve bir seviyeden diğerine geçerlerken belirli ve tanımlanabilir frekansta ışık emerler ya da yayımlarlar.

13. İlk Masal’a bakın. “Prens ve p” Hareketli bir cisimden gelen ışığın frekansında kayma olur.

DOOPLER KAYMASI HIZI



Yıldız ışığı net biçimde tanımlanabilir spektral çizgiler içerir ve bu da yıldızın dış katmanlarındaki elementlerin özel imzalarıdır. Bunlar daha sıcak olan iç bölgelerden gelen ışığın kesintisiz spektrumundaki belirli frekansları emerler. Daha uzak yıldızlardan gelen ışıktaki, bu çizgiler çoğunlukla frekans bakımından yer değiştirmiş olurlar, genellikle de daha düşük frekanslara doğru. Bu *kırmızıya kayma* Doppler etkisinden dolayıdır ve yıldızın bizden uzaklaşma hızını verir.

Daha uzak olan bazı yıldızlar için, kayma o kadar büyüktür ki, görünür bölgedeki tanıdık çizgiler kızılötesi bölgeye hareket ederler. Bazı durumlarda ise, o kadar çok kayma gösterirler ki ilk gözlemlendiklerinde spektrum tanımlanamamıştır.

“En uzak galaksiler, ancak en büyük teleskopların görebilecekleri, ışık hızına yaklaşmaya başlayan hızlarla bizden uzaklaşıyorlar. Tüm Evren genişliyor, böylece zaman geçtikçe gitgide daha da büyüyor. Bu saptamayı geriye doğru çalıştırırsak, geçmişe doğru gittikçe Evren’in daha küçük olduğunu ve bu seyri izlemeye devam edersek, boyutunun olmadığı bir zamana kadar

gidebileceğimizi varsayıyoruz. O zamandan günümüze kadar geçen süre de Evren'in yaşı olarak anlaşılabilir ve bu yaş, sonlu bir *değerdir*. Evren sonsuzdan beri var görünmüyor, ama bizim anlayışımıza göre, gayet yaşlı; milyarlarca yaşında."

"Muazzam uzaklıklardan bahsediyorsunuz. Evren gerçekten bu kadar büyük mü? Böylesine boyutlar benim anlayışımın dışında," diye belirtmiş, Ali.

"Ah, evet, Evren kocamandır," diye yanıtlamış, Haritacı. "O kadar uzak yıldızlar vardır ki onlardan gelen ışıkların bize ulaşması bile milyarlarca yıl alır. Dışarı gelersen bunu AAA'nın son sürümünde kontrol edebiliriz.¹⁴"

Haritacı dışarı çıkmak için dönmüş ve garip ama yine de centilmen ev sahipleri, onları uğurlamak için kafasıyla selam vermiş. Bu durum, tabii ki yine gözlüklerinin düşmesiyle sonuçlanmış ve bu sefer kordondan ayrılıp yere düşmüşler. Buna rağmen, Tekno-Dev, kibarca misafirlerine kapıya kadar eşlik etmeye çalışmış. Ali ve Haritacı, gözleri görmeyen ev sahibinin kendilerini süpürge odası gibi görünen bir yere doğru götürmemesi için, gösterdiği nazık çabadan kurtulmayı başarmışlar ve çıkışa doğru ilerlemişler.

Dışarıda, çöle doğru giden dolambaçlı yoldan aşağı doğru ilerlemişler ve aşağı ulaştıklarında Haritacı, vefakâr çantasını açmış ve sırtında AAA harflerinin bulunduğu çok büyük bir kitap çıkartmış. "Evren'in boyutundan bahsederken, insanın kullanmak zorunda olduğu büyük sayıları hemen anlamak zordur; bunlar genellikle 'astronomik' diye adlandırılan sayılardır. Çok büyük olmayan, karşılaştırılabilir büyüklüklere sıra ile bakmak ve bu sayede Evren'in muazzam büyüklüğüne kolaylıkla anlaşılabilir adımlarla yaklaşmak daha iyi olacaktır." Haritacı, kitabı açıp, çölün ortasında tek başına duran bir figürü göstermiş. Ali, resimde kendisini görmüş; sanki bir aynaya bakar gibiymiş.

"İşte Evren'in en tanıdık kısmı; kendin. Evren'i tamamen anlamak istiyorsan, kesinlikle çok daha büyük bir ölçekten bakmak zorundasın. Büyük sayıları anlamak zordur ama senden yüz defa büyük olan bir şeyi hayalinde muhtemelen canlandır-

14. Bu Mutlak Astronomik Atlas'tır, hatırlarsanız. Bu yayının tamamen hayal ürünü olduğunu eklemeliyim, ama sunulan bilgiler gerçektir.

bilirsin. Bu fark, gözlerinin zaten kavrayabildiği boyutlardaki farklılıkları içerir; aslında kabaca kendi uzunluğun ile gözünün yerden yüksekliği arasındaki farktır. Bu fark, astronomik bir sayı olarak adlandırabileceğin bir değer değildir. Burada, peşi sıra gelen her sayfada, bir öncekinden yüz defa daha büyük olan bir bölge gösterilmektedir.”

Haritacı ortasında aynı şeklin olduğu başka bir sayfayı açmış. Figür oldukça küçükmüş ama hala görülebilir boyuttaymış ve az önce çıktıkları rasathaneye giden tüm yol görülebiliyormuş. Başka bir sayfa ve başka bir resimde, rasathanenin üzerine oturduğu kayalık zirve ve çevresindeki çöl görölüyormuş. Yakında bir yerde palmiye ve diğer bitkilerin bolca bulunduğu bir vaha ve diğer tarafta ise bir dizi piramit yer alıyormuş. Sonraki sayfada, tüm kıyının okyanusun enginliğine açıldığı ve suyun öbür kıyısında başka bir kıtaya bağlandığı geniş, çorak bir başka çöl görünüyormuş. Uzaklarda, belirgin biçimde kıvrımlı bir ufuk çizgisi gösteriyormuş.

Bir sonraki görüntü, daha fazla gezegen ortaya çıkarmış; güneş sisteminin merkezindeki kora ait soluk noktalar da görünmüş. Tüm dikkat, merkezde görülen şiddetli ateşe çevrilmişmiş. Bu, beliren ilk yıldızmış: kızgın diski bütün sayfayı dolduran bizim Güneşimiz.

Küçük bir aradan sonra Haritacı, başka bir sayfaya geçmiş. Bu kez, karanlık bir uzay, sayfanın büyük kısmını dolduruyormuş. Bu kitap için bol miktarda siyah mürekkep tüketilmiş olduğunu düşünmüş, Ali. Güneş hala en belirgin cisimmiş ve küçük olmasına rağmen, en parlak disk olarak görünüyormuş. Küçük noktalar halindeki gezegenlerin¹⁵ konumları da görülebiliyor ve halkalı bir kaç küçük disk, Jüpiter ve Neptün gibi gaz devleri de fark ediliyormuş. Satürn, etrafındaki yoğun disklerle, özellikle muhteşem görünüyormuş.

Yüz katlık bir sonraki büyüme, Güneş’i parlak bir yıldız olarak göstermiş, gezegenlerin çoğu ise fark edilemeyecek kadar küçülmüş. Güneş sisteminin doldurduğu bölgenin etrafında belli belirsiz ve fark edilemez küçük tozlardan oluşan Oort bulutu görölüyormuş. Bu bulut, küçük uzay cisimlerinden oluşuyor ve

15. Güneş’e Dünya’dan daha yakın olan gezegenler (Ç.N.).

içinden, ara sıra, Güneş'e doğru kuyruklu yıldızlar çıkıp dalışa geçiyormuş.

Haritacı başka bir sayfaya geçmiş. Şimdi Güneş, yalnızca soluk bir yıldız olarak görülüyormuş. Şimdi, ona eşlik eden başka bir yıldız da sayfanın kenarında belirmiş.

"Artık yıldızlararası uzaklıklara ulaştık. En yakın yıldız hala çok uzakta, yaklaşık otuz milyon kere milyon kilometre, ama ona senin boyutundan yalnızca sekiz genişleme ile ulaştık. Bu genişlemelerin her birini, yüzün katları olarak büyüttük. Görünebilir Evren'in sınırına ulaşmamız için hala ilerlememiz gereken birkaç adım daha var." Tekrar sayfayı çevirmiş ve şimdi sayfadaki manzara yıldızlarla doluymuş; soluk olanlar, parlak olanlar, mavi ve sarılar ile kırmızılar. Bunlardan milyonlarca var gibiymiş ve aralarında Güneş'i ayırımsamak imkânsızmış.

Çevrilen başka bir sayfada yüz katlık büyüme Samanyolu'nu bir pus halinde ortaya çıkartmış. Hepsi beraber, spiral bir açılımla genişleyen yıldızlar kütlesi ve yıldız ışıklarının parlamasının daha yoğun olduğu merkezdeki büyük bir disk görünüyormuş.

"Bu bizim galaksimiz. Yüz milyar yıldız içeriyor. Geniş bir disk tarafından çevrelenmiş merkez kütlesi ile uzayda yavaşça dönen bir çocuk topacı gibi ve tıpkı bir topaç gibi spiral merkezden uzaklaştıkça daha yoğun etkinlik gösteren parlak çevresel şeritler çiziyor. Galaksimiz hiç de özel değil. Daha uzaktan bakarsan," diyerek başka bir sayfaya geçmiş, "*yerel bir küme* oluşturan bir sürü başka galaksi de göreceksin. Bunun (başka bir sayfa) ötesinde, galaksi kümelerinin kendilerinin de uzayda gezinip duran, ip ve düğümler gibi bir araya gelerek, bir tür galaksi süngeri meydana getirdiğini izleyeceksin. Galaksi kümelerini birbirinden ayıran büyük boşluklar da fark edeceksindir. Ve Son olarak," bir final havasında son bir sayfa daha çevirmiş ve "tasvir edilen tüm Evren işte bu," demiş. Resim büyük boşluklar ile ayrılmış, dağınık, büyük bir madde ağını gösteriyormuş ve hepsi de dairesel bir bölgenin kenarlarına doğru sönükleşiyorlarmış. Bu sayfadan sonrası tamamen bomboşmuş. "Görebildiğin tüm Evren'in ölçeği, ortalama boyuttaki bu on üç adım ile betimlenebilir."

"Bu sayfaların ötesinde ne var? Olabildiğince büyük olan bu son bölge gerçekten Evren'in tüm boyutu mu? Bu noktada Ev-

ren, bir tür sona ya da sınıra sahip mi?" diye sormuş Ali, peş peşe gelen sayfalarda gösterilen sürekli gelişim karşısında büyülenmiş biçimde.

Haritacı, birkaç sayfa daha çevirmiş. Sayfaların hepsi boşmuş. "Daha ötede ne olduğunu kim bilir?" demiş. "Atlasımız görünür Evren'in boyutunu gösteriyor ve bu da görüp ölçebildiğimiz tümü. Bildiğimiz kadarıyla, 'Evren'in kenarı' diye bir şey yok çünkü uzayda hiçbir sınır yok. Bununla birlikte, Evren'in bir sınırı *varsa* bu sınır bir zaman olabilir. Gördüğümüz galaksilerin çok, çok uzaklarda olduğunu hatırla. Işığın bir galaksiden bize ulaşması için çok zaman geçtiği için, biz yalnızca onu geçmişteki haliyle görebiliyoruz. Herhangi bir yıldızı görebileceğin en uzak konum, yıldızlara şu andaki uzaklık kadar değildir, çünkü Evren, o ışık sana ulaştıktan sonra daha da büyümüştür. Ama senin gerçekte *görebileceğin* kadarlık kısımdan söz ediyoruz. Masmavi bir gökyüzüne baktığında bile görüşün sınırlıdır." Haritacı sözlerini bitirmiş ve elindeki atlası sertçe kapatıp, çantasına geri koymuş ve ikisi birlikte çölde yollarına devam etmişler.

Yolun kenarında, bağdaş kurmuş oturan birine rastladıklarında henüz çok zaman geçmemişmiş. Üzerine bir cüppe sarmış olan bu adamın gözleri de bir kumaş parçasıyla kapanmışmış. "Muhtemelen kör bir dilencidir," demiş, Haritacı, yürüyüp gitmeye hazırlanırken.

"Hayır, kör olan sensin" diye haritacıyı yalanlamış, gözü bağlı adam. Yavaş yavaş ayağa kalkarken, üzerileri bağlı da olsa, mükemmel gören gözlerindeki sargının ardından onlara bakar gibiymiş. "Ben, Geniş Bant Görücüsüyüm ve diyorum ki, gökyüzüne optik teleskoplarınızla baktığınızda, Evren'i aslında bir örtünün ardından görüyorsunuz. Bu örtü Dünya'nın atmosferidir. İçinde de birkaç yarıklık vardır. Bunlar bir tanesi, ışık frekanslarından düşük bantlı olanlarının yere kadar ulaşmasına izin verir; sizin görünür ışık dediğiniz aralık işte budur."

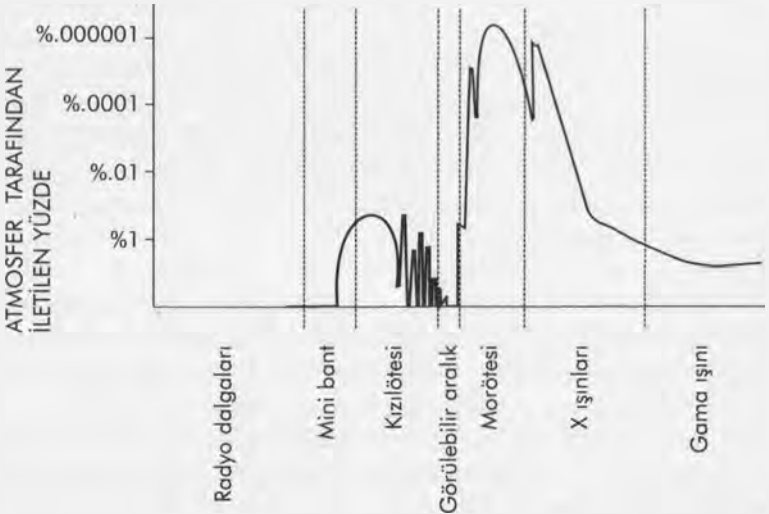
"Pekâlâ," diye cevap vermiş, Haritacı, "görünür ışık, bizim



her durumda görebileceğimiz yegâne ışıktır zaten, bu nedenle daha fazlası bizi ilgilendirmez.”

“Ah, ama bu bir sorundur. İnsanların, Dünya’nın yüzeyinde görebildiği mevcut ışığı kullanan gözler geliştirmiş olması pek şaşırtıcı değil, ama elektromanyetik radyasyonun aralığı bundan çok daha büyüktür. Elektromanyetik spektrum, göremediğiniz büyük bir frekans aralığında yayılır. Ve bunlar, etrafınızdaki Evren hakkında pek çok şey söylerler. Gözlerinizin görebildiği aralığın her iki tarafındaki frekanslar, kızılötesi ve morötesindekiler, aslında atmosfer tarafından engellenir ama çok daha düşük ve yüksek olanlar engellenmeden geçebilirler. Uzaydan gelen radyo ve gama ışınları da Dünya’nın yüzeyine ulaşırlar. Elektromanyetik radyasyonun diğer frekanslarını gözlemleyerek, gözlerinizin göremediği mucizelere tanıklık edebilirsiniz. Kendinizi, çıplak gözlerinizin tespit edebileceği bu dar aralıkla sınırlandırırsanız, bile bile körleşmiş olursunuz.”

ATMOSFER EMİLİMİ



Dünya'nın atmosferi, radyasyonun pek çok frekansına karşı pek de saydamlık göstermez. Gözlerimizin görebildiği frekans aralığını geçiren dar bir aralık vardır ve radyo frekanslarının geniş bir bandı Dünya'nın yüzeyine kolaylıkla ulaşır. Diğer radyasyon frekansları ya daha çok ya da daha az derecelerde engellenirler ve en iyi biçimde atmosferin üzerinde bulunan uydu araçları ile tespit edilirler.

"Atmosferden geçip yere ulaşabilen diğer radyasyon dalgalarının bize faydası ne?" diye sormuş, Ali. "Radyo dalgalarını göremeyiz, öyle değil mi?"

"Aslında görebilirsin. Ya da aletlerle görülebilirler. Radyo dalgaları, bir tele çarptığında küçük elektriksel akımlar tetiklerler ve radyo antenleriyle algılanabilirler. Böylece radyo dalgalarını toplayıp odaklayabilirsen, bir 'gözün' radyoyu görmesini sağlayabilirsin. Bak şimdi!"

Gözü bağlı adam ayağa kalkmış ve kumaşla örtülü koluyla çölün boşluğunu işaret etmiş. "Şu kocaman piramitlerin çölde bulunduğu yere bak. Orada, yerle bir olmuş suretler göreceksin. Uzaklara kadar uzanan kumullara bak." Çölün, işaret ettiği bölgesinin ötesine uzanan zemine bakmışlar ve zeminin giderek yükselmeye başladığını görmüşler. Tümsek yükselmeye devam ederken, kum nehirleri yan taraflardan aşağı kayıyor ve geniş parlak siyah bir kambur ortaya çıkartıyormuş. Bu şekil, sonunda kumdan kurtulmuş ve devasa boyutlarda, çöl zemini üzerinde altı ayağı üzerinde duran, dehşet verici bir böceğe dönüşmüş. Hemen yakınındaki devasa piramit kalıntıları bile, böceğin yanında küçücük kalmış.

"Bu da ne?" demiş, Ali.

"Bu bir mikrodalga böceği; uzaydan bize fısıldanan radyo dalgalarını algılayan bir detektör. Bak!" diye ünlemiş yine, Genişbant Görücüsü. Yavaş ve etkileyici bir biçimde, kocaman böceğin kanat kınları açılmış ve sırtında, fazla derinliği olmayan bir çanak oluşmuş. Yaratık, eğer bu bir yaratıksa, antenlerini kaldırıp bu yansıtıcı çanağın odağına yönlendirmiş ve çanağı gökyüzüne doğrultmak için de birkaç ayağı üzerinde hareket etmiş.



“İşte tipik bir radyo teleskopunun mikrodalgaları toplama çanağı. Şey, evet, bunlara pek de tipik denemez belki, dev böceklerin sırtına yerleştirilmiş çanaklar öyle her gün rastlanan oluşumlar değil kuşkusuz. Radyo dalgalarını bir tespit antenine toplayan çanak yeteri kadar bilindik bir aygıt. İç bükey şekil, yalnızca bir yönden gelen dalgaları anten üzerine odaklayıp yansıtmak için tasarlanmıştır. Odaklamanın keskinliği, optik teleskoplardaki kırılmalarla sınırlı olacaktır. Küçük bir teleskopun çözünürlüğü, odaklama aynasının genişliği ile sınırlıdır ve aynı ilişki burada da söz konusudur. Buradaki çanağın çapı da yüzlerce metre olabilir ama bu yine de radyo dalgalarının tümünü odaklamak için küçük bir alandır. Görmeyi beklediğin radyo dalgalarının frekansları çok küçüktür, dalga boyları ise görünür ışıktan yüz binlerce kat fazladır, bu nedenle de, büyük çanak, çıplak göz kadar net göremez.”

“Öyleyse, bunun bize pek de bir faydası yok,” diye homurdanmış, ömrü boyunca gözlem yapmaktan bıkmış olan Haritacı.

“Ah, öyle demeyin, faydası vardır,” diye karşı çıkmış, Genişbant Görücüsü. “Farklı frekanslar, farklı şeyler ortaya çıkarırlar. Yıldız sıcaklığındaki cisimlerin bol miktarda ışık yaydıklarını biliyorsun, ama Evren’de hem çok daha soğuk olan başka şeyler

hem de çok daha sıcak olan başkaları da vardır. Bunlar görünür ışıktadır değildirler ama farklı bir radyasyon frekansı ile bakıldıklarında görünebilirler. Radyo dalgaları, çok daha soğuk olan kaynaklardan serbestçe yayılırlar ve uzayda, yakınlarında bulunan yıldızların koruyucu birazcık ısınmış büyük gaz bulutlarını görmemizi sağlarlar.

“Daha önce gördüğün gibi, radyo çanakları gökyüzündeki tek bir noktaya odaklanmıştır ama etrafı tararlarsa tüm bölgenin bir resmini bile çıkartabilirler. Gökyüzündeki pek çok hareket, çok yavaş hızlarla meydana geldiğinden, tam bir resim oluşturmak uzunca vaktinizi alabilir” Bir süre, üzerinde çanak olan eklem bacaklıların, bir noktadan başka bir noktaya hareketlerini izlemişler.

“Gökyüzündeki radyo kaynaklarının resmini çıkardığınızda, bunların görünür ışık kaynaklarına bağlı yıldız dağılımlarından çarpıcı biçimde farklı olduğunu gözlersiniz. Galaksinin büyük bölümünü görmemizi engelleyen gaz bulutları bulunduğunu görürsünüz. Daha da uzaklara bakarsanız, içlerinde yıldızların doğduğu gaz bulutlarını ve ölen yıldızların içinden yüksek hızla fışkıran yoğun gaz kütlelerini bile görebilirsiniz. Böylesine uzaktaki özellikleri görebilmek için, gözlerimizden daha iyi bir çözünürlüğe sahip olmak zorundayız, bu nedenle de çok daha büyük lens açıklığı olan teleskoplara ihtiyaç vardır.”

“Bu canavar ihtiyaç duyacağınız her şeyi karşılayacak kadar büyük değil mi?” diye haykırmış, Ali.

“Hayır, hem de hiç değil. Dediğim gibi, bu çanakların algıladığı radyo dalgalarının dalga boyları, normalde gördüğün ışığın dalga boyundan çok daha uzundur ve bu nedenle de teleskopunuzun genişliği buna uygun biçimde devasa ölçülerde olmak durumundadır. Önünüzdeki bu çanakların, çıplak gözün çözünürlüğüne bile sahip olmadığını söylemiştim. Büyük bir optik teleskopun kesinliğine yaklaşmak için, çok daha büyük bir alıcıya ihtiyacınız olacaktır, yüz kilometrelerce çapı olan bir şeye.”

“İyi de, bu pek mümkün görünmüyor,” demiş, Haritacı, küçümseyerek.

“Ah, ama detektörün katı ve tek parçadan oluşması gerekmiyor. Hatta, bu farklı detektörlerin aynı anda aynı yerde olması bile gerekmiyor. Böyle bir alana dağılmış olan yalnızca birkaç

çanağa ihtiyacınız var. Radyo dalgaları ile çalışırken, onları tespit ettikçe dalgaların fazlarını kaydetmek gibi bir avantajınız vardır ve böylece gelen dalgalarla kaydettiğiniz sinyalleri birleştirmek keyfinize kalmış bir iştir. Bu şekilde, tek bir devasa alıcıdan bir defada elde edebileceğin kesinliğin aynısını elde edebilirsiniz. Ne demek istediğime bakın şimdi.”

Uzaklardan bir yerde, büyük detektör çanağının yakınlarında, çöl zemini püskürmeye başlamış. Bir sürü diğer dev böcek kumdan çıkıp, çanaklarını gökyüzünü dinlemek için açmış. Bir de, küçük, örümcek benzeri yaratıklar belirip, sinyalleri taşımak için ince kabloları peşlerinden sürükleyerek iri böceklerin arasında dolanmaya başlamışlar. Kısa süre sonra, gökyüzündeki aynı noktadan aldıkları sinyalleri birleştirebilmek için düzene girmiş büyük bir çanak dizisi, kumların üzerinde duruyormuş.

“İşte sana yüksek hassasiyetli bir radyo teleskopu. Biz onu (VLBA)¹⁶ ya da Çok Geniş Böcek Dizini (Very Large Beetle Array) olarak adlandırıyoruz. Böceklerden oluşan bu çanak dizini çözünürlük bakımından Dünya’daki herhangi bir optik teleskopa denktir. Aslında daha da iyidir çünkü radyo dalgaları atmosferde aynı miktarda kayba uğramazlar. Radyo dalgalarını görmiyor olabiliriz ama atmosferin içinde oluşan dalgalanma, görmekten çok daha iyidir.

“Diğer frekanslar da, ışık kaynağı hakkında başka bilgiler verirler. Kızılötesi, mor ötesi ya da X-ışını frekanslarında da farklı şeyler görülür. Bu frekanslar için, teleskop Dünya’nın yüzeyine kurulamaz çünkü yukarıdaki hava, radyasyonu çok etkili bir biçimde engeller. Aletlerin uzaya çıkartılması gerekir.” Adam, uzakta duran, üzerlerinde tüp gibi gözleri, aynaları ve lensleri bulunan böcekleri işaret etmiş. Böcekler, uzun, sütunu andıran bir cismin yanlarından yukarıya doğru tırmanmışlar ve hemen ardından da sütunun altından alevler fışkırmış ve sütunla birlikte bütün böcekler gökyüzüne doğru yükselmiş. Roket ilerlerken, Dünya’nın havadan yapılma battaniyesi üzerindeki gökyüzünü taramaya ve gözlemlerini radyo sinyalleri ile geri yollamaya devam ediyorlarmış. Etrafta daha dikkatlice baktıklarında, araziye

16. VLBA büyük bir radyo tespit çanağı dizisi olarak mevcuttur ama isim aslında Very Long Baseline Array anlamındadır. Aynı ilke, bu sahte versiyon için de geçerlidir ama çanakları dev böcekler üzerinde değildir.

dağılmış daha başka aletler de görmüşler. Büyük bir cam mercek dizisi, devasa gökyüzüne yönelmiş, atmosferde yere doğru düşerken yanan, inanılmaz derecede yüksek enerjili kozmik parçacıkların etrafa yayımladığı ışığı yakalamak için bekleyen bir sineğin gözü¹⁷ gibi duruyormuş.

Gözlerine takılan başka bir cisim de, çöl zemininde ayarlanabilir bir düzenek üzerinde kurulmuş büyük, köşeli ve konik bir aletmiş. Görücüye bunun ne işe yaradığını sormuşlar. “Bu bir mikrodalga boynuz antenidir. Kozmik Arka plan Radyasyonu ilk tespit eden alet de tıpkı böyle bir alettir.”

Ali, Görücünün anlatımındaki vurgulardan çok etkilenmiş, bu yüzden de daha fazla şey öğrenmek istiyormuş.

“Eğer gökyüzüne, düşük frekanslı radyasyon detektörleriyle bakarsan ki bunlar aynı zamanda düşük enerjili tanecikleri algılar, radyo çanakları dizini tarafından kaydedilen bir sinyal tespit edersin. Bu sinyalin, gökyüzünden gelen çoğu sinyalde olduğu gibi, belirli bir noktadan gelmediğini görürsün. Detektörü farklı yönlere tuttukça, algıladığın dalgaın gücünde bir değişiklik olmaz; hiçbir yerden ve her yerden geliyormuş gibidir. Bu dalgaın yoğunluğunun farklı frekanslarda nasıl değiştiğine baktığında ise, yıldızlardan gelen ışıklar gibi, sıcak bir cisimden gelen radyasyon biçiminde olduğunu fark edersin ama bu kez, sıcak cisim oldukça soğuktur. Binlerce derecelik sıcaklıktaki cisimden gelmek yerine, mutlak sıfırın üç derece altında bir ısıya karşılık gelen bir dalga yayılımıdır algıladığın. Milyarlarca yıl önce tüm Evren’i dolduran büyük bir ateş topunun solan can çekişmesidir gördüğün.

“Artık, görmenin inanmak olduğunu söyleyebilirsin ama umuyorum ki, sana gökyüzünü görmeyi yalnızca gözlerinin görebildikleriyle – teleskop, aynalar ve mercekler ile güçlendirilmiş olsalar bile – sınırlandırırsan, akılsızca davranmış olacağını anlatabilmişimdir. İki bin ile altı bin angstrom arasındaki dalga boylarında, özel olan neyi görebilirsin ki?¹⁸ Geniş bir açıdan

17. “Fly’s Eye” (Sinek Gözü) adında bir detektör vardır. Atmosfer ile etkileşime girdiklerinde yaydıkları ışık sayesinde yüksek enerjili parçacıkları izleyen Amerikan çölündeki devasa bir fototüp dizisidir.

18. Bu dalga boyunun geleneksel ölçüsüdür. Bir Angstrom bir metrenin on milyarda biridir.

bakmazsan çok şey kaybedersin. Evren'i görüşün yalnızca gözlerinin ne gördüğüne bağlı olmamalıdır çünkü çıplak gözün, onun yalnızca çok küçük bir kısmını görebilir. Nasıl yapılrısa yapılsın, tüm gözlemlerin ortaya çıkardıklarının tümünü dikkate almak zorundasın. Evren, yalnızca karşına çıkan resimde görebildiklerini değil, aynı zamanda aklının keşfettiklerini de içerecektir. Düşünce Gözü'nden Evren'in nasıl görüldüğüne de bakmalısın."

Görücü, kumda kararlı bir biçimde yürümeye koyulmuş, diğerleri de alçak bir uçuruma doğru, içinde bir mağara girişi olan vadiye yönelerek onu takip etmişler. Hep birlikte taş bir dehlizde uzun adımlarla yürüyüp, geniş, kemerli bir açıklığa gelmişler. Uzak ucunda kayaya oyulduğu açıkça belli olan büyük bir kafa varmış. Suratın üzerindeki gözlerden biri, içine dönük bir düşünceye dalmış gibi kapalıyken, diğer göz kocaman açılmışmış. Göze doğru giden kıvrımlı basamaklar yükseliyormuş ve tam büyük gözün önünde bulunan taş bir platform görünüyormuş. Ali ve beraberindekiler, bu platformun üzerinde durmak için basamakları tırmanmışlar. Göz kapakları ve irisler, kafanın geri kalan kısımları gibi tamamen taştan oyulmuş, göz bebeğinin ortasında da sonsuzluğa açılan garip ve pek de tekin olmayan karanlık bir çukur varmış. Ziyaretçiler bu çukurun karşısında omuz omuza duruyorlarmış ve hayal edilemeyen derinliklere doğru bakıyorlarmış.

"'Gözler ruhun aynasıdır,' derler ama bu durumda Düşünce'nin penceresi oluyor. İçine bakarken, Evren'in ötesini tahayyül etmeye çalışan düşünceyi izliyor oluyorsun. Görüntüler, gözlerinin görebildiği yere kadar gidecektir. Düşünce, mevcut bilgi birikimine bağlı olarak, en rafine bilgilerle, Evren'in bir resmi üzerinde kafa yormaktadır."

İnsan düşüncesi ile alakası olmayan bu yabancı yapının içine bakarlarken, ilk başta, kendi başlarına, günün herhangi bir saatinde, çöl gökyüzünde görebileceklerinden çok da farklı olmayan bir manzara görmüşler. Güneş'in alevler içindeki diski manzarayı dolduruyor ama buradan, Dünya'dan hiç görülmediği kadar uzakta görünüp, daha şiddetli yanıyormuş. Doğrudan bakılamayacak kadar parlakmış ve görüş açısını da tamamen dolduruyormuş. Güneşin hemen yanında küçük bir küre asılıymış

ve Güneş'in alevleri arasında bir görünüp bir kayboluyormuş. "Merkür", demiş, fısıldayarak Haritacı, Ali'nin kulağına, "Güneş'in önünden geçiyor."

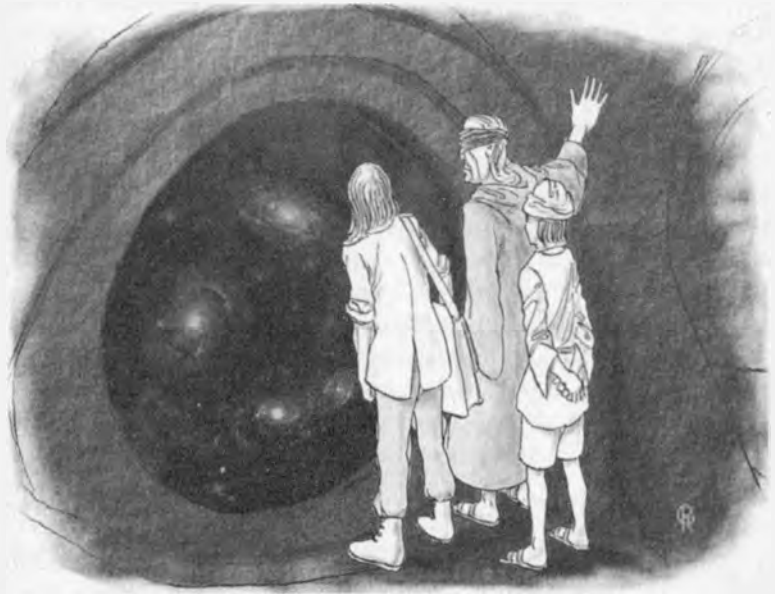
Düşünce Gözü, dikkatini Güneş'in diskinden başka bir yöne kaydırınca Güneş hızla küçülmeye başlamış ve gördükleri manzara hızla genişleyip, geriye doğru açılmış. Görüş açılarına, Güneş'in önünden sırayla geçen gezegenler giriyormuş. Venüs, tanıdık Dünya ve ardından küçük kızıl Mars görünmüş. Karmaşa halindeki küçük düzensiz asteroitlerden sonra, gaz devleri görülmüş; belirgin katı bir yüzeyi olmayan gezegenler. Devasa Jüpiter, üzerinde insanlık tarihi boyunca kesintisiz sürmekte olan ve kızıl bir leke olarak kendini gösteren, Dünya'nın kütlelerinden daha büyük bir alanı kaplayan kozmik fırtınasıyla kendini gösteriyormuş. Bir sonraki gezegen, olağanüstü halka takımları olmasa Jüpiter'in küçük bir hali olan Satürn'müş. Ardından Neptün ve Uranüs ve sonra da Güneş sisteminin terkedilmiş öksüzü olan Pluto gelmiş. Bu uzak, donmuş gezegenden bakıldığında, Güneş, gökyüzündeki diğer parlak yıldızlardan pek de farklı görünmüyormuş.

Birden, Düşünce Gözü'nün değişken dikkati başka bir yöne kaymış. Görüş açısı, dairesel bir yıldızlar kümesini ortaya çıkaracak biçimde geri çekilirken, yoğun yıldız dolu alan da küçülmüş. Samanyolu'nu andıran bir yıldız sisinin içindeki gök cisimleri o kadar fazlalarmış ki bulunan uzaklıktan puslu bir bulut olarak görünüyörlarmış. Milyarlarca ve milyarlarcası bu yavaşça dönen yapıyı meydana getiriyorlarmış. Yıldızların çoğunlukla mavi ve beyaz olarak parladığı bu yapının merkez kısmında büyük bir şişkinlik varmış ve bu bölgedeki yıldızların çoğu, belirgin biçimde sarı ve kırmızı renklerde görünüyörlarmış. Merkez diskin etrafında spiral bir yolu izleyerek uzaklaşan ve mavi-beyaz yıldızların ışığıyla parlayan kıvrımlı, dairesel bir sarmal görünüyörmüş. Genç yıldızların, çalkantı halindeki bu sarmalların içindeki gaz yoğun bölgelerden doğuşları izlenebiliyormuş. Galaksinin her yanına dağılmış olan ve daha soğuk toz yığınlarıyla kaplı devasa alanlar, Dünya'dan bakıldığında, Samanyolu'nun merkezini çevreleyen bir duvak gibi duruyormuş.

Galaksinin etrafında, ana gruba ilaveten küçük parçalardan oluşan küresel kümeler saçılmış ve her biri yüz binlerce yıldız-

dan oluşuyormuş. Bu manzarayı seyredenlerin, her nasılsa fark edebilecekleri büyüklükteki siyah alanlar da, galaksi diskinin içinde, etrafında ve daha ötelere uzanan bir biçimde gözlenebiliyormuş. Bu siyah madde, mikrodalga radyasyonu ile usulca parıldayan toz bulutlarının yarattığı gibi bir karanlık çıkartmıyormuş ortaya; tamamen *kapkaranlık* ve hiçbir frekansta radyasyon yaymayan alanlar olarak görülüyorlarmış. Kara alanlar kendilerini, galaksideki yıldızların hareketlerini etkileyen, onları galaksi merkezi etrafındaki yörüngelerinde tutan yerçekimleriyle ve etraflarında görünen yıldız yığınlarının ve kozmik tozların açıklayamadığı bir hızla hareket etmeleriyle gösteriyormuş.

Seyrettikleri bu manzaradan, bir ya da iki yerel istisna dışında tüm galaksilerin birbirlerinden uzaklaştıkları açıkça görülüyormuş. Galaksiler Dünya'dan ne kadar uzaktalarsa, o kadar hızlı hareket ediyorlarmış. Aslında, galaksilerin hızları, istisnai bazılarının genel uzaklaşma davranışına ters düşen ve baskın gelen kendi rastlantısal hareketleri hesaba katılmazsa, genellikle Dünya'dan uzaklıklarıyla doğru orantılı olarak artıyormuş. Ga-



laksiler onları içeren uzayın genişlemesiyle birbirlerinden ayrılıyorlarmış. Galaksiler ne kadar uzak görünüyorsa, bu uzaklaşma hızı da o kadar büyük oluyormuş ve ışığın, Evren'in uzak bileşenlerinden göze kadar gelmesi milyarlarca yıl aldığı için, tabii ki bu görüntü, geçmişe ait bir görüntü oluyormuş.

Düşünce Gözü, evrenin diğer parçalarına kafasına göre yoğunlaşırken başka manzaralar da belirmiş. Galaksi grupları ortaya çıkmış. Bunlardan bazıları ana galaksi gibi spiral döngüye, bazıları ise büyük ve belirgin bir özellikleri olmayan eliptik döngülere sahip galaksilermiş. Küçük bir grupsa çok düzensiz hareket ediyor ve devasa galaksiler arasında geçmişte olmuş ya da şu anda olan çarpışmaların izlerini taşıyormuş. Bir çift galaksi, Ali'nin özellikle dikkatini çekmiş. Bu iki dönen galaksi, çarpışan dairesel testerelerin dişlerinin birbirine geçmesi gibi iç içe girerken, aralarından uzun ve kıvrımlı yıldız ırmakları fışkırıyormuş.¹⁹

Düşünce'nin engin çeşitlemeleri tarafından ortaya konan görüntüleri izlerlerken, bir tuhaf oluşumdan diğerine geçip duruyorlarmış. Gördükleri arasında, türlü çeşit akrobatik hareketlerle açılan oluşumlar, muazzam süper nova patlamaları sonucunda ortaya çıkan saçıntılar varmış. Ortasında 'quasi yıldız' denen, küçük, yıldız benzeri nesneler olan uzak galaksiler görmüşler. 'Quasar' da denen bu nesnelerin, koskoca bir galaksinin etrafına saçtığı radyasyondan çok daha fazla radyasyonu tek başlarına yaydıklarına şahit olmuşlar.

Aktif galaksilerden birine daha yakından baktıklarında, merkezindeki korun, alıcı kuşlar gibi, kazara yakınından geçen bütün yıldızları içine çektiğini görmüşler. Bu çekirdekten her yönde yüzlerce ışık yılı mesafeye uzanan 2 tane parçacık sırası varmış ve bunlar neredeyse ışık hızıyla uzaklaşmaya devam ediyorlarmış. Bu gerçek bir Ölü Yıldızmış.

Düşünce'nin dikkati, özelden genele doğru kaymış ve uzayın gitgide büyüyen kısmına odaklanmış. Garip bir şekilde, galaksiler artık tek tek ayırt edilemiyor ve sadece galaksi grupları ve süper kümeler ayırt edilebiliyormuş. Uçsuz bucaksız boşluklarla

19. Bu mevcuttur ve aslında iki galaksinin çarpışmasıdır. Ortaya çıkan cisim "Antennae" olarak bilinir çünkü uzun yıldız ırmakları, iki kıvrık böcek anteni gibi görünürler.

ayrışmış kozmik nesne ağları, uzayın belirli bölgelerinde görülebiliyormuş. En büyük ölçekte bakıldığında, uzaydaki görünür madde, delik deşik olmuş bir sünger ya da en küçük dikişi yüz milyarlarca yıldız içeren birer galaksi olan geniş bir tülü andırıyormuş.

Tüm bu bölge boyunca kozmik arka plan radyasyonu akıyor, büyük bir patlamanın donmuş kalıntısı gibi süzülüp gidiyormuş. İlk başta, muhtemelen o da, en az bir yıldızın yüzeyi kadar sıcak ve parlakmış, ama Evren'in genişlemesi, bu radyasyonun dalga boyunu da genişletmiş, frekansını küçültmüş ve enerjisini düşürerek, artık aklın alamayacağı kadar soğuk bir hale getirmiş. Başlangıçta, besbelli uzayın tümünü yoğun biçimde dolduruyorken, etrafındaki uzayın inanılmaz biçimde genişlemesi sonucunda, her yönde eşit oranda akarak, göreceli olarak seyrelmiş olsa da, hala uzayı dolduruyormuş.

Ali, birden bu şaşırtıcı görüntünün aklının anlama kapasitesinden fazla olduğunu fark etmiş ve yavaşça Düşünce'nin gözünden geri çekilmiş. Odadan çıkıp da sıradan taş tüneller boyunca yürürken, onu oraya kadar getiren arkadaşlarını ardında, kendilerini gördüklerine kaptırmış bir halde bırakmış. Sonunda, bir köşeyi dönünce karşısına çıkan açıklıktan süzülen güneş ışığını görmüş. Tam o sırada, yuvarlanarak arkasındaki girişi kapatan kayaların gümbürtüsünü hem duymuş hem de hissetmiş. Arkasına döndüğünde, kendisini mağaraya davet eden taş suratla karşı karşıya gelmiş. Yuvarlanan kaya seslerinin önünde, taştan çehre alaycı bir edayla granit kaşlarından birini kaldırmış.

"Ee," demiş, "ziyaretinden hoşlandın mı? İçerisinde yaşadığın Evren'in ölçeği ve doğasını açığa vuran hazineleri keşfettin mi?"

"Evet, çok ilginçti," diye onaylamış Ali, ve sonra aklına takılan bir konuyu hatırlamış. "Yakınlardaki başka bir mağaranın kapı görevlisi olan bir akrabanız var mı?" diye sormuş, ümitle. "İçi tıka basa altınla dolu bir mağaranın kapısında duran biri, mesela?"

dördüncü masala giriş

“Artık size Evren’in doğası ve ölçeğini anlatmış bulunuyorum,” dedi Masalcı, kravatını özenle düzeltirken. “Görüş sınırimıza kadar Evren’i dolduran yıldızları ve galaksileri, galaksi kümelerini, bunların arasındaki büyük ağırları ve devasa boşlukları tanımladığımı düşünüyorum.

“Evren’in şu anda nasıl olduğu konusunda her şeyi anlatamamış olabileceğimi kabul ediyorum, ama onu şu anda nasıl görebildiğinizi tanımlamaya çabaladım ki bu çok farklı bir şeydir. Uzayın çeşitli uzak köşelerinden gelen ışık gözlerinize uzun gecikmeler sonunda ulaşır. Uzayın engin boşluğu korkutucu biçimde boştur; yalnızca birkaç damla madde ile doludur; yani yıldızlar ve galaksilerle. Bununla birlikte, üzerinde yaşadığımız bu yalıtılmış madde de o damlalardan biri olduğu için, onlarla ilgilenmemiz gerekiyor.

“Söz konusu Madde, yıldızları ve gezegenleri meydana getirdiği gibi bunların üzerinde yaşayan biz insanları da meydana getiren oluşumdur. Madde, büyük ölçekte, kütleçekim tarafından bir arada tutulur ve kütleçekim onun uzaydaki dağılımını ve hareketini kontrol etmede çok önemli bir rol oynar. Doğduğunda, muhtemelen sadece gazdan ibaret olan Evren’de, yıldızlar ve galaksiler halinde yoğunlaşma ve pıhtılaşma, kütleçekim sayesinde olur. Kütleçekim, bütün Evren’in biçimini belirler.

“Kütleçekim, Madde’ye nasıl hareket edeceğini ve ayrıca uzaya da nasıl büküleceğini söyler. Kütleçekim, katmanlar halindeki

UzayZaman eğrilerini oluşturmada ve bu katmanlarda yer alan yıldızlar ve gezegenleri orada tutmada etkin güçtür."

"Uzay nasıl bükülür?" diye sordu Rachel. "Boş uzayda hiçbir şey yoktur. Olmayan bir şeyi bükemezsiniz ki!"

"Hiç madde bulunmayabilir ama bu uzayın hiçbir şey olmadığı anlamına gelmez," diye yanıtladı Masalcı. "Uzay ve zaman, deneyim çerçevemizi şekillendirir. Dikkate almamız gereken sadece uzay değildir; havaya fırlatılan bir topun üzerindeki etkilerin bir bileşkesi olan UzayZaman çerçevesinde nasıl hareket ettiğidir de aynı zamanda. UzayZaman çerçevesi düz olsaydı, topumuz dümdüz bir çizgide hareket ederdi ama söz konusu çerçeve bükülmüştür ve topunuz da bu yüzden eğimli bir yol çizerek Dünya'ya gerisin geriye düşecektir.

"Bunlar, görebildiğimiz şeylerdir; topun Dünya'ya geri düşmesi; gezegenlerin Güneş etrafında eğilmiş yörüngelerde dönmesi gibi. Hepsi de bükülmüş bir UzayZaman'da kendileri için mümkün olan en doğrudan yolu izlemektedirler aslında. Uzaydan bakıldığında, bütün bu maddeleri düz yoldan saptıran bir kuvvet olması gerektiği görünür ve bu kuvvet de kütleçekim diye bildiğimiz çekim kuvvetidir.

"Sessiz durursanız, şimdi size 'Jack ve Yıldız Sırığı' masalını anlatacağım."

dördüncü masal:

JACK ve YILDIZ SIRIĞI

(UzayZaman ve kütleçekim)

Jack, inek Bossy'yi arkasından çekiştirerek köy yolunda yürüyormuş. Sadece çekiştirmek belki de doğru kelime değil; daha doğru konuşmak gerekirse, çitten çite, avare avare geziniyor, ineği de, bahçelerde bulunan çekici sebze ve maydanozlardan uzak tutmak için çabalayıp duruyormuş. Bir ara, omzunu ineğin kemikli ve hareketsiz arka kısmına dayamış onu itekleyerek yürütmeye çalışırken, bir ses duymuş.

"Ah, Günaydın, genç adam! Gördüğüm kadarıyla, inatçılığı dışında her bakımdan mükemmel bir sığır gibi görünen bu dört ayaklıyla biraz sorun yaşıyorsun."

Jack etrafına bakınmış ve arkasında saklanan, küçük ve tuhaf görünümlü yabancıyı görmüş. Birazcık yırtık pırtık giyinmiş olsa da zarif görünüyormuş. Başında, yer yer yeşile dönmüş silindir bir şapka, üzerinde benzer durumda bir redingot palto ve omuzlarında da birkaç uyumsuz yaması olan bir pelerin varmış. Jack, ineğin gerçekten tam bir sorun olduğunu kabul etmiş.

"Hayvanı alıp, karşılığında iyi para almayı umduğun uygun bir ticaret merkezine götürdüğüne kuşkum yok. Kabalık ettiğimi düşünme ama naçizane bir teklifte bulunmak istiyorum. Ne

yapacağı belli olmayan bu hayvanla, ite kaka, uzun bir yol kat edip, komşu yerleşimin ticaret merkezine kadar boğuşmak yerine, seni böyle bir angaryadan kurtaracak olan bir teklif yapma lütfen müsaade et."

"Pardon?" demiş, Jack.

"İneği satın almak istiyorum!" diye yanıtlamış, yeni tanıştığı tuhaf yabancı cevaben, lafı daha fazla uzatmadan.

Jack, önce emin olamamış. Dul annesi ona, Bossy'yi köy pazarına götürmesini özellikle tembihlemişmiş, ama diğer yandan da, önünde hala uzun bir yol varmış ve gitgide fena halde yoruluyor ve bıkiyormuş. Bu dost görünümlü adamın kurduğu uzun cümlelerden etkilenerken, Jack, ona kesinlikle güvenebileceğini hissetmiş.

"Bana ne kadar para verirsiniz, peki?" diye sormuş, kurnazca bir edayla.

"Ah, para; evrensel değişim vasıtası, toplumun aldığı mal ve hizmetler için ödeme yapma aracı. Bir malın varsa, onu parayla değiştirir ve sonra da bu parayı kendi istediğin başka bir şeyi almak için kullanmakta özgür olursun. Ama şunu söyle bana," diyerek, gayet dürüstçe bir eda ve üzerinde çalışılmış bir samimiyet gösterisiyle delikanlının gözlerine gözlerini dikerek bir soru sormuş: "Alışverişlerde aracıyı ortadan kaldırmayı hiç düşündün mü? Evet, her ne kadar istediğin bir şeylere sahip olmak konusunda para sana büyük bir serbestlik sağlıyorsa da," diyerek ve her ne kadar kulağa pek ikna edici gelmese de, dramatik bir çıkış yaparak sürdürmüş sözlerini, "sana istediğin malı sağlayabilecek birini bulman durumunda, malını onunla *değiş tokuş* eder miydin?

"Şöyle düşündün mü yani; para karşılığı almak istediğin herhangi bir malı, satmak istediğin mala karşılık kolayca sana sağlayabilecek başka bir düzen olsa, göreceli olarak bu sistem daha basit olmaz mıydı? Sahip olmayı isteyebileceğin her şeye, satmak istediğin malı elinden çıkardığın anda sahip olma seçeneğin olsa, düşünsene. Parayla değiştirmeye hazır olduğun bu güzel hayvan karşılığında sana..." Yabancı, çok etkileyici bir biçimde sözünün burasında durmuş ve cebinden küçük bir kese çıkarmış. "sana, içinde bir miktar kuark ve elektron bulunan bu keseyi verebilirim. Bunlarla *her şeyi* meydana getirebilirsin."



Jack biraz kuşkuya düşmüş, tabi. “Bu küçük kesenin içindekilerle, her neyse onlar, istediğim herhangi bir şeyi yapabileceğimden emin misin? Bu kuark dediklerin sihirli bir şeyler mi?”

“Benim sevgili çocuğum, şüphelerin beni sözü kısa kesmeye zorluyor. Aklına gelen her cismin kuarklar içerdiğini hiçbir şüpheye yer vermeksizin sana söyleyebilirim. Dolayısıyla, evet, tüm kuarklar kendilerince sihirlidirler ve eğer bunlar ihtiyacın olan ya da istediğin herhangi bir şeyi meydana getiremezlerse, benim adım da Kesin-Doğrucu John değil!”

“Seni adın gerçekten Kesin-Doğrucu John değil herald... AH!” Ufak tefek adam, Jack daha sözünü bitirmeden, elindeki gümüş topuzlu bastonla ona doğru bir hareket yaparken, kazayla baston Jack’ın alnına hafifçe çarparak, lafını kesmesine neden olmuş.

Jack, adamın yaptığı teklifle ilgili hala biraz huzursuzmuş. “Bu kese bana çok küçük görünüyor. Çok fazla çeşit meydana getirmeye yetecek kadar kuark ve elektronu içinde nasıl bulundurduğuna akıl erdiremiyorum, doğrusu.”

“Bu tür kuşkular, dünya hakkında teferruatlı bilgiye sahip olmayan saflardan beklenir ancak,” diye hayıflanmış, usta bir esnaf olduğu belli adam, kederli bir ifadeyle. “Miktar meselesi-

nin, kuarkların ikinci derecede öneme sahip bir özelliği olduğunu bilmen gerek. Kuarklar ve aslında elektronlar da, kesinlikle birbirlerinin aynıdırlar. Bir elektron bir diğer elektrondan mümkün değil ayırt edilemez. Belirli bir türdeki kuark da diğerlerinden ayırt edilemez. Bu kesedeki ve Dünya üzerindeki kuarkların birbirinden hiçbir farkı bulunmadığı gibi, Dünya'daki diğer herhangi bir kuark da, bu kesedeki kuarklarla aynıdır. Dolayısıyla, dünyanın bütün kuarklarının bu kesede olduğunu söylemek gayet akla yakın olacaktır. İstedğin şeyi karşılamaya yetecek sayıda kuark var, garanti ediyorum.”¹

Jack, bu açıklamadan oldukça etkilenmiş. Doğrucu John'un bütün söylediklerini tam olarak anlamıyorsa da, gayet ikna edici bulmuş. Sayıların önemli olmadığı konusundaki iddiayı pek anlamamış mesela. Bir ineğe sahip olmakla, iki ineğe sahip olmak arasındaki farktan kesinlikle eminmiş ve bu yüzden de kafasında oluşan güçlü bir şüphe varmış. Bununla birlikte, böyle ağzı iyi laf yapan biriyle tartışmak istemediği gibi, daha pazara kadar uzun bir yolu olduğunu da bildiğinden ve bu yolu gözünde büyüttüğünden, Bossy'nin ipini uysalca adamın eline tutuşturup, ineği kuark kesesi karşılığında değiş tokuş edivermiş.

Sonra da, bastonuna yaslanmış, bir eliyle mutlu bir şekilde bıyığını burarak gülümseyen Doğrucu-John'u ardında bırakıp, eve doğru yola koyulmuş. Bu sırada, John'un yardımcısı olduğu belli olan birisi de, ineği bitişikteki arazinin çitlerinden ayrılıp yola koyulmaya ikna etmeye çalışıyormuş. Jack eve vardığında, dul annesine olanları anlatmış, ama annesi, John'un oğluna verdiği vaatlerden pek fazla etkilenmemiş. Bir süre aralarında hararetli tartışmalar yaşanmış ve bu tartışmalar sırasında da kuark kesesi camdan dışarı fırlatılmış. Bu yoğun görüşmeden sonra ikisi de yorgun düşüp, mutsuz bir ruh haliyle yataklarına gitmişler.

Jack'in annesi, yatak odasının penceresinden dalgın biçimde dışarıya bakarken, bir yandan da bu şaşkın oğluyla nasıl başa çıkacağını düşünüyormuş. O sırada alacakaranlık hızla çöküyor ama önündeki ovada otlayan karanlık şekiller hala seçilebiliyor

1. Bu iyi bir iddia değildir. Mevcut olan kuarkların sayısı, gayet önemli bir özelliktir ve gerçek bu olduğundan, Doğrucu John'un söylediklerine inanmak pek akılcıca değildir.

ve bu gördüğü manzara onu sakinleştiriyormuş. Zaten ne zaman canını sıkan bir olay olsa, merhum kocası olan Batı İngiltere'nin sığır kralı Wurze MacDonald'dan kendisine miras kalmış olan bu sürülere bakmak, bütün sıkıntılarını alıp götürürmüş. Ah, evet! Jack'ın bu işin pazarlama kısmı için uygun olmadığı gayet açıkmiş ama şüphesiz, oğlunun yapabileceği başka işler de bulunabilirmiş.

Gece çökerken ve Jack ile annesi uykuya dalarken, dışarıda, gecenin karanlığında bir hareketlilik olmuş. Bu hareket, ilk başta algılanamayacak kadar küçük bir hareketlilikmiş. Kuarklar ve elektronlar atomları meydana getirmek üzere bir araya geliyor-muş. Giderek daha fazla atom oluşmaya başlamış ve yığın halindeki kütle kocaman olana kadar sürmüş, hatta o zaman da durmamış ve büyümeye devam etmiş. Peki bütün bunlar, Jack'ın kesesindeki kuarklar ve elektronlar mıymış? Kim bilir? Kuarkların ve elektronların tanınması imkânsız olduğundan, bu maddeyi oluşturanların hangi kuarklar olduğu bilinmese de, Doğrucu John'un söyledikleri gerçekten doğru çıkıyormuş. Ortaya çıkan kütle daha fazla, daha fazla ve daha fazla büyüyor, İngiltere Merkez Bankası'nın toplam servetinden ve hatta çok uzaklardaki Amerika'nın yarı efsanevi zenginlerinden Fort Know'un sahip olduklarından çok daha değerli dev bir altın külçesine dönüşüyormuş.

Maalesef, kesedeki kuarklar böyle bir şey yapmıyormuş, tabi.

Doğanın, kendine özgü kanunları vardır ve altın da, kendisine bizim attettiğimiz önem ne olursa olsun, doğada bulunan en basit ve temel elementlerden biridir. Ama Doğa, mücadele etmeyi, basit olandansa karmaşık olanla uğraşmayı daha çok sevdiğinden, kesedeki kuarklar ve elektronların oluşturduğu atomlar, bir süre sonra kendilerini organik bir oluşumun büyük ve karmaşık molekülleri halinde bir arada bulmuşlar. Ertesi sabah Jack perdelerini açıp dışarı baktığında, bir altın madeni görmek yerine, kökleri neredeyse tamamen evlerinin dört yanını sarmış olan, büyük, kıvrımlı bir ağaç gövdesiyle karşılaşmış. Bu devasa ağaç, evin damına kadar yükseliyor ve hiç durmadan, yukarılara, bulutlara doğru yükseliyormuş. Böylesine gökyüzüne yükselen bir merdiven, Jack için açıkça bir davetmiş ve hemen ona tırmanmaya karar vermiş. Daha yeni uyanmış olan annesiye oğ-



luna, aptalca bir şey yapmaması için yalvarıyormuş. Fakat bir süre sonra kadın, böyle bir masal kahramanına maceraya girmemesi için yalvarıp yakarmanın anlamsız olduğunu fark etmiş olmalı ki gidip bir çıkına yiyecek koyarak oğluna vermiş ve tırmanmaya başladığında da aşağıdan ona el sallamış.

Jack hiç durmadan tırmanmış ve yeryüzünden gitgide daha çok uzaklaşmış. Ayağının altındaki sert gövdenin ve yükselirken tutunduğu kıvrımlı filizlerin güven veren sağlamlığını hissediyormuş. Daha yükseklerle çıktıkça, özellikle de aşağıya

bakma akılsızlığını gösterdiğinde, yer çekiminin etkisini çok daha güçlü hissediyormuş ve her nasılsa, bu yüksekliklerde gövdenin sağlamlığı giderek önemini yitiriyormuş. Gökyüzünde bulutların olduğu seviyeye vardığında, kararlı biçimde onların içine doğru tırmanmaya devam etmiş. Nemli bulutların serinliği Jack'ın ürpermesine neden olduysa da bir süre sonra nihayet bulutların da üzerinde, güneş ışıklarını doğrudan aldığı bir katmana ulaşmış. Hala sonsuza kadar gökyüzüne yükseliyor gibi görünen bu inanılmaz bitkiye tırmanıyormuş. Artık taş ve toprağın sağlamlığı geçmişte kalmış bir tecrübe haline gelmiş ve yerçekimi kuvveti, Jack'ın kafasına daha çok takılır olmuş. Yukarı, daha da yukarı - iyi de, bu tırmanın bir sonu var mı? Nihayet, bu inanılmaz bitkinin en üst filizlerine ulaşan Jack, ağaçtan ayrılmak için adımını yan tarafa atmış - ama neyin üzerine? Gökyüzünde bu kadar yüksekte taş bir zemin olamazdı herhalde; bu kadarına aklı eriyormuş. "Varlığın daha yüksek düzlemleri" diye bir lakırdı duyduğunu hatırlamış ve belki de bunlardan birinin üzerinde durduğunu düşünmüş. Etrafına bakınmış.

Etrafta görecek pek fazla bir şey yokmuş. Manzara (eğer buna manzara denirse) gayet özelliksizmiş. Tepeler, ağaçlar, şırıldayan küçük ırmaklar yokmuş. Yakınlarda görünen tek şey ki onu fark etmemesine de imkân yokmuş, bu tıpkı Kral Arthur efsanelerindekileri andıran, muazzam, devasa bir kaleymiş. Jack,



kalenin uzun girişine doğru ilerleyip, yol kenarında, üzerinde "Dev'in Kalesi" yazan bir tabelanın yanından geçerek, kalenin kalkan köprüsünden yürümüş ve aralık duran devasa kale kapısından içeriye sızmış. Kapı girişinin her iki tarafına da notlar iliştilirilmişmiş: 'Lütfen ses yapmayın! - Düşünüyorum - Rahatsız Etmeyin!'; ve daha doğrudan bir diğer not: 'SESSİZ OL!' Elbette Jack, bunca yolu bir tabela yüzünden her şeyden vazgeçip geri dönmek üzere gelmediğinden, dosdoğru içeriye girmiş.

İçeriye girer girmez, kendini büyük bir ziyafet salonunda bulmuş. Ortada büyük bir masa ve etrafında pek çok insanın oturabilmesi için sandalyeler varmış. Ya da, belki bu kadar büyük olduklarından, insanlar için değıllermiş. Oda boş görünmekle birlikte, büyük masanın yüzeyi Jack'ın göz hizasına geldiğinden, odanın diğer ucunda ne olduğunu net olarak göremiyormuş. Masaya doğru yürümüş ve masanın başında, diğer sandalyelerden de büyük, oymalı bir koltuk olduğunu görmüş. Jack, koltuğu tam olarak göremediğinden, ilk bakışta onun da boş olduğunu düşünmüş ama sonra sandalyenin ortasına oturmuş ve bacaklarını yere değmeksizin sarkıtmış sallayan, tombul, küçük bir adam olduğunu görmüş. Büyük, yuvarlak gözlükler takıyormuş ve Jack ona yaklaşırken gözlerini fena halde ona dikmiş olduğu görülüyormuş.

"Kimsiniz?" diye sormuş, Jack. Adama direkt biçimde yaklaşmanın en doğru yöntem olduğunu düşünüyormuş. "Siz bir dev değilsiniz!"

Küçük adam, olduğu yerde doğrulup, koltuğun kenarlarından da etrafı görebilecek şekilde yükselmiş "Ah, ama öyleyim!"

diye cevap vermiş, hiddetli bir biçimde. “Ben bir Entelektüel Dev'im.”

“Yaa,” demiş, Jack. Buna verilebilecek güzel bir cevap yok gibi görünüyormuş, bu nedenle Jack konuyu değiştirmiş. “Bu kadar yüksekte yaşamaktan endişe duymuyor musunuz, Dünya'dan bu kadar yukarıda? Yerçekimi kuvvetinden korkmuyor musunuz?”

Göründüğü kadarıyla Jack, Dev'e yaklaşım konusunda kesinlikle doğru yolu seçmişmiş. Duydukları karşısında küçük adamın çatık kaşları yumuşamış ve konuyu açıklamaya başlarken de yüzü mutlulukla parlamış. “Aha, demek öyle düşünüyorsun? ‘Yerçekimi kuvveti’ dediğin zaman, buna istisna teşkil edebilecek bir sürü örnek verebilirim. Yerçekimi dediğin kuvvet, elektriksel çekimin yarattığı gibi bir kuvvet değildir.” Koltuğunda daha rahat bir konuma yerleşmek için kıpırdanmış. “Elektromanyetizma gibi bir etkileşime sahipsen, kuvvetlerin var demektir. Genellikle bunlar bir tür yüke, ki bu durumda elektriksel yüke bağlıdır, bu nedenle de yüklü cisimler arasındaki etkinin ortaya çıkarttığı kuvvetler olurlar. İki cisimdeki yüklere bağlı olarak, birbirlerini çekebilir ya da itebilirler.

“Şimdi, kuvvetle ilgili bilinmesi gereken şey,” diye devam etmiş, daha da rahat bir pozisyonda koltuğuna yerleşirken, “üzere etki ettiği her şeyi harekete geçirebilmesidir. Bir şeyi itersen, tabii ki hareket eder ve bir şey ne kadar ağırsa, hızlı hareket etmeye o kadar isteksiz olur. Bir çocuğun oyuncak arabasını itersen kolayca harekete geçirebilirsin ama bir tren vagonunu itersen, eğer yerinden oynatabilirsen, çok yavaş hareket edecektir. Cisimlerin harekete geçme biçimleri ne kadar ağır olduklarına bağlıdır. Aslında, bir şeyin hareket ettiği yön, ona etkiyen kuvvetin itici mi yoksa çekici mi olduğuna bağlı olacaktır ki elektriksel kuvvetlerde her ikisi de olabilir. Eğer çok istersen, yerçekimini de bir kuvvet olarak düşünebilirsin,” diye kabul etmiş sonunda, cömertçe, “Öyle bir kuvvet ki, şiddeti, etkileşime giren cisimlerin arasındaki uzaklığın karesi kadar azalan bir kuvvet; tıpkı elektriksel kuvvetlerde olduğu gibi. Gel gör ki, yerçekimi değişik bir kuvvettir. Elektriksel kuvvetler söz konusu olduğunda, bu kuvvetin şiddeti cismin taşıdığı elektriksel yüke bağlı olacaktır. Maddede zıt elektrik yükleri olabilir ve bunlar birbirlerini

büyük oranda yok ederler. Artı veya eksi yükler, aynı yüke sahip bir dış maddeyi iterken, zıt işaretli yükler de bir yandan onu çekiyor olabilirler ve böylece madde hiç elektrik yükü taşımıyor-muş gibi davranabilir.

“Yerçekiminde ise durum farklıdır, hem de çok farklı. Cisimlerin hepsi yerçekiminden etkilenirler. Etkileşimler arasında birbirini yok etme söz konusu değildir; o her zaman çekme yönündedir. Söz konusu cisimlerin hepsi de yerçekiminden aynı şekilde *etkilenirler*. Ne oldukları fark etmez, hepsi aynı yönde hareket edecek ve kütleleri ne olursa olsun, hepsi *aynı miktarda* hızlanacaklardır. Bazen daha hafif cisimlerin daha az etkilendiği görülebilir. Bir tüy, havadan yere, bir bilardo topundan daha yavaş düşecektir ama bu davranış farklılığının nedeni yerçekimi değildir. Hava yüzündendir. Bir şey havadan yere düşerken, havanın direnci düşen cismin üzerinde bir kuvvet uygulayacak ve bu da tüy gibi bir cismi, bilardo topuna göre çok daha fazla etkileyecek ve onu daha fazla yavaşlatacaktır. Gördüğün gibi yerçekimi, diğer kuvvetler gibi, cisimleri kendi başına hızlandırmaya, yani cisimlere ivme kazandırmaya yol açan bir kuvvet değildir, çünkü özü ivmenin ta kendisidir; yerçekimi her cisim için aynı olan bir ivmedir.

“Şu koltuktan inmemi yardım edersen,” demiş birden bire uzun açıklamasına kısa bir ara vererek, “ne demek istediğimi göstereceğim. Jack, adamın otururken ayaklarının yere değmediğini gördüğü için, oradan aşağıya inme işini ancak yardım alarak yapabileceğinin farkındaymış. İkisinin az bir çabasıyla, hantal da olsa, Entelektüel Dev sonunda güvenli bir biçimde yere inmiş. İner inmez de, Jack’ı salondan çıkarıp, koridordan geçirerek, bir avluya götürmüştü. Yolda da, koridor boyunca sıralanmış bazı uzun şekiller göstermiş. Jack ilk başka bunları dekoratif şövalye silahları gibi algılamış ama belirgin hiçbir özellikleri olmadığından hiç de dekoratif de-



ğillermiş. Şaşırtıcı olansa, bu cisimlerin önlerinden geçerlerken sırayla duvardan ayrılıp efendilerinin peşi sıra dışarı doğru onu takip etmeleriymiş.

Avlunun ortasında pürüzsüz, kare bir alan varmış. Gerçekten çok pürüzsüz görünüyormuş; Jack, buraya ne tür bir sıva uygulandığına akıl sır erdirememiş. Dev, bu alanı işaret ederek, “İşte sana sürtünmesiz bir yüzey,” demiş. “Böyle yüzeylerle pek sık karşılaşmazsın çünkü çoğunlukla, ayaklarınla, üzerinde durduğun yer arasında, kolayca kaymanı önleyen bir takım atomik etkileşimler vardır. Eğer böyle olmasaydı, yürümen çok zor olurdu. Bu alana adım at ve ne demek istediğimi gör.”

Jack, kolayca tahmin edilebileceği üzere, her söylenene çabucak kandığından, hemen kendisine söyleneni yapmış. Alana doğru bir adım atmış ve hareketlerinin kontrolünü tamamen kaybettiğini görünce de şaşkına dönmüş. Bu yüzey için sadece ‘kaygan’ demek, durumu çok küçümsemek olurmuş. Ayağı hiçbir dirençle karşılaşmıyormuş. İleri atılamıyor, dönemiyor ya da dengesini kurmak için iki ayağını birden yere basamıyormuş. Kaygan zemine adımını attığı anda ileriye doğru yaptığı hareket hangi hızdaysa, bu hız, avluda çılgınca kayarak ilerlerken, ellerini kollarını sallamasına ve acayip hareketler yapmasına rağmen hiç değişmiyormuş. Pürüzsüz alan boyunca, hızında hiçbir sapma ya da değişiklik olmadan, alanın diğer tarafında suratsız olmayan hizmetkârlardan biri tarafından yakalanana kadar dümdüz ilerlemiş.

“İşte bu, uygulama kuvvetleri olmadan nasıl hareket edeceğinin resmidir,” demiş, entelektüel rehberi, pürüzsüz alana basmadan avlunun kenarında dikkatlice karşı tarafa geçerken. “Şüphesiz, senin de gözlemlediğin gibi, avlu boyunca, ilk başladığın durumun neydiyse, aynı hareketle devam ettin. Bu durum, düz ve sürtünmesiz bir yüzeyde hissettiğin haldi. Üç boyutlu düz bir uzayda da, kesinlikle bunun aynısı olur. Üzerinde hiçbir kuvvetin etkisi yokken, hareketine ne yöne doğru başlamışsan, hızında hiçbir sapma ya da değişme olmadan, başladığın yönde hareket etmeye devam edersin. Uzay boşluğunda, uzay geminden dışarıya atlarken dikkatli olmalısın çünkü yönünü döndürüp geri gitmenin imkânı yoktur. Düz bir uzayda olan şey budur,” diye vurgulamış.

“Düz uzay da nedir?” diye sormuş, Jack, ‘uzay uzaydır, düzü eğrisi mi olur’, diye düşünerek.

“Düz uzay, bükülmemiş bir uzaydır,” diye cevap vermiş, Entelektüel Dev ama bu açıklama Jack için pek de tatmin edici olmamış. Dev, avlunun yan tarafındaki kapıyı açıp Jack’ı içeri götürürken, “Buraya gelirsen sana daha fazlasını açıklayabilirim,” diye devam etmiş. Jack ise o sırada daha fazlasını değil, hiçbir şeyi açıklamamış olduğunu düşünüyormuş ama yine de kapıdan içeri girmiş.

Kendisini küçük, penceresiz bir odada, daha doğrusu, bir dolapta bulmuş. Etrafta hiç mobilya yokmuş ve aslında mobilya için de çok az yer varmış. Odanın birbirine bakan iki duvarı arasında yoğun biçimde gerili kalın, yumuşak ipler ve bu iki duvarın arasındaki duvarda da üzerinde düğmeler bulunan bir panel varmış. Bunların dışında oda tamamen boşmuş. Rehberi Jack’ın arkasından odaya girmiş ve kapı kapanırken de, paneldeki düğmelerden birine basıvermiş. Birden bire odanın zemini aşağıya kaymış ve Jack öylece havada asılı kalmış.

Jack, şaşkınlık içersinde olduğu yerde fırıl fırıl dönerken kendisini odanın ortasında, havada süzülürken bulmuş ve yavaşça karşısındaki duvara doğru yaklaştığını idrak etmiş. “Yerçekimine ne oldu, niye düşmüyorum?”

“Öyle deme, düşüyorsun - içinde bulunduğun kutu da düşüyor. Yerçekiminin etkisiyle serbest düşme yapıyorsunuz ve bu nedenle de yerçekimini hiç hissetmiyorsun. Serbestçe yer çekiminin seni götürdüğü yere gidiyorsun, tıpkı etrafındaki her şey gibi. Her şey aynı biçimde düştüğü için de, sana hiçbir şey düşmüyormuş gibi geliyor çünkü etrafında sana göre hareket eden hiçbir şey yok.” Yol göstericisi konuşurken Jack, uzaktaki duvara ulaştığında oradan yavaşça geri sekmiş ve tekrar zıt yönde sürüklenmeye başlamış.

“Sıkı tutunmanı öneririm!” demiş Jack’ın rehberi, aniden anlatımını keserek. Jack hemen iplere tutunmuş ve birden, az önce



karşısında duran, şimdiyse ayaklarının altındaki zemin haline gelmiş olan duvara yapışmış. Kendisini, annesinin bütün inek sürüsü tepesine oturmuş gibi hissediyormuş. Neyse ki kendi vücut ağırlığının üzerindeki etkisi fazla uzun sürmemiş ve yeniden kendisini havada süzülür vaziyette bulmuş.

“Hissettiğin gibi, yalnızca hareket yönümüzü değiştirdik. Tekrar serbest düşme halindesin ama bu durumun, seni dışarıdan izleyen bir seyirciye öyle görünmeyebilir. Bak!” Dev, denetim panelindeki başka bir düğmeye basmış ve ilk başka zemin olan ama şimdi kutunun ne yukarısı ne de aşağı olduğu belirsiz bir tarafındaki kepenk yana kaymış. Kepengin ardında beliren pencereden, Jack Dünya’nın yüzeyini görebiliyormuş. Okyanus, kıyı, küçük şehirler ve tarlalar, hepsi de kesintisiz uzak bir görüntü halinde pencerenin önünden geçiyormuş. “Hala düşüyoruz, ama daha önce olduğu gibi dosdoğru Dünya’ya doğru değil, dünya yüzeyine paralel ilerliyoruz ya da aslında sürekli düşerken, yanlara doğru hareket ediyoruz. Dünya’nın etrafındaki bir yörüngedeyiz. Hızımız bizi Dünya’dan uzaklaştırma eğiliminde ama bir yandan da düştüğümüz için izlediğimiz yol aşağıya doğru bükülüyor böylece de dairesel bir yörüngede hareket ederken ne dünyadan uzaklaşıyor, ne de yakınlaşıyoruz. Bizi tekrar başlangıç noktamıza getirecek, oldukça alçaktaki hızlı bir yörüngedeyiz. Normalde, Dünya yüzeyine bu kadar yakın bir yükseklikte yörüngede dolanmak mümkün olmazdı çünkü hava direnci bizi yavaşlatırdı, ama bir teorisyen olarak, hava direncini yok saymayı başardığım için bu tecrübeyi yaşayabiliyoruz.

“Şimdi kolla kendini!”, diye bağırmış, Dev, aniden. Bir kez daha Jack duvara çarpmış ama bu sefer diğer duvara... Üzerine baskı yapan kuvvet bir süre devam ettikten sonra, bu sefer başka bir kepenkle kaplı zeminde durduğunu fark etmiş. “Artık düşmüyoruz,” demiş, ev sahibi. “Ayaklarında hissettiğin kuvvet, ayakkabılarındaki atomlarla etkileşime girmiş olan zemindeki atomlardan geliyor. Bu da senin yer çekiminin istediği yönde gitmeni engelliyor, ama hissettiğin kuvvet bu atomlardandır, yerçekiminden değil.”

O sırada, odanın kapısı kayarak açılmış ve bomboş, biçimsiz bir odaya çıkmışlar. “Seni birazcık yanlış bilgilendirdim,” diye itirafta bulunmuş, Jack’ın rehberi. “Düz ya da bükülmüş olan

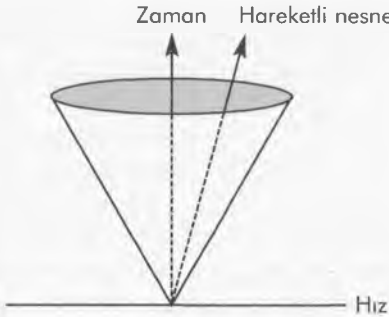
yalnızca uzay değildir; UzayZaman'dır." Jack, kendisinden beklenen soruyu sormaya kalmadan, Entelektüel Dev devam etmiş: "UzayZaman'ın ne olduğu hakkında bir şeyler söylemem gerek, elbette; düz mü bükülmüş mü? İşte bu nedenle de seni, bütün bunları görselleştirebileceğimiz bir yere getirdim. Işık konisine bak!"²

Önlerinde, sanki uzayın tüm enginliği düz bir alana sıkıştırılmış gibi görünen bir yüzey ve bunun üzerinde, yukarı doğru yükselen, pek de uzay gibi görünmeyen, büyük bir koni görünüyor ve düz zeminin altında yer alan tamamlayıcı başka bir koniye eşlik ediyormuş. Koniler, gözden uzaklara kadar uzanan ince birer çizgi olan eksenlere sahipmiş.

"Bu, zamanın yönüdür. Çeşitli bakımlardan, uzayda yer alan başka bir boyut gibidir, ama kesinlikle uzayın *aynısı* değildir."³

IŞIK KONİSİ

Işık konisi 'Prens ve p' hikâyesinde tanıtılmıştı, ama size onu tekrar hatırlatmakta fayda var. Uzayın üç boyutunu ve bir ilave boyut gibi görülebilecek zamanı betimlemeye çalışan kavramdır. Dört boyutlu bir şekil çizmek imkânsız olduğundan, üç boyutun yalnızca ikisi gösterilerek, zaman işin içine sokulur.



2. Düz UzayZaman'daki ışık konisi ilk hikâye olan 'Prens ve p'de anlatılmıştır.
3. Matematiksel gösterimde zaman ekseninin hayali olduğu söylenir. Yalnızca garip "i" (-1'in karekökü) çarpanını içeren teknik matematiksel hesaplamalarda ki gösteriminde hayalidir. Zaman, elbette ki çok gerçektir.

Işık konisi, uzayda genişleyen küresel bir alanı tarif eder ve ışığın başlangıcından bu yana, zaman içinde nasıl hareket ettiğini gösterir. Akla yatkın biçimde çizime dökülebileceğiniz yegâne yol, zaman içerisinde ilerledikçe genişleyen bir daire ve yolu boyunca taradığı konik alan olacaktır. Bir koniyi kâğıt üzerine çizdiğinizde bile, onu kesit halinde çizmek zorundasınızdır.

Zaman eksenine doğru eğimli olarak görülen doğru, hareket eden cismin kendi zaman eksenini temsil eder. Cismin kendi zaman eksenini uzaya biraz benzer çünkü farklı zamanlarda farklı konumlarda olur. Bu tarif, hareketin oldukça temel bir tanımıdır.

Işık hızında hareket eden herhangi bir cismin izleyeceği yol, ışık konisi boyunca olur. Hiçbir şey bundan hızlı gidemez.

“Evrenimizi meydana getiren Madde, hem uzayda hem de zamanda tanımlanmak zorundadır. Cisimler yalnızca var olmazlar, ayrıca etrafta hareket ederler ve hareketlerinin karmaşıklığı çevremizde gördüğümüz tüm varlıklara zenginlik katar. Bu bakımdan, bir cisim var olacaksa, var olacağı bir zamana ihtiyacı vardır. Cisimlerin hareketleri engelli ve sınırlıdır ve de ışık konisi işte bu sınırları gösterir. Herhangi bir cismin hareket edebileceği bir en yüksek bir hız vardır. Bu, genellikle ışık hızı olarak adlandırılır ama bu özel hızın, aslında ışık ile hiçbir özel ilgisi yoktur. UzayZaman’ın kendisinin bir özelliğidir ve ışık, herhangi bir cisim için mümkün olan en yüksek hızla hareket eder.

“UzayZaman’ın buradaki gösteriminde, eğimli çizgiler hareketli cisimleri gösterir. Bu çizim, cisimlerin farklı zamanlardaki konumlarını gösterdiği için, eğimli bir çizginin zamanla konumu değişen bir şeyi temsil ettiği anlaşılır; yani hareket ettiği. Dikey eksenle dar açı yapan bir eğim, yavaş hareket eden bir cisme aittir. Eğim arttıkça, hız mümkün olan en büyük değere, ışık hızına ulaşana kadar yükselebilir ve ışık hızındaki hareket, ışık konisinin tüm çeperindeki sınırda gösterilir. Hiçbir şey bundan daha hızlı gidemez, hiçbir şey ışık konisinin dışına çıkamaz.

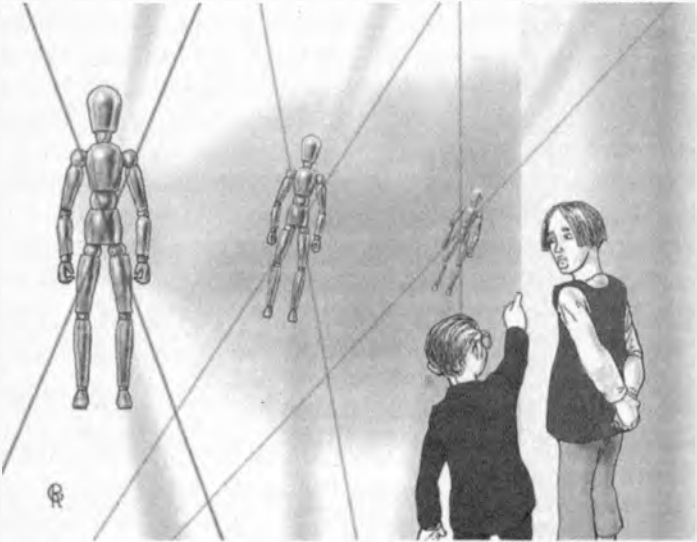
“Bu çizim, her biri hem uzayda hem de zamanda tanımlı olayları gösterir. Bu durum, belli bir bakış açısına göre ya da *senin* bakış açısından UzayZaman’dır.” Parlayan koni aniden

Jack'ın üzerine odaklanacak şekilde hareket etmiş. Şimdi koniler, kendisinin bulunduğu yerde duruyor ve zaman eksenini *on-dan* başlayarak genişliyormuş.

"Şimdi senin olan bir ışık konin var, seni ilgilendiren tek koni bu. Kendi, kişisel, 'burada ve şimdi'nin ortasın. Üst ışık konisi boyunca da, gelecekte yaşama olasılığın olan tüm olaylara yer vardır. Işık konisinde sen, tam bu andayken, kendine ait bulunabileceğin tüm pozisyonların görüntüsünü izleyebilirsin ve senden yansıyıp, uzayın muazzam büyüklüğü içinde küresel olarak genişleyerek dağılan ışık, bu an ile kesişir. Alt ışık konisinde ise geçmişinin olası olayları vardır ve alt koninin yüzeyinde, ışıkları sana *şimdi* ulaşabilen tüm olaylar yer alır."

O sırada, Entelektüel Dev'in suratsız olmayan hizmetkârlarından biri sessizce yaklaşmış az ötelinde durmuş. Onun bulunduğu yerde de bir çift ışık konisi genişliyormuş. "Senin yanında duran başka bir gözlemci de kendi ışık konisine sahip olacak ve bu koni seninkinden biraz farklılıklar içerecektir çünkü senin konumun, bu gözlemci için olayların merkezinde olmayacaktır."

Diğer metalik şekiller de onlara doğru yaklaşarak, bir daire oluşturacak şekilde etrafa yerleşmişler. Her birinin, Jack'ın kişi-



sel gelecek ve geçmişini gösteren ışık konileri gibi kendi Uzay-Zaman'ları varmış. Daha uzaktaki şekillerden gelen konilerin kenarları, daha yukarılarda kesişiyor, bu durum da, o cisimlerin Jack'a ulaşmasının daha fazla zaman alacağını gösteriyormuş.

"Aranızda hiçbir göreceli hareket yoksa, zaman eksenleriniz aynı yönde olacağından, herhangi hareket halindeki bir cismi, hepiniz aynı hızda hareket ediyor olarak göreceksinizdir."

"Bence de öyle," demiş Jack, geçiştirircesine. "Ne de olsa zaman zamandır. Herkes için aynı olduğu belli." Her ne kadar Jack, kolayca etki altına alınabilecek biri olsa da, bu konularda kendi algılamalarının olduğunu da biliyormuş.

"Ama aslında, ışın özü öyle değil," diye düzeltmiş kendisine eşlik eden akıllı dev. "Hareketli bir gözlemci, hızı ve hatta zamanı bile senin bakış açındakinden farklı algılayacaktır.⁴ UzayZaman farklı gözlemciler için farklılıklar gösterir. Bizi burada ilgilendiren diğer bir durum da, UzayZaman'ın kütleli varlığından nasıl etkileneceğidir. UzayZaman ve Madde, birlikte Evren'e gömülü haldedirler ve her biri diğerini etkiler. Bir Güneş, hatta bir gezegen gibi büyük kütleler, uzay ve zaman ağını kendisine doğru çekerek, ikisinin birden bükülecek şekilde bozulmalarına neden olur. Şimdi, yakınlarda büyük bir kütle varken neler olacağını inceleyelim."

Entelektüel Dev'in en ufak bir düşüncesi bile kanun olduğu için -ki bu gösterim salonu da bunu kanıtlıyormuş-, uzaklarda büyük bir şekil belirivermiş. Bu şekil, Dünya gibi bir gezegenin varlığını gösteriyormuş ama küresel değilmiş. Üç boyutlu uzay zamanın daha açık biçimde gösterilebilmesi için iki boyuta indirgendiğinden, gezegen, uzayda bir çember şeklinde görülüyormuş. Bu şekil geçmişten geleceğe uzanan zaman eksenini boyunca değişmediğinden, UzayZaman'ı kendisini uzun bir silindir olarak gösteriyormuş. Bu kütle resme girdiği zaman, Jack, diğer şekillerin her birine ait olan ışık konilerinin ona doğru biraz eğildiğini fark etmiş. Eğilmenin açısı, gezegene yakın olan yerlerde daha da artıyormuş.

"Dediğim gibi, ışık konisi, Dünya piyesinin sahnelendiği birleşik uzay ve zaman demek olan UzayZaman'ı göstermenin bir

4. Hareketli çerçevelerden bakıldığında uzayın ve zamanın bozulmasına ilk hikâyede değinilmiştir, "Prens ve p."

yoludur," demiş Jack'ın akıllı kılavuzu, kendini beğenmiş bir edayla. "Tamamen boş bir sahne değildir ve UzayZaman bu piyeste kendine düşen rolü oynar. Rahatsız edilmemiş maddenin hareketsiz olmasının doğal olmasını bekleyebilirsin, ama üzerinde düşündüğünde bunun anlamsız olduğunu göreceksin, çünkü 'neye göre hareketsiz?' diyeceksin. Mutlak hareketsizlik diye bir şey yoktur. Tüm hareketler görecelidir ve hiçbir şey mutlak olarak durağan olma ayrıcalığına sahip olamaz. Madde kendi başına bırakılırsa, muhtemelen hareket ediyor olarak görülecektir. Pek çok gözlemcinin bakış açısından ise, kesinlikle hareket ediyor olacaktır.

"Söyleyebileceğin şey, yapabildiği kadar düz bir çizgide ve sabit bir hızla hareket etmenin maddenin doğasında olduğudur. Az önce, avlunun sürtünmesiz merkezinde hareket ettiğinde, sabit bir hızla düz bir çizgide hareket ediyordun ve odanın duvarları olmasaydı, tüm sürtünme biçimlerini yok saydığımız sürece durmadan yoluna devam ederdin. Ve ben, sürtünmeyi yok saymak konusunda çok tecrübeliyimdir," diye eklemiş.

"Sürtünmesiz yüzey Dünya'nın yüzeyinde olsaydı, sabit bir hızla hareket ederdin ama bu hareket mutlak bir düz çizgi boyunca olmazdı. Dünya bir küredir ve bu nedenle eğri bir yol izlemen gerekir çünkü üzerinde hareket ettiğin yol eğridir. Dünya üzerinde izleyebileceğin en düz yol 'büyük çember' olarak adlandırılır ve tüm dirençleri tamamen yok sayarsan, bu 'düz çizgi' seni sonunda başladığın yere getirebilir." Beyin jimnastiği yaparcasına konuşan Entelektüel Dev, tatmin olmuş bir edayla bir süre durmuş ve sonra yine sözlerine devam etmiş.

"Muhtemelen Dünya'nın eğri olduğunu kolaylıkla görebildiğini düşünüyorsun ama yine de boş uzayın da eğimli olduğu konusunda ikna olmuş değilsin. Ne de olsa, orayı eğri gösterecek bir sınırı yok. Bu soruya verecek birkaç cevabım var." Jack da zaten, devin bu konuda da en az bir cevabı olduğundan korkuyormuş. "Dünya'nın yüzeyinin yuvarlak olduğu, bütün zamanlarda o kadar belirgin değildi. Bu konu Antik Yunan'da açıkça gösterilmiş olsa da, çok daha sonralara kadar genel bir bilgi haline gelemedi ve hala onu reddeden insanlar var. Diğer yandan, eğri olan yalnızca uzayın kendisi değildir: UzayZaman'dır da; maddenin nasıl hareket edeceğini ve gelişeceğini

denetleyen birleşik uzay ve zaman. UzayZaman içinde etkinlik çok bağımsız biçimde geliştiğinden asla durağan bir sahne değildir; aslında UzayZaman, maddeye hareket etmesini söyleyen etkendir. Madde de UzayZaman'a nasıl büküleceğini söylediğinden, aslında bu ilişki karşılıklıdır. UzayZaman'ı bükten maddenin varlığıdır ve kütle arttıkça bu bükülme de o kadar artar.⁵ Yerçekimi dediğin şey işte bu eğriliktir," diye bitirivermiş sözlerini.

KÜTLEÇEKİMİ VE EĞRİ UZAYZAMAN

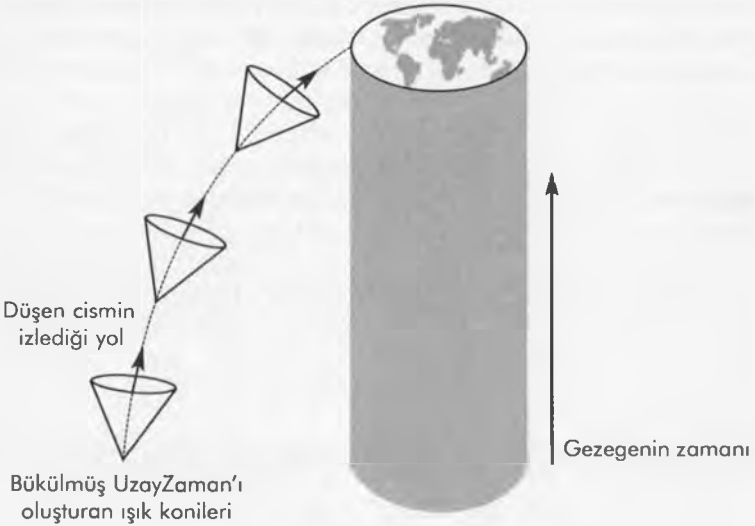
Newton, uzayı düz olarak gördü; 'Öklid Uzayı' olarak yani. Bırakın dört boyutlu UzayZaman'ı, garip geometrileri üç boyutta zihinde canlandırmak bile hiç kolay değildir. İki boyutta, Öklid Düzlemi düz bir kâğıt gibidir. Dünya'nın yüzeyi gibi bir yüzeyi iki boyutlu eğri bir yüzey olarak zihinde canlandırmak nispeten kolaydır. Dünya'nın yüzeyi üzerinde mümkün olduğu kadar düz bir çizgide hareket etseydiniz, Dünya etrafından dolanarak sonunda aynı noktaya dönerdiniz.

Newton, hiçbir kuvvet yokken, bir cismin sabit hızla düz bir çizgi üzerinde hareket edeceğini söylemiştir. Gezegen gibi cisimler de, olabildiğince düz bir çizgi üzerinde hareket ediyor olmalıydı ama eğri UzayZaman'da bu durum, Güneş'in etrafındaki bir yörüngede hareket ettikleri anlamına geliyordu. Newton'ın görüşü, Güneş gibi dev bir kütlenin, etrafındaki yörüngelerde dönen gezegenlerin yolunu bükten bir kütleçekim kuvvetine sahip olmasıydı. Einstein'ın görüşü ise, kütlenin varlığının UzayZaman'ın yapısını bozması ve gezegenlerin aslında, bu eğri UzayZaman'da mümkün olan en düz yolu izledikleri yönündeydi.

Aşağıdaki şekil, bir gezegenin etrafındaki UzayZaman'ın bozulmasının, düşen bir cismin hareketini nasıl etkileyeceğini gösteriyor. Cisim kendisini hareketsiz görürken, geleceğe doğru hareket etmektedir. (Kendinizi hiç kendinizden uzaklaşır ya da kendinize yaklaşır olarak görmezsiniz, ama Dünya'nın yüzeyi gibi diğer bir cisim size doğru hızla geliyor olabilir.) Bununla birlikte, mese-

5. Neden böyle? Güzel soru. Bilmiyorum. Ama böyle olduğu görülüyor.

İla bir gezegen üzerinde durmuş, olanlara dışarıdan bakan bir gözlemci, cismin UzayZaman'ını eğilmiş olarak ve bu nedenle de zamanla konumunu değiştiriyor biçimde görürdü. Cisim, hareket ediyor olarak görünürdü yani.



(Açılar 1 milyon kez büyütülmüştür)

Bir gezegenin etrafındaki bükülmüş UzayZaman grafiğindeki eğim, yani gözlemlenen hız, cisim gezegene doğru hareketini sürdürdüğü müddetçe artacaktır. Bu artış, yerçekimi ivmesi olarak görülür. Dünya'nın etrafındaki UzayZaman'ın bükülmesi oldukça küçüktür ve bu nedenle ışık konilerinin eğilmesi de çok küçük olur. Olup biteni grafik olarak izleyebilmek için, dikey ölçeğin bir milyon kat büyütülmesi gerekir.

"Ama bu nasıl olabilir?" diye karşı çıkmış, Jack. "Yerçekimi, düşen bir cisimi hızlandırdıkça hızlandırır. Burada UzayZaman'ın bükülmesi nerede ki?"

“Sana göstermeye çalışacağım. Daha önce benim sadık hizmetkârlarım tarafından temsil edilen bir dizi sanal gözlemci gördün. Her biri sırasıyla, gezegen gibi büyük bir kütleye bir öncekinden daha yakın konuma geldi ve böylece yakın olanın ışık konisinde büyük kütleye doğru biraz daha bükülme oluştu. İşte bu durum, uzayın nasıl eğrildiğini gösterir. Büyük (ama belirgin biçimde sakin) bir okyanus üzerinde bir dizi gemin olsaydı, Dünya’nın eğriliği üzerinde gezinirlerken, her birinin direği, iki yanında yol alan diğer gemilere göre biraz eğilmiş görünecektir. Çünkü ancak bu durumda bütün gemilerin direkleri dosdoğru gökyüzünü gösterir olabilir. Söylediğim örneği nasıl göreceğini gözünün önüne getir bakalım. Her bir gözlemci için kendi ışık konisi de dosdoğru yukarıyı, yani geleceği gösterecektir. Bütün ışık konilerinin aynı geleceği göstermeleri için uzayın düz olması gerekirdi. Oysa diğer bütün ışık konileri, bakılan yerin ışık konisine göre biraz bükülmüş görünürler. Gözlemcinin kendisi yerçekimini hissetmez. Onu, dışarıdan gözlem yapan diğer insanlar fark eder ve sen de dışarıdan bakan bir gözlemci olarak, o insanlardan birisin.

“Büyük bir kütleye senden daha yakın olan başka birini gözlemlediğinde, ışık konisinin bükülmüş olduğunu göreceksindir. Onun bakış açısından durum öyle görünmeyecek ama senin için öyle görünecektir. Görecelik hakkında bilinmesi gereken en önemli kural, onun da göreceli olduğudur. Zaman geçerken neler olduğunu gözlemlediğinde ve gözlemlediğin şeyin, sadece onun kendi zamanı değil, *senin* zamanın da olduğunu unutmalısın. O kendi zamanında, belki de hareketsiz duruyordur ama senin perspektifinden onun zaman eksenini sana doğru eğilmiştir.⁶ Bu nedenle onun hareketsiz durumdan çıktığını ve giderek hızlanan bir biçimde uzaklaştığını görürsün. Bir yerçekimi ivmesinin onu hızlandırdığını söyleyerek, ne gördüğünü gayet iyi bir biçimde tanımlayabilirsin.

“Zamanın ilerledikçe, hareket eden cismin hızının arttığını görürsün. Cismin kendisi ise olayları farklı görecektir. Kendi zaman ve konumunda, daima hareketsiz olduğunu bilecektir. Gel bak da, kendin gör! Ama akıllıca hareket etsek iyi olur çünkü cisim giderek uzaklaşacak.” Entelektüel Dev, Jack’la birlikte en

6. Tüm bu şeyler boyunca dört boyutta düşünmeyi hatırladığınızı umuyorum.

yakındaki heykele benzeyen gözlemciye doğru ilerlemiş. Önce-leri heykel onlardan gitgide artan bir hızla uzaklaşmışsa da sonunda yetişmeyi başarmışlar. Kısa sürede sonra gözlemcinin konumuna varmışlar ve Jack, daha önce kendisinin olan ışık konisini şimdi biraz eğilmiş görüyor, zaman ekseninin yerel geleceğe doğru yükseldiğini fark ediyormuş.

“Gördüğün gibi, bu noktaya geldiğinde, herhangi bir gözlemci kendisini duruyor olarak algılayacaktır.” Yanlarındaki metalden yapıma gözlemciyi işaret ederek, “İşte bunun gibi,” diye eklemiş. “Nerede olursan ol, kendini hiçbir kütleçekimi kuvvetinin belirtisinin görülmediği, durağan, normal bir ortamda görürsün. Etrafa bakarken, diğerlerinin sana göre hızlandıklarını görebilirsin ama bu başkasının sorunudur, öyle değil mi? Dünya’nın yüzeyinde dururken, yerçekimi kuvvetini hissettiğini düşünebilirsin ama aslında hissettiğin, Dünya’nın kendisi tarafından üretilen çekim kuvvettir. Dünya seni ayaklarından kendine doğru çekiyor gibidir. Maddenin katı bir formda kalmasını sağlayan atomik kuvvetler, senin de serbest hareket yapmana karşı koyarlar. Eğri bir UzayZaman boyunca, iki nokta arasındaki en düz yolda hareket etmene engel olurlar. ‘Serbest düşme’ yapıyorsan, kendi zamanın ve uzayında durağansındır ve diğer herkes hareket ediyordur. Normal uzay ve zaman görünümünün nasıl olduğuna bir bak!”

O sırada, Jack’ın önündeki engin UzayZaman simülasyonu yavaşça gözden kaybolmuş ve kendisini daha büyük bir manzaraya bırakmış. Şimdi, simsiyah boş bir uzay her taraflarını sarıyormuş, Sadece bir yanında gördüğü, dünyanın giderek büyüyen küresi izlenebiliyormuş. Jack, yanındaki metal gözlemci ve tumbul efendisiyle birlikte, hiçbir hareket belirtisi göstermeksizinin sakince süzülüyorlarmış ama görüş açılarının neredeyse yarısını dolduran ve dosdoğru onlara doğru gelen altlarındaki bir kıtanın bulutlarla kaplı yüzeyini de görebiliyorlarmış.

“Dediğim gibi, kendi çerçevede sen hareket etmiyorsundur ama diğer şeyler edebilir. En iyisi, Dünya’nın yüzeyi bulunduğumuz noktaya ulaşana kadar beklememek. Hiçbir yerçekim kuvveti hissetmeyebilirsin ama yer ile aradaki atomlar-arası kuvvetler, nasıl diyelim, tatsız sonuçlar doğurabilir. Hadi, gel bu tarafa!”

Jack, yaklaşmakta olan gezegenin yolundan çekildiklerini ve azametli boşlukta asılı durduklarını hissetmiş. Ev sahibi konuşmasını sürdürüyormuş. “İşte bu kütleçekimdir. Cisimlerin içinde hareket etmek zorunda oldukları ve bu nedenle onların hareketlerini denetleyen uzay ve zaman malzemesinin bir bozulması... Kütle olan her yerde, bu tür bozulmalar olur. Normalde bunlar ufaktır. Hatta seni kendisine sıkı sıkı bağlayan üzerinde yürüdüğün Dünya gibi devasa görünen kütlelerin etrafında bulunan ışık konisindeki eğilme bile ölçülemeyecek kadar küçüktür. Bir kol boyu uzaklıkta salınan saç telinin sana ulaşan esintisi kadardır. Güneş’in bu anlamdaki etkisi de, kütlesi belirgin biçimde büyük olmasına karşın, Dünya’ninkinden çok daha fazla değildir. Ama bu tür kütlelerin meydana getirdiği ufak bozulmalar bile, gezegenlere Güneş’in etrafındaki yörüngelerinde kılavuzluk etmede ve *göktaşı* denen meteoritlerin şiddetli düşüşlerini yönlendirmek için yeter de artar. Tabii ki, UzayZaman yalnızca birazcık bozulmuş olduğundan, bu nedenle ortaya çıkan hızların çok düşük olmasına neden olur.”

“Bunu nasıl söyleyebilirsiniz?”, diye karşı çıkmış, Jack. “Yıldırım gibi düşen bir *göktaşı* gördüğümde, ne kadar hızlı hareket ettiğini görebiliyorum!”

“Bu görecelidir. Bir hızın büyük ya da küçük olarak değerlendirilmesi göreceli bir kavramdır ama hızın göreceli olmayan bir boyutu da vardır; ışığın hızı mutlakdır, göreceli değil. Bu hız, UzayZaman içinde hareket eden herhangi bir cismin sınır hızıdır. Uzay ve zamanın yönlerini karşılaştırdığımızda da, zaman eksenlerinin eğilmesinden bahsederken yaptığım gibi, zaman dediğimiz ölçünün bir saniyesini, uzayın bir ışık saniyesine eşitlemek zorundayız. Bu süre içinde ışığın ulaşacağı uzaklık da, yaklaşık olarak Dünya’dan Ay’a kadar olan mesafedir. Böyle bir ölçekte, bir cismin Dünya’ya düşebileceği hız, UzayZaman’da zaman ekseninden belli belirsiz ayrılmış bir çizgi olarak görünebilir. Daha önce yüksek diye bahsettiğin hız, seni Dünya’dan Ay’a bir saniyede götürmek için gerekenden çok daha az kalır kuşkusuz.” Jack, tekrar önlerinde görünen ışık konisi dizilerine bakmış ve her birinin göreceli eğimi o kadar küçük görünüyormuş ki, tespit etmek neredeyse imkânsızmış.

“Böyle alışılmış bir durumda, uzay ve zamanın bir bozulması olan yerçekiminin açısı, Isaac Newton’un büyük kütleçekim

kuvveti kavramı ile tamamen aynı sonuçları verir. Bununla birlikte, Newton'un kütleçekim teorisi, Güneş sistemi içinde tamamen yeterli görünebilse de, uzayın her yerinde yeterli değildir. Bazen Evren'de, uzay ve zamanın güçlü eğrilikleri ile karşılaşılır. Kütleçekimleri muazzam büyüklükte olabilir."

Bu çarpıcı ifadeden sonra, simgesel gözlemciler ile ilişkili olan ışık konilerinin dikey hatlarından dikkate değer biçimde uzaklaşarak eğildikleri gözlenmiş. Artık eğim açıları fark edilebilecek kadar büyümüşler ve Jack, birinden diğerine doğru baktıkça, eğimlerin düzenli olarak arttığını görüyormuş. En uzaktaki gözlemcinin konisi o kadar eğilmiş ki, Jack'ın bulunduğu *en yakın* noktada bile eğrinin dikey eksenenden ayrıldığını gözlemlemeye başlamış. Jack, bu görüntü karşısında kendisine söylenenleri hatırlamış ve böyle bir durumda, bunu yaratan kütleçekiminin hayal ötesi güçlü olması gerektiği bir yana, aslında kendisine hiçbir ışığın ulaşmaması gerektiğini düşünmüş.

Tombul, küçük Entelektüel Dev'se görüntüye tatminkâr bir edayla bakıyormuş. "Uzayı eğen şey kütlenin varlığıdır; kütleçekimi meydana getiren de kütledir ve bu nedenle diğer bütün kütleleri kendine doğru çeker. Böyle büyük bir uzay ve zaman bozulması meydana getirmek için, çok fazla kütleye ihtiyacımız vardır. Ama yalnızca kütle miktarı yetmez. Nasıl dağılım gösterdiği de önemlidir. Newton'a göre, kütleçekim, uzaklığın karesiyle ters orantılı bir kuvvettir. Gezegenler gibi büyük, yuvarlak, ağır cisimler söz konusu olduğunda, ortaya çıkan kütleçekim, gezegene yaklaştıkça artar. Bu da demektir ki kütlenin merkezine olan uzaklık *azaldıkça*, kütleçekiminin gücü artar; yani, formüldeki uzaklığın *karesi* değeri azaldıkça, kütleçekim artacaktır. Cisim gezegenden olan ilk uzaklığındayken, bu uzaklığın yarısı kadar gezegene yaklaştığında, üzerine etkiyen kütleçekim kuvveti dört kat artar; üçte bir uzaklıkta ise dokuz kat fazla olur. Tabii ki, bu durum yalnızca gezegenin dışındayken doğrudur. Eğer gezegenin üzerinde kazılmış, derin, çok derin bir maden kuyusuna iniyorsan, kütleçekimin şiddeti azalmaya başlar çünkü Dünya'nın yukarıda kalan kısmı seni yukarıya doğru çekmeye başlayacaktır. Dolayısıyla, çekimi oluşturan cisim hacim olarak ne kadar küçükse, yarattığı kütleçekim kuvveti de o kadar büyük olur, çünkü çekim etkisini yaratan dış yüzeyine çok daha

fazla yaklaşılabilirsin.” Jack’ın gördüğü küçük şekil, aklının almakta güçlük çektiği çekim kuvvetlerini düşündükçe, giderek biraz daha küçülür gibi görünüyormuş.

“Bir gezegen tarafından meydana getirilen kütleçekim yalnızca diğer gezegen ve uydular üzerinde değil, aynı zamanda gezegeni oluşturan kendi maddesi üzerinde de etkilidir. İç kısımlar, kabuktaki maddeleri merkeze doğru çekmeye çalışacaktır. Meydana gelen etki, söz konusu maddeye bağlıdır. Benimle gel!”

Entelektüel Dev, Jack’ı büyük gösteri alanından geçirip küçük bir spor salonu benzeri başka bir odaya götürmüştü. Odanın ortasında, geniş omuzlu ve iri kaslı kolları olan çömelmüş bir şekil varmış. Oldukça eğimli alınının hizasında başına sarılmış, üzerinde ‘G’ harfi yazan bir alınlık bulunuyormuş.

“Bu gördüğün Kütle Ezicisi. İri kütlelerin üzerindeki kütleçekim etkisini gösterir.” Sonra topa benzer bir nesneyi Ezici’ye doğru fırlatmış ve Ezici, güçlü elleriyle yakaladığı nesneyi sıkıştırmaya başlamış. Bir süre sonra, bu ezme çabasının pek de etkisi olmadığı anlaşılmış.

“Gayet kolay tahmin edebileceğin üzere, katı cismin Ezici’nin çabasına karşı geldiğini görüyorsun. Cismin katı olması bile gerekmez, bir sıvı da sıkıştırmaya gayet iyi tepki verecektir ve bir gaz bile, daha fazla yoğunlaşmaya karşı direnç göstermeye başlamadan önce en fazla bu kadar sıkıştırılabilir.”

“Buradan anlayacağım, baskı altındaki maddenin tamamen çökmesini önleyen mekanizma, kendi içinde direnen kuvvetlerdir, öyle mi?” diye sormuş, Jack, konuyu özetlemek istercesine.

“Hayır, tam olarak değil. Maddenin atomları arasındaki elektiriksel kuvvetler genelde içe doğru çekme ve maddenin yoğunluğunu korumaya yardımcı olma eğilimindedirler. Atomların birbirlerinden ayrık durması da, Dışlama Prensibi ile açıklanır.⁷ Atomlar üst üste binebilselerdi, elektronları da aynı durumda olurdu ama böyle bir şey mümkün değildir. Dünya gibi oldukça büyük katı cisimler kütleçekimin ezici etkisine karşı koyabilirler ama Dünya’nın merkezindeki kayalar, üzerilerini örten

7. Pamuk Prenses hikâyesine bakın. Dışlama ilkesi iki elektronun aynı durumda olmasını yasaklar ve aslında bu durum farklı atomlarındaki durumlarının da aynı konumda olmasını engeller. Bir atomu kolayca diğerine doğru itemezsiniz.

kütle tarafından inanılmaz yüksek bir yoğunluğa gelecek biçimde sıkıştırılmışlardır. Ayrıca orası çok da sıcaktır.

“Kütleçekim bir nesneyi sıkıştırdığında - ki bu nesne bir gaz da olabilir, ilk tepkisi ısınmaktır çünkü basınçtan çöken atomlar, kütlelerini ve dolayısıyla üzerlerindeki yerçekimi etkisini kaybederek potansiyel enerjilerini yitirirler ve bu



sırada keybedilen potansiyel enerji de ısıya dönüşür. Bütün bunlara karşın, genel kural olarak, her durumda kütleçekim galip gelecektir; hemen o anda değilse de, bir süre sonra mutlaka üstün gelecektir.” O sırada, Ezici, iri yarı ve hantal elleri arasında sıkıştırdığı puslu bir gaz topuyla uğraşırken, şekilden şekile giriyormuş. Birdenbire, elinde sıkıştırdığı cisim büyük bir parlamayla çökmüş ve güçlü ellerinin arasından bir gaz bulutu çıkmış gitmiş.

“Güneş, devasa bir cisimdir ve kendi kütleçekiminin baskısı altında yavaş yavaş çökmektedir ve bu çöküş muazzam bir ısı çıkmasına neden olmaktadır. Bu sırada da, yukarıdaki katmanları destekleyecek radyasyon yayılır. İlk başta ısı, kütleçekimi altındaki çöküş tarafından salınan enerjiden gelir, ama bu ısı öyle yükselir ki, çekirdek süreçlerini tetikler ve şu anda Güneş’in çöküşü, iç kısımlarındaki korla yanan çekirdek fırınında ortaya çıkan radyasyon ile, güçlükle engellenmektedir.

“Bu durum sonsuza kadar devam edemez. Eninde sonunda, en büyük yıldızın bile yakıt desteği tükenir ve yıldız çökmek zorundadır.” Ezici’nin elleri arasındaki ışık sönmüş ve adam mutlu bir homurdanmayla ellerini birleştirmiş; artık ellerinin arasında kalan parçaların büyüklüğü pek fark edilecek boyutlarda değilmiş.

“Bu, Güneş gibi orta boyutlardaki bir yıldızın tipik sonudur. Nükleer tepkimeler sona erdiğinde, en ortada kalan gaz hacmini orada tutan güç tüenecek ve yıldız kendi içine çökecektir. Daha küçük yıldızlar, bu çöküş sonunda durarak ‘beyaz cüce’

meydana getirebilir. *Esaslı büyüklükte* bir yıldızın çöküşünde ise işler farklıdır.”

Ezici, yeniden devasa boyutlarına çıkmış. Bu kez ellerinde sıkı sıkı, parlayan bir yıldız topu tutuyorken aniden yıldızın ışığı sönuvermiş. Süpernovadan gelen yoğun pırıltı kapalı ellerinden dışarı kaçarken, dev de zaferle yıldızın kalan kısmını küçük bir kalıntı boyutlarına getiriyormuş.

“Böyle dev bir yıldız çöktüğünde, kütlelinin yoğunluğu öyle büyük bir değere ulaşır ki hiçbir şey onun çekimine karşı koyamaz. Buna zıt olarak, hiçbir itici kuvvet de karşı koyamaz çünkü böyle bir itişe karşıt gelişen çökme, enerji gerektirir. Enerji kütlelerdir ve kütleçekim kütle üzerinde etkilidir, bu nedenle, kütleçekim, bir kere güçlü duruma geçtiği zaman , çöküşü durdurmaya çalışan itişlerden gelen her enerji aslında onu hızlandıracaktır.”

“Öyleyse, onu sonsuza kadar çökmekten ne korur?” diye sormuş, Jack.

“Hiçbir şey. Bu alanda bir sınır yoktur. Kütle sınırsızca çökecek ve bir *kara delik* haline gelecektir.”

“O da ne?” diye sormuş, Jack.

“Kara delik, bir bakıma hiçbir şeydir. Kesinlikle, görebildiğin yegâne hiçbir şey, kara deliktir; maddenin sınırsızca çöktüğü ve ardında, her ne haline dönüştüyse, hala bir *olay ufku*nun içerisinde olduğunu alenen gösteren, ardında şiddetli biçimde bozulmuş bir UzayZaman bölgesi bırakarak bulunduğu yeri işaret eden bir abidedir. Hiçbir ışık kaçamaz; aslında hiçbir şey kara deliğin içinden kaçamaz. Kara deliğe giren herhangi bir şeyden geriye hiçbir izi kalmaz ve dışarıdan bakıldığında neredeyse hiçbir özelliği yoktur.

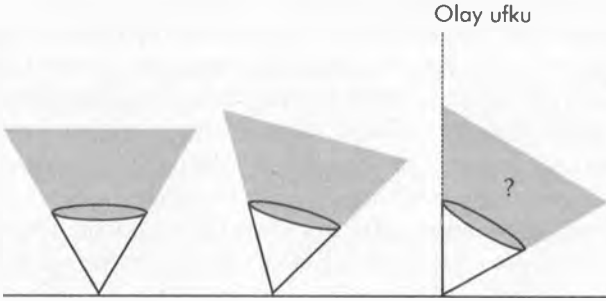
KARA DELİKLER

(*Her şeyin çöküşü*)

Kütleçekimi iki parçacık arasındaki zayıf bir kuvvettir ve gezegenler arasında bile zayıftır. Bununla birlikte, yeterli bir kütle olduğunda ve bu kütle yeteri kadar sıkışmış durumdaysa, kütleçekim güçlü hale gelir. Sonunda ise hiçbir itici gücün kendisine karşı koyamadığı bir noktaya ulaşır. Çökmeye karşı gelişen direnç enerjisi

üreteceğinden ve enerji kütle demek olduğundan, fazladan kütle de kütçekiminin etkisini artıracığından, aslında o noktadan sonra herhangi gelişen bir etki, yalnızca baskının gücünü artıracaktır.

Kara deliklerin çevresinde olay ufku olarak bilinen bir sınır vardır. Bu sınırın içinden hiçbir şey dış Evren'e kaçamaz; ışık bile. Bu nedenle kara delik olarak adlandırılırlar.



Kara deliğe düşen bir cismin UzayZaman diyagramı daha önce gezegenler için gösterilenlere çok benzer, ama buradaki açılar abartılı değillerdir. Kara deliğin olay ufkunda yer alan ışık konisi, ışığın dışarı kaçamayacağı kadar eğilmiştir (sola doğru)

Zaman eksenlerini göstermedim çünkü bu boyuttaki UzayZaman bozulmaları için onları nasıl çizeceğimi bilmiyorum. Hem uzay hem de zamana eksenleri ışık konisine doğru gitmişler ve olay ufkunda durup bakan bir gözlemci için zaman durmuş gibidir.

Ezici, iri ellerini açtığında, şaşkınlıkla avucunda hiçbir şey kalmadığını fark etmiş. Avuçlarının içinde sadece minik *bir şey* kalmış; odanın dışına doğru yönelen eğrilmiş bir UzayZaman bölgesi. Fakat bu bölge bir dizi ağır nesneyle buluştuğunda, Jack'ı şaşkınlıklar içinde bırakacak biçimde, ağır metal disklerin birer birer uzaydaki bu minicik noktaya doğru hızla çöktükleri görülmüş.

“Dikkatli ol!” diye bağırarak Entelektüel Dev. “Bu şey tehlikelidir! Her şeyi kendisine doğru çeker.” Bu sırada, benliksiz me-

tal hizmetkârlardan biri, önüne aldığı ışık konisiyle ortaya fırlamış. Işık konisini, kara deliğin yüzeyine oturacak şekilde dikkatlice yerleştirmiş. Bu durumdayken kara delik artık ışık konisi üzerinde olduğundan, hareketini göreceli olarak izlemek mümkün oluyor, gözlemciye göre neredeyse ışık hızıyla hareket ettiği görülebiliyormuş. Hızla onlardan uzaklaşıyormuş. Kısa bir süre sonra da yıldızlar arası boşlukta kaybolup gitmiş.

Jack etrafına bakındığında Ezici'nin de yok olmuş olduğunu görmüş. "Ezici nereye gitti sence?" diye sormuş, Jack'ın yanında duran dev, kendinden gayet emin bir biçimde. "Endişeye mahal yok, iyi olduğundan eminim. Ezici, kütleçekiminin vücuda gelmiş hali olduğundan bir kara delik tarafından emilmiş olamaz. Muhtemelen başka yerlerde bir gösterisi vardı."

"Şimdi, kütleçekimsel sıkıştırmanın nihai ürünü olan, bozulmuş UzayZaman'daki en son nokta, kara deliklerin etkilerine biraz daha yakından bakalım."

Jack'ın minik öğretmeni onu büyük salona götürmüştü. Birlikte bir kapıdan geçmişler ve kısa süren bir yol karışıklığından sonra kendilerini bir uzay gemisinin kontrol odasında bulmuşlar. Bilim kurgu filmlere meraklı biri bu alanı kesinlikle böyle tarif edermiş. Kaptan ve diğer mürettebat, ivme kabinlerine yatmış, kırılğan bedenlerini ani hızlanmaların etkilerinden korumaya çalışıyorlarmış. Ortamda göze batan tek farklı nesne, bir köşede hareketsiz biçimde durmuş bekleyen, uzun boylu Astrogator'muş. Bu şeklin belirsiz metalik parlaklığının altındaki bedeni ve kanıyla ilgili endişeleri olmadığı açıkça görülebiliyormuş. Salondaki herkes, yoğun bir yıldız pırıltıları yayılması dışında neredeyse tamamen boş görünen büyük bir ekrana bakıyormuş. Görüntünün merkezi daha da boşmuş. Burası yıldızların bile görünmediği boş kara bir alanmış ve arka plandaki yıldızların arasında yer alan çok sayıdaki uzak parlak yıldızla çevriliymiş.

"Buraya nasıl geldik?" diye sormuş Jack. "Kesinlikle uzayın çok uzak bir köşesindeyiz ve bu noktaya gelmemiz bir an bile sürmedi. Bunu başarabilmek için ışık hızından daha hızlı hareket etmiş olmamız gerekmiyor muydu?"

"Burada önemli olan ışık hızı değil, hayal gücünün hızı. Bu uzay gemisinin gerçek olduğunu düşünmüyorsun, değil mi? Ama bir kara deliğe bakmak için sana kullanışlı bir yol sunuyor."

O sırada kaptan, koltuğundan doğrularak, “Ön görüntüdeki bu şey de ne?” diye sormuş.

“Kütle, kaptan, ama onu algılayamazsınız. Evren’imizden kütle almış, ancak bu kütleyi bizim göremeyeceğimiz yerlerde saklayan bir kara delik,” diyerek kaptanı yanıtlayan, uzun boylu, sert ifadeli Astrogator, başını kaptana doğru çevirmiş. Vücudu hiç kıpırdamadığı için, hareketi ilginç görünüyormuş. Kafası bir eksen etrafına yerleştirilmiş gibi dönebiliyormuş. Önündeki küçük panelde bulunan bazı denetimleri ayarlamış ve görüntüdeki boş merkezin etrafı nokta nokta bir daire ile işaretleyerek sözlerini sürdürmüştü: “Deliğin sınırı, size burada gösterdiğim gibi, olay ufkudur. Işığın uzaydaki kaçışının bittiği bu son alan içindeki her şey Evren’in geri kalanından kesilip ayrılmış gibidir. Bu noktada, kara deliği meydana getiren madde türünü keşfetmekten başka, nesnenin tekilliğine yönelik yapılabilecek pek fazla inceleme yoktur.” Mükemmel şekilde kopyalanıp yapılmış robotun ağzı hiç kımıldamamasına rağmen, ses oradan çıkıyormuş.

“Nesnenin tekilliği ne demek?” diye fısıldamış Jack, yanındaki rehberine.

“Bekle, Astrogator açıklayacak.”

Gerçekten de açıklamış; daha önceden kaydedilmiş bir mesajmış gibi veriyormuş tepkilerini. “Yeteri kadar büyük ölçekteki bir kütlenin yarattığı küteçekimini engelleyebilen hiçbir şey yoktur. Kara deliği oluşturmaya harcanan malzeme çöktü çöktü ve sonunda bir *tekillik* haline geldi; boyutsuz ve sonsuz yoğunluktaki bir nokta. Böyle bir cisim mantığa aykırıdır.” Bir kaşını küçümser bir tavırla kaldırdığı izlenimi veren Astrogator’un suratı aslında hiç hareket etmiyormuş. “Bu konu, Evren’in üstesinden gelebileceği bir konu değildir ama zaten üstesinden gelmesi de gerekmez. Kara delik kendi olay ufkunun içinde uygulanan *kozmetik sansürün* güvenliğiyle görüşünüzden saklanır, bu nedenle de evren, mantıklı ve akla yatkın olmaya devam eder.”

“Pekâlâ,” diye söze girmiş Kaptan, bir eylem adamı olduğu için bu kadar uzun açıklamalar karşısında sabırsızlığa kapılmışmış. “Bizi olay ufku etrafındaki bir yörüngeye yerleştirin,” diye buyurmuş, görüntüde olmayan, uzaktaki Makiniste.

“Bunu yapamam Kaptan. O ejderhanın yakınlarına gidip sonra da kaçmaya yetecek kadar gücümüz yok,” diye yanıtlamış Makinist, mikrofonun diğer ucundan. Makinistin aksanından, dünyanın, zamanla tescillenmiş geleneksel çarkçıbaşılarının yetiştği İskoçya’dan gelmiş biri olduğu hemen anlaşılmıştı.

“Neden? Güç sorununuz mu var?”

“Hayır, Kaptan, Galakside bunu yapmaya yetecek bir güç yok.”

“Sorun, Kaptan,” diye araya girmiş Astragator hızla, “ışığın bu alandan kaçabileceği noktaya en yakın yerde bulunmasına karşın olay ufku, ışığın yalnızca bir yönde kaçmasına imkân verir: dosdoğru kara deliğin içinden geçip, diğer tarafından çıkmak üzere. Işık bile, başka bir yönde ilerliyor bile olsa, güçlü bir çekimle yolundan saptırılarak, deliğin içine düşürülür ve bir daha da asla ortaya çıkmaz.”

Kolunu denetim masasının üzerinde dolaştırırken belli belirsiz bir vınlama sesi duyulmuş. Şimdi ekran, nokta nokta çizilmiş bir daire ile belirtilen olay ufkunun içinden yayılan, dalgalı çizgiler gösteriyordu. Daireden dosdoğru çıkan huzmelerden bir tanesi ilerlemeye devam etmişse de, diğer tüm açılarda yayılan ışık huzmeleri kıvrılıp tekrar deliğin içine düşüyordu.

“Kara deliğe kara denmesinin ve hiçbir şeyin görünmemesinin sebebi işte budur; çünkü ışık oradan kaçamaz. Aynı biçimde, dışarıdan gelen ve yalnızca kara deliğin yakınlardan geçen ışık ışınları da bu çekimden az da olsa etkilenip, biraz kıvrılacaklardır. Bu noktadan sonra, kütlesi görülemeyen nesnelerin kütlelerini algılayarak onları görmemizi sağlayan yerçekimi merceği etkisi kullanılır. Evrendeki kara delikleri, arkalarında kalan yıldızların ve galaksilerin birden fazla görüntülerini yansıtmalarıyla tespit edebiliriz. Bu görüntülerden bazılarını ekranda görebilirsiniz.

“Prensip olarak, dosdoğru ilerliyorsanız kara deliğin olay ufkundan kaçmak mümkün olabilir, fakat bunu ışık hızında yapmanız gerekir. Daha yavaş olursanız, sonsuza kadar kaybolursunuz. Bu uzaklıkta *yörüngede dolanma* diye bir şey söz konusu değildir. Kararlı bir yıldız için mümkün olan en yakın uzaklık, olay ufkunun yarıçapının iki katıdır ve orada bile yörünge hızı ışık hızındadır, bu nedenle de pratikte mümkün olabilecek yö-

rüngeler, kara delikten oldukça uzakta bulunmak zorundadır.” Kaptandan gelen talimat, kocaman uzay gemisinin cesaretle, ya da aslında ihtiyatla, gidip kara deliğin olay ufkundan uygun bir uzaklıkta durmasına neden olmuştu. Makinist, kara deliğe daha fazla yaklaşmayı açıkça (daha ziyade sezgisel nedenlerle) reddediyormuş. Bu nedenle de, kara deliğe doğru önce bir nesne fırlatmaya karar vermişler. Nesneyi geri alamazlarsa, bunun, geri dönüşü olmayan büyük bir felakete yol açmayacağını düşünmüşler. Küçük bir oyuncak uzay gemisini, durmuş sessizce bekleyen kara deliğe doğru yollamışlar ve olanları ekranda izlemeye başlamışlar. Oyuncak gemi ilk başta aşağı doğru hızla ilerlemiş ve kara deliğin olay ufkuna daha yakın bir noktaya ulaştığında yavaşlar gibi görünmüş. Hızı düşmüş ve görüntüsü kırmızılaşmaya başlamış. Sonunda, deliğe doğru hareketi görünmez olmuş ama giderek daha da kırmızılaşarak gözden kaybolmuş.

“Oyuncak gemiye n’oldu?” diye sormuş, Kaptan. Jack da aynı soruyu sormak üzereymiş.

“Burada gördüğümüz bir zaman genişlemesi etkisi,” diye yanıtlamış Astrogator, duygusuzca. “Kütleçekim alanının bozulmuş UzayZaman’ının derinliklerine indikçe, gördüğümüz gibi, oyuncak geminin kendi zamanı yavaşlar. Hareketinin yavaşladığını görürüz; ondan gelen ışığın frekansı da küçülür ve giderek kırmızıya dönüşür, kısa süre sonra da bizlerin ya da aletlerimizin tespit edebilecekleri frekans aralığının dışına çıkar. Bizim algıladığımız frekanslar çerçevesinde görünmez olsa da, aslında hala buradadır. İlk başta planladığınız gibi, Kaptan, oyuncak gemi yerine doğrudan kendimiz inseydik aynı şey olmayacaktı. O durumda yolculuğumuzun durmaksızın devam ediyor olduğunu düşünür, fark etmeden olay ufkunu geçer ve hızla kara deliğin tekilliğine yaklaşırdık. Muhtemelen de, tekillikte neler olduğunu keşfederdik. Bundan zevk alacağımızdan da, oradan kurtulacağımızdan da çok şüpheliyim ve gördüklerimizi dışarıda kimselere bahsedecek kadar vaktimizin olmayacağından da neredeyse eminim. Bu, tek yönlü bir yolculuktur.”

Mürettebat, yollanan oyuncak geminin son belirtisi olan işareti gördükleri noktaya üzgün üzgün bakarken, Jack’ın ev sahibi ona doğru eğilip, kulağına fısıldayarak, “Biz de gitsek iyi olur

artık," demiş. Bunun üzerine köprüden ayrılmışlar ve kısa bir süre sonra başlangıçtaki kaleye ulaşmış, onları uzay gemisine götüren aynı kapıdan dışarıya çıkmışlar.

"Bu bölüm tabii ki hayaliydi. Bir kara deliği görselleştirme hayali. Gerçekte, kara deliklere bakabilmek için, ışık ya da bazı frekanslarda bir miktar radyasyon kullanmak zorundayız. Kütçekimi ve eğilmiş UzayZaman'daki nihai noktayı görmek için, uzayın derinliklerine bakma zorundasınız. Gel, seni tanıştırmam gereken birisi var."

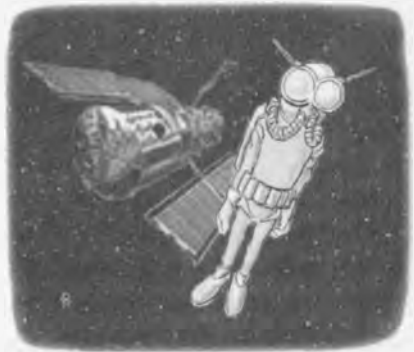
Jack'ın bilgili ev sahibi onu gölgeler içindeki bir salona götürmüş ve dar, dönen bir merdivene açılan kapıyı göstermiş. Merdiveni çıkmaya başlamışlar ve sonra uzun bir süre çıkmaya devam etmişler - çıkmışlar ve çıkmışlar ve çıkmışlar...

Sonunda, kalın, saydam bir pencerenin duvarlarından birini kapladığı küçük bir kuleye varmışlar. Pencerenin dışında, uzayda, büyük bir teleskop, fotoelektrik hücreleriyle dolu yelkenlerini döndürerek dolanıyormuş. Hemen yanı başında da, büyük, tuhaf gözlüklerinin arkasından bakan, kocaman gözleri olan, kask giymiş komik biri uzayda yüzüyormuş. Adamın sırtında, başındaki kaska doğru dolanarak çıkan esnek boruların bağlı olduğu gaz tüpleri takılıymış. "Jack," diye başlamış ev sahibi, "sana Hubblegoblin'i tanıştırmak istiyorum. Bu Uzay Teleskopunun koruyucusudur. Onun yardımıyla uzayın derinliklerine bakabilir ve uzak geçmişlerden gelen sinyalleri görebilirsin."

"Sizinle tanıştığıma sevindim," diye bir ses duyulmuş, kulenin duvarına asılı hoparlörden. Dikkate değer, kalın bir duvar olarak görünmesine ve arkasında hava olmadığı besbelli olmasına rağmen, ses mükemmel biçimde netmiş.

"Onu yanıtlayabilir miyim?" diye sormuş, Jack.

"Evet, tabii ki, iletişim iki yönde de çalışıyor," diye cevaplamış, Entelektüel Dev. "Teleskoptan gelen tüm bilgiler bize radyo sinyalleri ile gönderilirken,



bizim teleskopu herhangi bir yöne çevirme isteklerimiz de radyo sinyalleriyle gönderilir.”

“Teleskopunuzun bu kadar uzakta olması biraz zahmetli değil mi? Onula daha rahat çalışabilmek için yerde tutsaydınız daha iyi olmaz mıydı?” diye sormuş, Jack.

Entelektüel Dev , “Ah, hayır, olmazdı,” diye itiraz etmiş. “Belki daha rahat olurdu ama daha iyi olmazdı. Eğer teleskop yerde olsaydı, Dünya’nın atmosferi altında duracak ve rüzgârlar, sıcak ve soğuk bölgeler nedeniyle atmosferde oluşan değişikliklerin yarattığı türbülanslar gelen ışığı bozacaktı. Yıldızların ışığını titreştiren atmosferdir, ama biz onların ışığını titreşmeden, net olarak görebilmek istiyoruz. Uzayda uzak yıldızlardan gelen ışığın yoluna çıkan daha az madde var, bu nedenle de görüntüde daha az bozulma oluyor. Bu, ‘hiç bozulma yok’ demek değildir. Işık uzun bir yoldan gelir ve yolculuğu boyunca yıldızlar arası maddeden geçer ama görüntü yine de Dünya’nın kalın hava battaniyesi altındakinden daha iyidir. Ayrıca, yıldızlar arası boşluğu dolduran gazın ışığa yaptıkları da ilginçtir ve bu gözlem biçimi söz konusu gaz hakkında bize birçok bilgi verir.”

“Işığın geçmek zorunda olduğu tek şey gaz değildir,” diye araya girmiş hoparlörden gelen ses, uzun süredir sessiz sedasız dururken. “Teleskopumdan gelen görüntülerde görebileceğiniz bozulmalardan bazıları kara delikleri tespit etme çabalarınızla ilgilidir. Şuna bakın.”

Büyük teleskopun dönmeye başladığını görebiliyorlarmış ve sonra dışarıdaki görüntü aniden pencereden kaybolmuş. Böylece de, pencere diye baktıklarının büyük bir ekran olduğu ortaya çıkmış. Şimdi ekranda, teleskoptan görülen yıldızlı bir uzay görüntüsü varmış. Aletten gelen görüntüler, gözlemlediği uzak manzaradan daha çok ışık topladıkça daha ayrıntılı ve net hale geliyormuş. Her zamanki gibi, böyle bir görüntüde uzak galaksilerin puslu şekilleri yanında, inanılmaz sayıda değişik parlaklıkta pek çok yıldız varmış. Görüntünün orta bölgesinde kabaca çizilmiş bir dairenin içinde de bir dizi kıvrımlı parlak çizgiler görünüyormuş.

“İşte ışığın kütçekimsel yoğunlaşmasının bir örneği,” diye devam etmiş, Hubblegoblin. “Gördüklerin, öndeki büyük kütlelerin arkasında bulunan uzak bir galaksinin görüntüleridir. Ga-

laksiden gelen ışık, bu kara kütlelerin kenarlarından geçerken, teleskopa gelecek şekilde bükülür ve aynı galaksinin birden fazla görüntüsünün ortaya çıkmasına neden olur. Bu etkiyi elde etmek için, ışığın yolu üzerinde çok büyük kütleler olmalıdır ve bu konsantre kütle için de en uygun aday bir kara deliktir; oldukça büyük bir tanesi hem de. Parlak bir yıldızın ölümünden sonra meydana gelen türden bir kara delikten bahsetmiyoruz,⁸ milyonlarca yıldızın kütlelerini içine çekmiş gerçekten çok büyük bir tanesinden bahsediyoruz. Böyle büyük kütleli kara delikler, içerisindeki gazın ve hatta yıldızların büyük kısmını emebildikleri galaksilerin merkezlerinde meydana gelebilirler. Ve bu kara delikler, kütleçekimi tarafından eğilmiş bir uzayın dramatik durumunu çarpıcı biçimde gösterirler.

"Kara deliklerden biraz daha anlaşılabilir cisimler de kütleçekimin garip, Newtoncu olmayan özelliklerini gösterebilirler. Örneğin şurada, daha normal bir uzay cisminin etrafındaki yörüngede dönerken yanıp sönen, binary pulsar dediğimiz gök cismine bak. Pek çok yıldız, karşılıklı kütleçekimlerinin etkisiyle bu şekilde çiftler halinde bir arada dururlar. Bu durumdaysa, söz konusu yıldız çiftlerinden biri gayet sıradışıdır." Ekrandaki manzara değişmiş - aslında pek fazla şey göstermiyormuş zaten. Görüş alanının ortasında soluk bir yıldız varmış. "İşte nadir bir cisim görüyorsun." Jack ekranda önemli hiçbir şey görmüyormuş ama garip bir şeyler olduğunu tahmin ediyormuş. "Gözüne görünebilen ışık frekanslarıyla pek fazla bir şey görünmeyebilir ama onu, yaydığı mikrodalga radyo frekansları ile gözlemlediğinde nasıl görüldüğüne bir bak."

Hoparlörden gelen yorum devam ederken, ekranın köşesinde beliren bir dikdörtgenle işaretlenmiş bölgenin içinde büyük bir hızla yanıp sönen parlak bir nokta görülmüyormuş. Bölgenin hemen yanında açılan başka bir pencerede de, yayılan radyasyonun frekansını ve parlamasının sıklığını tanımlayan veriler alt alta akıp duruyormuş.

"Burada gördüğün bir Pulsar'dır; kısa süreli aralıklarla radyasyon yayan bir yıldız. Aslında bu bir nötron yıldızıdır; atomlardaki proton ve elektronların kütleçekimin baskısıyla nötron-

8. Bu kitabın ilerideki sayfalarında yer alan Sinderenda ve Yıldızların Ölümü'ne bakınız.

lara dönüşecek şekilde sıkıştığı bir yıldızdır. Çökmeye karşı direnen yıldızın arta kalan kısmı, radyasyonla ortaya çıkan yozlaşmış bir basınçla desteklenir, tıpkı Beyaz Cüce yıldızlarında⁹ meydana gelen elektron yozlaşmasının bu tip yıldızların çöküşüne direnmesi gibi. Bir nötron yıldızı o kadar çok çöker ki, sonunda küçücük olur, yalnızca bir kaç kilometre çapındadır, ama yine de Güneş gibi bir yıldızdan daha ağırdır.

“Genel olarak bu tür yıldızlar eksenleri etrafında hızlı dönerler. Normal, tam boyutlu bir yıldızken sahip oldukları açısal momentum (e.n. kendi eksenini etrafında dönmelerine neden olan kuvvet) küçük bir kalıntıya dönüştüklerinde de değişmeden aynı kalır. Yıldızlar genellikle kendi eksenleri etrafında oldukça yavaş dönerler çünkü hızlı dönselerdi merkezkaç kuvvetleri dış katmanlarını sökebilirdi; tıpkı hızla dönen bir atlıkarıncada oturan birinin başında gevşek duran şapkanın çıkacağı gibi... Açısal momentum, dönme frekansı ile dönen cismin hacminin çarpılması yoluyla hesaplandığına göre,¹⁰ bu küçük, artık cismin hacmi de çok küçülmüş olduğundan, gerçekten çok büyük hızlarla dönmek zorunda kalacaktır. Bir saniyede kendi etrafında yaptığı tam bir turu pek çok kere tekrar edecek kadar hızla dönebilir.

“Yıldız, niteliklerini kaybedip yozlaşmış bir kül yığını haline doğru çökerken ve bir nötron yıldızı haline gelirken, etrafında oluşturduğu manyetik alan da, yıldız küçüldükçe yoğunlaşır ve bu yoğun alan etrafına doğrusal yönelimli, net radyo dalgaları pompalar. Yıldız kendi etrafında hızla dönerken, bu radyo dalgaları da uzayı çılgın bir festival spotu gibi tarar durur. Bazı nötron yıldızlarından yayılan bu dönen ışık huzmeleri Dünya’yı her tarayışında, bize kısa ışık atımları dizisi olarak görünecektir.

“İlk başta size açıkladığım gibi, Mevlevi dervişleri gibi dönen bu yıldızların eşlik ettiği daha büyük bir eşleri vardır. Nötron yıldızları, etrafında döndükleri daha normal yıldızların çevresinde, nispeten yakın bir yörüngede bulunduğundan, böyle ikililere yakın ikili sistem (e.n. binary) adı verilir. Nötron yıldızı, çevresinde döndüğü yıldız o kadar yakın dönmektedir ve ora-

9. Nötron yıldızları ilerideki bir masalda daha ayrıntılı olarak ele alınmaktadır, Sinderenda ve Yıldızların Ölümü.

10. Prens ve p’deki Öğretmen açısal momentumu tanıtılmaktadır.

da tutunabilmesi için o kadar hızlı dönmesi gerekir ki, yıldızdan gelen ışık atımlarının frekansları Doppler kayması nedeniyle yıldız dönerken rengi değişiyormuş gibi görünür.¹¹ Nötron yıldızı yörüngesinde bize doğru hareket ederken, ışık atımlarının frekansı *maviye kayma* ile artar. Nötron yıldızı, eşinin yanından dolanıp arkaya dolanırken de renk frekansı tipik bir *kırmızıya kayma* ile düşmeye başlar. Bunun nedeni, nötron yıldızının tutunmaya çalıştığı yörüngede çok hızlı hareket ediyor olmasıdır. Bu frekans değişiklikleri, teleskopumuz nötron yıldızını net olarak göremese de, onun yörüngede olduğunu bize gösterir.”

O sırada, pencerenin köşesinde başka bir çerçeve belirmiş ve içinde, nötron yıldızı ve etrafında döndüğü daha normal eşinin bir diyagramı görünmüş. Bu çerçevenin hemen altında da ‘pulsar’ dan gelen, nabız benzeri radyasyon fışkırmalarını gösteren bir gösterge bulunuyormuş. Fışkırmanın kaynağı yörüngesinde dönerken, nabız gibi fışkırmaların niteliği de görünür biçimde değişiyor, etrafında döndüğü yıldızın arkasına doğru uzaklaşıırken atımların frekansı yavaşlıyor ve geri gelirken de hızlanıyormuş.

“Peki, bu anlattığımızın, kıvrılmış UzayZaman teorisinin başka bir adı olan *Genel Görecelik* ile ne ilgisi var?” diye sormuş birden Hubblegoblin, bir anlatıcı ustalığıyla. Bunun güzel bir soru olduğunu Jack da düşünmüş. “*Kütleçekimsel radyasyon* yüzünden,” diye devam etmiş hoparlörden gelen ses. “Dönen elektrik yüklerinin çevreye radyo dalgaları yaymaları gibi, Genel Görecelik Teorisinin öngördüğü üzere, ezici ivmelerin etkisi altında kalmış kütleler de kütleçekimsel dalgalar yayarlar. Bu dalgalar enerji taşır ve bu enerji de yörüngede dönen nötron yıldızı tarafından kaybedilir. Enerji kaybetmek, normalde sadece hareketi yavaşlatır ama enerji kaybeden nesne bir yörüngede döndüğü için, bu durumda enerji kaybetmenin sonucu, etrafında dönülen yıldızda daha yakın bir yörüngeye inmek olacaktır. Bizim gördüğümüz de budur.”

11. Bu hem atımların frekansdır hem de radyo frekanslarıdır. Yıldız bize doğru hareket ederken, gönderdiği radyasyon azalan bir uzaklığa sıkışır. Bu ise ister radyo dalgalarının frekansı ister radyasyon atımlarının frekansı olsun *her* değişimin frekansını artırır. Hepsi de aynı biçimde hızlanırlar.

Bu arada ekranda başka bir çerçeve açılmış ve ardı ardına gelen her tam dönüşün periyodunu veren sayısal bilgiler listelenmeye başlamış ve zaman geçtikçe veriler de giderek azalmış. Sonuç olarak da, dönüş periyotlarının zamana göre değişimini gösteren bir grafik çıkmış ortaya.

“Bu grafikte, yörünge periyodunun giderek kısaldığını görüyorsun. Her bir gözlemin yapıldığı zamanda elde edilen değerle, Genel Görecelilik prensibi ile bulunan değer karşılaştırıldığında, kütleçekimsel radyasyonunun taşıdığı enerji miktarı ortaya çıkar ve gözlem ile öngörü arasında yüzde birlik bir fark görülür ki bu da kaybedilen enerjiyi gösterir.” Jack, bu söyleneni, karşısındaki şekil yığınlarının içinden kolaylıkla *okuyabileceğinden* emin değilmiş ama Hubblegoblin’e inanmaya çok hazırmış. “Burada ortaya çıkan, dikkatli bir gözlemlerle elde edilen değerlerle, öngörülen değerlerin karşılaştırılması ve kesin sayıların ikna edici bir biçimde ortaya çıkarılmasına iyi bir örnektir; kuzenim Tekno Dev’den öğrendiğim bir derstir,” diye bitirmiş sözlerini.

“Bununla birlikte, gördüğümüz çarpıcı etkiler yalnızca kesin sayıların yavaş yavaş ortaya çıkması ile meydana gelmez. Daha önce de söylediğim gibi, güçlü yerçekimi mercekleri oluşturan dev kara deliklerin birçoğunun, belki de hemen hemen tümünün, galaksinin merkezinde bulunduğuna inanmak için nedenlerimiz var. Varlıklarını, daha önce gördüğümüz gibi, kendilerinden geçen ışıkları bükmeleri ve onlara yakın yıldızların hareketleri üzerindeki etkileri ile hissettirirler. Hizalanmanın Dünya üzerine odaklanmış bir görüntü meydana getirmesi nadir bir olaydır ve genellikle galaksiler bizden çok uzakta oldukları için yıldızlarının nasıl hareket ettiklerini gözlemlememiz pek kolay değildir. Bununla beraber, çok uzaktan da olsa net olarak görülebilecek başka bir etki daha vardır. Bu bir Aktif Galaktik Çekirdeğin görünüşüdür: bir *kuasar*.” Hoparlörden gelen ses birden kesilmiş.

“Kuasar adı, *quasi stellar* cisminin adının kısaltılmış halidir: Bu cisim, galaksinin merkezinde yer alıp, boyut olarak bir yıldızla çok benzeyen fakat galaksideki milyarlarca yıldız gölgede bırakacak kadar ışık verebilen bir cisimdir. Bu tür cisimler gerçekten çok etkileyicidirler ama onlardan birine yakın olursan rahatsızlık verici komşular haline dönüşebilirler. Bununla birlikte

gözlemleyebileceklerinin hepsi de çok uzaktadır. Uzayda çok uzakta olmaları, zamanda da çok uzak olmaları anlamına gelir. Bugün elde ettiğimiz görüntüler, Evren'in ve galaksilerin şimdi-
kinden çok daha genç oldukları geçmiş zamanlardan gelen gö-
rüntülerdir. Burada onlardan birinin resmini görebilirsin."

Ekrandaki görüntü uzak bir galaksinin pıhtılaşmış süt par-
laklığını gösterecek şekilde değişmiş. Ön tarafta birkaç parlak
yıldız görünüyormuş. Bunların parlak olmalarının en önemli se-
beplerinden biri bize çok daha yakın olmalarıymış. Bir yandan
da galaksinin merkezi, bir ışık noktası halinde parlıyor ve göz-
lemciden olan muazzam uzaklığına rağmen, ön taraftaki yıldız-
lar kadar parlak görünüyörlarmış. Jack bunu idrak ettiğinde, cis-
min aslında çok uzakta mı olduğu ya da galaksinin önünde mi
bulunduğundan nasıl emin olunabileceğini sormuş.

"Bunu sorduğuna sevindim," diye araya girmiş, Entelektüel
Dev. Tartışmaya dönmek için bir fırsat yakaladığı için çok se-
vinçli görünüyormuş. "Bu durum en iyi biçimde, Evren'in
Hubble Genişlemesi ile görülür," diye başlamış sözlerine. "Ev-
ren'deki galaksilerin birbirlerinden uzaklaştığı gözlemlenmiştir.
Bunun tek nedeni galaksilerin *uzayda* hareket ediyor ve giderek
birbirlerinden ayrılıyor olmaları değildir. Hayır, bunun nedeni,
uzayın kendisinin genişlemesidir. Kütleçekim UzayZaman'da
bir eğrilik olarak görüldüğüne göre, uzay ve zamanın Evren'in
etkinliği için değişmeyen zemin olmadıkları ve fakat oynanan
piyesin de aktif katılımcıları oldukları açıkmiş. Uzay ve zaman
birleşik olduğunda, uzayın ister genişlesin ister daralsın, zaman
ile birlikte değişebiliyor olması en makul açıklama haline geli-
yormuş. Ebediyen sabit ve değişmeyen bir uzay, tıpkı sivri ucu
üzerinde duran bir iğne gibi, pek mümkün bir durum gibi gö-
rünüyormuş. Şu ya da bu yana düşeceği hemen hemen kesin-
miş ve o da şişen bir balon gibi genişlemeyi seçmişmiş. Uzay bü-
yürken, galaksilerin tümü de birbirlerinden ayrılıyorlarmış.

"Galaksilerin birbirlerinden uzaklaşma hızları, uzaklıklarıyla
doğru orantılıdır. Bu düşünceyi, galaksiden gelen ışığın *kırmızı-
ya kaymasını* göstererek doğrulayabiliriz.¹² Herhangi bir cisim-

12. Ali Gori ve Gece Mağarası'nda, kırmızıya kaymalardan hızın ve evrenin geniş-
lemesinin bir ölçüsü olarak bahsetmiştik.

den gelen ışık, içerdiği kimyasal elementlere özgü desenler halinde, ışık spektrumunda yer alan ince çizgilerle kendini gösterir. Uzaklardaki cisimlerden gelen çizgi desenleri değişmez ama hepsi de spektrumun kırmızı tarafına kayarlar. Bu durum, uzaklaşma hızlarını gösterir ve kayma ne kadar büyükse, uzaklık da o kadar büyük olur. Hala etkin bir çekirdeği olan bu galaksilerde, bağlı yıldızlardan ve merkezdeki kuasardan gelen ışıklar aynı kırmızıya kaymayı gösterirler ve aynı uzaklıkta olarak kabul edilebilirler. Böyle gözlemlerin sonunda da, galakside kuasar bulunduğunu söyleyebiliriz.

“Böylesine bir görüş için daha fazla destek, merkezdeki etkin korun her iki tarafında da sıklıkla gözlenen uzun *fışkırmalardan* gelir.” Hoparlördeki ses dikkatleri ekrandaki görüntülere çekmiş. Galaksinin parlak merkezine yaklaşmaya başlayan görüntüye, merkezdeki kordan birkaç bin ışık yılı açılarak fırlayan ve sonunda dağınık damlacıklara dönüşerek yok olan fışkırmalar girmiş.

“Doppler Kayması¹³ prensibinden yararlanarak, bu fışkırmalardan çıkan ışığın hızla hareket eden gazlardan geldiği bulunabilir. Bu gazlar, neredeyse ışık hızında, çok hızlı hareket etmektedir. Bazen sana doğru gelen bir fışkırmamanın *süperışıklı* olduğunu görürsün. Böyle bir fışkırmadaki düzensizliklerin belirli bir zamanda hareket ettikleri mesafeyi ölçersen, fışkırmamanın ışık hızında ilerlediğini bulursun. Ama aslında, elbette öyle değildir. Fışkıрма çok hızlı hareket ettiği için, onu izlediğin zaman içerisinde oldukça uzun bir mesafe gider ve bu yüzden de ondan gelen ışığın göze ulaşması başlangıçtaki ışık kadar uzun sürmez; çünkü göze olan mesafesi küçülmüş, yaklaşmıştır. Bu da başlangıç ile bitiş arasında gözlemlenen zamanın çok kısa algılanmasına ve bu nedenle de aşırı hızlı gidiyormuş gibi görünmesine neden olur.¹⁴ Daima uzayda gördüğün şeylerin az ya da çok geçmişte olduğunu aklında tutmalısın. ‘Şimdi’yi asla göremezsin.” Entelektüel Dev bir an durmuş ve ana konuya dönmeden önce derin bir nefes almış.

13. Bundan ‘Prens ve p’de bahsedilmişti. Herhangi bir şeyden hızlıca size doğru gelen ışık spektrumun mavi tarafına doğru, eğer sizden uzaklaşıyorsa ise de kırmızıya doğru kayar.

14. Bu ‘Prens ve p’deki Mavi Şövalye’nin mızrağı gibidir.

“Galaksilerin merkezindeki Aktif Galaktik Çekirdeklerin aslında kara delikler oldukları anlaşıyor. Bunun sana çok garip geleceğini biliyorum çünkü bir kara deliğin en belirgin özelliği hiçbir şeyin ondan kaçamamasıdır; ne ışığın ne de başka bir nesnenin. Dışarıdan görüldüğü kadarıyla, ki bu zaten onları görebilmenin tek yoludur, kara delik olağanüstü basit bir cisimdir; kütlesi, dönüşü ve muhtemelen bir de elektrik yükü vardır. Başka hiçbir özelliği yoktur. Bu açık basitlik ‘kara deliğin saçı yoktur’ denerek ifade edilir. Belki yoktur ama belki de kara delik peruk takıyordu. Ne demek istediğimi hayalinde canlandırmana yardımcı olabilmem için, beni takip etsen iyi olur.”

Entelektüel Dev, Jack’ı kulenin duvarında daha önce görmediği bir kapıdan geçirmiş ve ikili, kendilerini tekrar uzay gemisinin kontrol odasında bulmuşlar. “Geçen sefer bu alana aynı kapıdan girmemiştik,” diye tepki vermiş, Jack. Dev, “Hayır, ama fark etmez. Burası gerçekten hiçbir yer. Bu nedenle de buraya nasıl geldiğimiz hiç fark etmez,” diye yanıtlamış.

İçerisine girdikleri geminin son gelişlerinden bu yana oldukça uzun bir mesafe kat ettiği anlaşılmış. “Belli ki başka bir bölüme geçilmiş,” diye mırıldanmış Jack’ın rehberi. Daha önce olduğu gibi, mürettebatın tümü, kör edici bir parlaklıkla ışılan büyük bir gaz girdabını gösteren dev ekrana bakıyormuş. Görüntünün tam ortasında, her iki yöne doğru açılıp kaybolan zıt yönlü iki fışkıрма izleniyormuş.

“Büyük kara delikler etraflarındaki bütün kütleler üzerinde muazzam bir kütleçekimi uygular ve yakınlarında ne var ne yoksa deliğe doğru çekerler. Genel olarak madde, ilk başta yanlamasına hareketlere sahip olacak, bu nedenle de doğrudan deliğe düşmeyecektir. Açısal momentuma sahip olduğundan önce bir yörüngeye oturacak ve olay ufkundan belli bir uzaklıkta, tıpkı kozmik bir girdap gibi, helezonlar çizerek dönen spiral bir *ivmelenme rotasına* oturacaktır. Gaz molekülleri etrafta hareket ederlerken birbirlerine çarpıp enerji kaybettiklerinden, rotadan çıkıp ağır ağır deliğe düşerler. Şimdi bütün bunların parlak Galaktik Çekirdek ile olan ilgisi nedir diye sorabilirsin.” Jack, ev sahibinin haklı olduğunu düşünmesine rağmen, Entelektüel Dev, Jack sormadan bu soruya cevap verecek gibi görüldüğünden sessizce dinlemeyi sürdürmüştü. “Burada bir süre daha duralım.

Az sonra Astragator'un izlediğimiz görüntüleri açıkladığını göreceğiz."

O sırada geminin kaptanı, "Bu da ne?" diye sormuş, bilgisiz birinden ziyade, kararlı birinin ses tonuyla.

"Büyük bir kara deliğin etrafındaki ivmelenme rampası, Kaptan," demiş Astragator, dijital bir kütüphanenin kendinden eminliği ile. "Deliğin etrafındaki kütleçekim o kadar güçlü ki ona düşen her şey ışığına çok yakın bir hıza ulaşıyor. Böyle bir hızda hareket eden gaz ve diğer maddelerin ivmelenme rotası üzerindeki etkisi, bu alanda bulunan tüm maddelerin çok yüksek bir sıcaklığa, deneyimlerimizin çok ötesindeki bir sıcaklığa yükselmesine neden oluyor, Kaptan." Ekranda görüldüğü üzere, galaksinin içinden gelen yıldızlararası gaz da, kar tanelerinin yumuşak düşüşleri gibi sürüklenerek kara deliğe doğru giderek hızlanıyormuş. "Bu durum, deliğin etrafındaki bu rota boyunca parlayan bir disk oluşması anlamına geliyor ve bu disk üzerinde o kadar fazla enerji barındırıyor ki, aynı galakside onunla birlikte parlayan milyarlarca yıldızdan çok daha güçlü ışıldıyor."

"Buna inanamıyorum," diye homurdanmış yan taraftaki koltukta oturan başka bir gemi personeli.

"İnanmalısın, doktor," diye cevap vermiş, Astrogator, sakince. "Kütleçekimin şiddeti muazzamdır. Bir taş Dünya'ya düştüğünde, durgun kütle enerjisinin bir milyarda biri kadarlık kinetik enerji oluşturabilir ve dahası Dinozorları yok eden ve havaya kalkan tozlarla Dünya'yı nesiller boyu karanlığa mahkûm eden şey de bir astreoidmiş gibi görünüyor.

"Büyük bir kara deliğin olay ufku yaklaştığınızda, düşmeyen bir cisim, durgun kütle enerjisi kadar kinetik enerjiye sahip olabilir demektir. Böyle bir cisim, ivmelenme diskinin karmakarışık girdabındaki toz ve diğer tanecikler ile çarpıştığında, unutulup gitmeden önce durgun kütle enerjisinin yüzde onu kadarlık kısmını radyasyon olarak yayabilir. Bunu, bir yıldızın ışıması ile karşılaştır. Yıldızın içindeki nükleer reaksiyonlar, yıldızın muhiteviyatında bulunan maddelerin bazılarının kütle enerjilerinin yüzde birinin yarısını enerji olarak açığa çıkarır ve bu süreç tipik olarak milyarlarca yıl boyunca devam eder. Kara deliğin çevresindeki ivmelenme diskine düşen maddelerinse enerjilerinin çok

daha büyük bir kısmı, çok daha hızlı bir biçimde açığa çıkar. Anlaşılabilirliği üzere, büyük bir kara delik, bir yıldızı rahatlıkla yutabilir.”

Jack’in aklına kendiliğinden ve birazcık da değişmiş olarak bir şiir gelmiş.

*Gökyüzünün sarp kayalıklarından bir şelale çağlıyor,
Cennetin tozunu önüne katmış, cehennemin gırtlığını ıslatsın diye
Ve köpüren sular yollarına çıkan yıldızları bile yutuyor.
Astragator bu durumu, “sanırım bir ivmelenme disk” diyerek, gözü-
müze sokuyor.*

O sırada, deliğin etrafındaki sıcak toz girdabını daha yakından gösteren başka bir çerçevede, parıltılar saçan bir yıldızın da oraya doğru sürüklendiği ve makûs kaderine hızla yaklaştığı görülmüş. Yıldız hedefine yaklaşırken, şekli belirsizleşmiş, uzamış ve içinden, uzun, sıcak gaz şeritleri fışkırmış.

“Bu görülen, gelgit etkisidir. Kara delik yıldızı içine çekerken onu yırtarak parçalar. Gelgit etkileri, kütleçekimin yarattığı etkilerdir ve kütlelerin uzaklıklarının değişmesi nedeniyle meydana gelir. Dünya üzerinde Ay’ın kütleçekimi, Dünya’nın bir tarafından diğer tarafına belirgin bir farklılık gösterir. Bu yüzden de Ay’a yakın olan okyanuslardaki su diğer taraftakinden daha çok çekilir. Bu da okyanus yüzeyini kabartıp, ona uzamış bir yumurta şekli verir ve böylece Dünya’nın iki tarafında da Ay’ı takip eden ve gelgitler meydana getiren yükselmeler oluşur. Burada da aynısı olur, yalnızca burada kütleçekim çok daha güçlüdür. Yıldızın kara deliğe yakın tarafındaki çekim uzak taraftakinden çok daha fazladır ve bu yüzden de yıldız deliğe yaklaşırken kütleçekim onun esneyip parçalanmasına neden olur.

“Burada, milyarlarca yıldır parlamakta olan bir yıldızın, çok hızlı bir biçimde yok oluşunu görüyorsunuz. Enerji yayma hızı muazzam, Kaptan; Evren’de bilinen en büyük güç kaynağı bu.”

“Madde-Karşımadde dönüştürücülerimizin daha yetenekli olduğunu düşünüyordum doğrusu,” demiş, Kaptan.

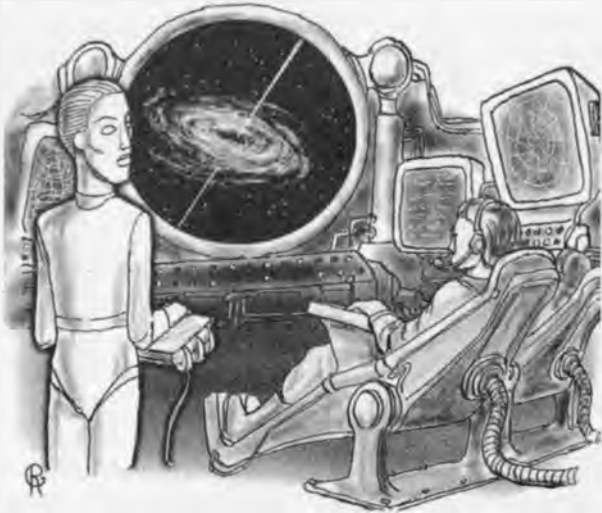
“Doğrusu evet, Kaptan. Teoride öyleler... Ama karşımadde nerede?” diye araya girmiş hoparlörden gelen Makinist’in sesi, heyecanla alabildiğine İskoç aksanına kaymış biçimde. “Karşımaddeyi alamazsınız. Alabilseydik harika olurdu ama onu elde

edebileceğiniz hiçbir yer yok. Size baştan beri anlatmaya çalıştığım şey bu, Kaptan,” diye eklemiş.

“Pekâlâ,” diyerek sözünü sürdürmüştü, Kaptan, şüpheyle. “Bu fişkırmalar ne o zaman? Bunların Kara Delikten çıkmadığı muhakkak. Kara deliklerin tamamı dairesel bir alana sahip ve hiçbir özelliği olmayan ancak içlerindeki hiçbir şeyin dışarıya kaçmasına da izin vermeyen oluşumlar değil mi? O halde, bu kocaman, yüksek hızlı parçacık fişkırmalarının da Kara Delikten çıkmadığı kesin!”

“Hem evet, hem hayır,” diye yanıt vermiş Astrogator, insani olmayan bir sakinlik ve ölçülü bir tonla. “Kara Delik yalnızca muazzam bir kütleçekim alanının yaratılmasına katkıda bulunur – aslında, *kendisi* muazzam bir kütleçekim alanıdır. Zaten kendisinden beklenen tek özellik de budur. İvmelenme rotasında ortaya çıkan diski meydan getiren yüksek enerjili toz ve gaz yığını da bu kütleçekimin sonucudur ve radyasyonu yayıp, fişkırımları oluşturan da bu disklerdir.”

Astrogator’un sesinde, daha önce hiç duymadıkları bir vurgu fark ediliyordu. Biraz düşündükten sonra, bu vurgunun *belirsizlik* yüzünden olduğunu anlamışlar. Robot huzursuzmuş çünkü bir gerçeklikten ziyade, olası bir varsayımı ifade etmenin tedirginliği varmış üstünde.



“Böyle yüksek enerjiler altında kalan gaz hızla iyonize olur – yani atomları elektronlarını kaybederler ve madde elektriksel olarak yüklü hale gelir. Hızla dönen elektrik yükü, ortaya bir elektromıknatıs çıkarır ve yarattığı manyetik alan buradaki iki büyük fışkırmanın içindeki yüklü parçacıklara kılavuzluk edecek biçimde iş görür; tıpkı önümüzde gördüğümüz örnekteki gibi. Bu durum, Dünya’nın çevresinde yarattığı manyetik alanın, üzerindeki yüklü parçacıkları kuzey ve güney kutuplarına yönlendirip, aura ışıklarını ortaya çıkartmasına benzer.” Astrogator’un bu yorumu, galaksi boyunca sürekli seyahat etmeye alışkın birisi için biraz sınırlıymış, doğrusu. Çünkü böyle biri, kim bilir daha nice örneklerle karşılaşmış olacaktı. “Burada gördüğümüz örnekte, hem parçacıkların enerjileri hem de manyetik alanın şiddeti çok güçlüdür ve bu nedenle de bölgesel auralar yerine devasa fışkırmalar görürüz.”

“Dikkat! Dikkat!” Birden mekanik bir ses, kontrol odasını doldurmuş. “Yüksek enerjili parçacık huzmesi ile kısa süre içinde çarpışma ihtimali!”

Kaptan, hemen yanındaki bir mikrofona doğru aceleyle eğilmiş ve “Ana motorlara acil güç! Yön değiştirmek zorundayız! Derhal!” diye ünlemiş.

“Bunu yapamam kaptan. Karşıparçacıkları alamıyoruz, anlamıyor musunuz? Doğrudan bize doğru gelen ışığın üzerine dalışa geçmiş durumdayız. Başımız belada!”

Bu dramatik anda Jack, başının arkasından gelen bir vınlama sesi duymuş ve dönüp baktığında, köprüdeki grubu kaydetmekte olan bir kamera görmüş. Kendisiyle kamera arasındaki alanda yukarıya doğru kayan harflerle yazılmış bir cümle olduğunu fark etmiş; Tersten gördüğü bu cümle, okuyabildiği kadarıyla şöyleymiş:

Devamı sonraki bölümde

beşinci masala giriş

“Artık sizlere Evren, içindeki yıldızlar ve galaksiler ve uzay ve zaman kumaşının onları bir arada tutan kütleçekimi oluşturmak için nasıl bozulduğunu anlattım,” dedi Masalcı. “Her ne kadar yetersiz olsa da, sizlere etrafımızdaki Evren’in nasıl olduğuna dair bir resim vermeye çalıştım. Şimdiyse Evren’i nasıl gördüğümüzü ya da gerçekte nasıl olduğunu değil, nasıl ortaya çıktığını anlatmanın vakti geldi. Bu yıldız ve galaksi Evreni, toz bulutları ve arka plan radyasyonu nereden geldi?”

“Aslında bu soruyu belki de tam olarak cevaplandıramam ama geçilen aşamaları anlatabilirim ve onlardan bazıları da bu yolcuğun başlangıcına çok yakındır. Evrenimizin, en azından insan standartlarına göre uzun bir geçmişi vardır ve bir zamanlar çok canlı olduğuna kuşku yok. Pekâlâ, şimdi size, en sonunda Büyük Patlama’dan bahsedeceğim.

“Sessizce oturursanız ‘Uyanan Güzel’ masalını anlatacağım.

“Nihayet!” diye fısıldadı isyankâr bir edayla, dinleyiciler arasındaki Adam.

Masalcı onu görmezden gelmeyi tercih etti ve bunun yerine ellerini dizinde birleştirip masalına başladı.

“Uzak bir krallıkta küçük kız bebekleri Aurora ile birlikte mutluluk içinde yaşayan bir kral ve kraliçe varmış. Kızın vaftiz

törenine, yakınlardaki kral ailesinden ve soylulardan herkesi davet etmişler. Ayrıca kızlarının doğuşunu güzellik, cazibe ve zekâ hediyeleri ile kutlayan iyilik perilerini de çağırmışlar. Gene o civarlarda yaşayan kötü bir cadıyı ise, doğal olarak, törene davet etmemiş olmalarına karşın, o yine de törene gelmiş...

beşinci masal:

UYANAN GÜZEL

(Büyük patlama ve sonrası)

Cadı, karyolasında yatan bebek Aurora'ya iyice yaklaşıp, "Sen küçük şanslı bir kızsın," diye bir şarkı mırıldanmış. "Herkes sana en güzel hediyeleri verecek ve güzel, akıllı biri olacaksın. Açıkçası harika bir geleceğin olmak zorunda - yoksa öyle değil mi? Hayatının keyfini çıkart, çünkü en azından ilk on altı yılın gerçekten kutlu geçecek." Sonra fesat bir edayla ayağa dikilmiş. "Saat on altıncı yaşını vurduğunda, seni de vuracak ve o andan sonra geleceğinin *olmadığını* fark edeceksin. He, he, he. He, he, he, HEE!" Sesi, sevinçli, kesik kesik bir gülme halinde giderek yükselmiş. Sonra etrafına bakınmış ve herkesin kibar bir şaşkınlıkla kendisine bakmakta olduğunu görmüş. "İşte, böyle!" demiş ve gözden kaybolmuş.

Cadının lanetini duyan Kral derhal krallıktaki bütün saatlerin kaldırılmasını emretmiş. İlk başta, şehrin ileri gelenlerinden oluşturduğu Kent Saat Grubu üyelerini yüksek kulelere ve üst kat pencerelerine yerleştirip, oralardan nefeslerinin yettiği kadar bağırarak zamanı insanlara duyurmalarını sağlamış. Ne yazık ki bütün saatler yasaklanınca, bu insanlardan hiçbirinin de saati olmadığından, bağırışları birbirleriyle uyumlu olamamış ve halk,

başlarını ağrıtan bu uyumsuz bağırış çağırıştan şikâyet etmeye başlamış. Sonuçta, bütün bu olumsuzluklardan dolayı proje asıya alınmış.

Bir süre sonra krallıktaki hiç kimse saatin kaç olduğunu tam olarak bilemez hale gelmiş. Sabahları hava aydınlandığında köylülerin kalkmaları, acıktıklarında yemek için durmaları ve karanlık bastırdığında da uyumaları gerekiyormuş. Zaten halkın saatle pek işi olmadığından, her zaman yaptıkları bütün bu etkinlikleri sürdürmeleri çok zor olmamış. Ama tüccar sınıfından olanların bütün alışkanlıklarını değiştirmeleri gerekiyormuş. Sabah uyanan ilk tüccar, diğer tüm tacirleri kaldırmak için kasabada dolanacak bir hizmetkâr gönderiyor ve böylece sabahları mesai resmi olarak başlamış oluyormuş. Kimsenin bir randevuya geç kalmak diye derdi olmuyormuş çünkü kimse randevulaşamıyormuş. Kraliyet maiyeti de durumu ellerinden geldiğince idare ediyor ama genellikle tersliklerle başa çıkamıyormuş.

Nihayet, Prenses Aurora'nın on altıncı yaş gününün sabahı gelmiş. O gün kraliyet ailesinin bütün mensupları masada oturmuş kahvaltı ediyormuş. Aslına bakılırsa, çoğu kahvaltı ediyormuş demek daha doğruymuş çünkü Kuzen Beatrice'e göre bu kahvaltı hafif bir öğle yemeği izlenimi veriyor ve Alphonse Amca da bunun oldukça erken yenen bir akşam yemeği olduğunu düşünüyormuş. Ama genel olarak, o anın kahvaltı vakti olduğunda hem fikirlermiş.

Prensesin ailesi masada oturmuş, yaklaşan on altıncı yaş doğum günü kutlamalarının nasıl olacağını tartışırken, Aurora bir süreliğine gözden kaybolup kalede dolaşmak istemiş. Dolaşırken de kendisini, daha önce hiç gördüğünü hatırlamadığı yüksek bir merdivenin basamaklarını çıkarken bulmuş. En üstte, küçük tavan arası odasına açılan bir kapı varmış ve odanın köşesinde de uzun, dikdörtgen bir kutu duruyormuş. Tuhaf bir durummuş. Üzerinde, çevresi boyunca sayılar bulunan yuvarlak bir alan ve bu alanın ortasından çıkıp kenarlarına doğru uzayan iki ibre görünüyordu, daire boyunca ağır ağır dönüyorlarmış. Daha aşağıda ise, cam panelli bir kapı ve onun ardında da bir çubuğa asılı, yavaşça sallanan büyük bir ağırlık görünüyormuş.

Aurora çok sevinmiş. Bu ilginç nesneye doğru ilerlemiş ve daha yakından bakmak için cam kapağı açmış. Bunu yapınca da



sarkaç hareketini kesmiş ve dışarı doğru sallanarak kızın göğsüne saplanıvermiş. Hakkındaki kehanetin önerdiği üzere Aurora, o andan sonra bir geleceğinin olmadığını idrak etmiş. Bu onun öldüğü anlamına gelmiyormuş. Yalnızca onun için, bundan sonra zamanın normal akışı geçerli olmayacakmış. Bir rüyadaymış gibi, kendisini önünde duran saatten uzaklaştırıp, geri geri kapıdan çıkarken görüyormuş. Algısı pencereden uçup göğe yükseldiği ve bulutların üzerine çıkıp uzaya doğru açıldığı için artık küçük odayı görmüyormuş bile. Zaman ya da onun için ne geçiyorsa artık, o kadar hızlanmış ki, ayaklarının altındaki Dünya'nın kendi eksenini etrafında hızla dönüşünü ve yörüngesinde dolanan Ay'ı görmüş. İkisi de yanlış yönde dönüyor gibi görünüyormuş ama prenses bunu bilmiyormuş.

Prensesin algı seviyesi giderek daha da keskinleşmiş. Çeşitli gezegenler önünden süzülüp geçerek uzayın boşluklarında gözden kayboluyormuş. Daha da yükselirken, tüm Güneş sistemi sadece uzaktaki parlak bir nokta halini almış ve giderek daha çok görünen diğer yıldızlar belirmiş. Kısa süre sonra, ya da düzgün giden bir zamanın olmadığı yerde uygun kelime her ne ise, galaksimizin büyük diskini görmüş ve o da dönüyor gibi görünüyormuş. Durduğu yerden diğer galaksiler de görünüyormuş, hem de bir yığın. Bu galaksilerin de birbirlerine doğru hareket

ettikleri görülüyor ve her birinin komşularını sıkıştırdığı izleniliyormuş.

Aurora galaktik genişlemeyi tersine doğru izliyormuş. Galaksiler birbirlerine doğru yaklaşırlarken değiştiklerini görebiliyormuş. Kısa süre için bile olsa, bütün yıldızlar galaktik ömrün ilk günlerinde varlık ve bereket içinde parlayan mavi-beyaz yıldızlara dönüşüyorlarmış. Galaksilerin pek çoğu mevcut olan diğer tüm yıldızlardan gelen ışıktan daha baskın olan yoğun merkez yıldızlarının ışığıyla aydınlanıyorlarmış. Zamanın bu tersine akan tarihini izlerken, yoğunlaşan gaz kümelerinin doğum sancıları tersine ilerlerken, yıldız yangınları da sönüyor, nükleer fışkırmalar yatışıyormuş. Evren, prensesin gözünde giderek karanlık bir boşluğa dönüşüyormuş.

Sonra, tam bir karışıklığın yaşandığı kısa süreli bir dönem başlamış. Dramatik olaylar meydana geliyor ancak her şey Aurora'ya herhangi bir şey ifade edemeyecek kadar hızlı ve karma-karışık geliyormuş. Bütün bunlardan sonra da bambaşka bir yere ulaşmış.

Kendinden emin bir sesin, "Pekâlâ, beyler!" dediği duyulmuş. "Şirketin baş temsilcisi olarak, siz müstakbel hissedarlarımıza bu muhteşem girişimde hitap etmek benim için bir zevk. Bu öyle her gün ya da her çağda insanın karşısına çıkan bir fırsat değildir. *Evren* olarak bilinen bu yeni girişime dâhil olduğunuz için kendinizi kutlayabilirsiniz. Buraya en çok inanılan yaratılış efsanelerinin birçoğunun temsilcileri olarak davet edildiniz çünkü kurul bu proje için önemli olduğunuzu düşünüyor. Hepiniz birleşme belgesinin kopyalarını imzaladıysanız, halkla ilişkiler elemanlarımız tarafından 'Büyük Patlama' olarak adlandırılan sürece başlayabiliriz."

Konuşmacı Aurora'nın görüş alanında değilmiş çünkü prenses de dinleyicilere doğru bakıyormuş. Karşısında gördüğü, büyük ve oldukça karışık bir grupmuş. Grubun içinde kanatlı ya da kanatsız, parlak elbiseli, uzun boylu tipler baskınmış; zırhlar içinde, sakallı tanrılar ile buz devlerinden oluşan küçük bir grup ve ayrıca çeşitli kocaman kuşlar ve kaplumbağalar ile birçok ilginç şaman ve küçük tanrı hazır bulunuyormuş. Kocaman bir balta taşıyan, dikkat çekici saçları olan bir tip, artık hiçbir şeyin eski günlerdeki gibi olmadığından şikâyet ederken, grubun baş-



ka bir üyesi karşılık olarak, zaman henüz başlamadığı için daha eski günler olamayacağını kendisine hatırlatınca, küsüp başka hiç bir şey söylememiş.¹

“Evet, hanımlar, beyler ve çeşitli efsanevi yaratıklar,” diyen konuşmacının sesi kendinden gayet emin bir şekilde gürlüyorken, eklemiş, “ve çeşitli vücut kısımları.” Konuşmacı, kalabalığın arasında, ilk hapsirliğiyle yıldızları gökyüzüne saçtığına inanılan Büyük Burun’u görmüş. Neyse ki bu yeni projede Büyük Burun çok küçük bir hissedarmış ama varlığı hala takdire şayanmış. “Ve bu nedenle,” diye devam etmiş konuşmacı, “Evrensel Evren Şirketi’nin başkanı olarak, sizlere Evren’i sunuyorum!”

İzleyicilerin önünde, küçük, yoğun bir nokta görülüyormuş. Bu noktanın ılık ılık parlamadığını söylemek doğru olmaz, çünkü o aşamada henüz ışık yokmuş ama yine de nokta, bariz biçimde görünür olarak orada göze batıyormuş. O nokta, *Her şey*’miş.

Aurora, beklenen an gelmeden hemen adını kaydettirmiş ve o anda nokta ‘genişlemeye’ başlamış. ‘Genişlemek’ aslında onun

1. YASAL UYARI: Yönetim, zamanın yalnızca Evren™’in bir özelliği olduğunu belirtmek ister. Tarih sırası ya da zamanla ilgili bir ilişki öne sürebilecek herhangi bir kelime, mevcudiyeti ya da etkin varlığı hakkında bir garanti biçimi olarak alınamaz (Üzgünüm, “zaman” kelimesi ağızımdan kaçtı!).

davranışını tanımlamak için zayıf kalıyormuş çünkü küçük bir zerrecikten Evren kadar muazzam bir alana yayılıyormuş. İşte o nokta, gerçekten de şu anda görülebilen Evren'in ta kendisiymiş.²

"Ne oldu?" diye yüksek sesle düşünür gibi konuşmuş, Prensese.

Arkasından bir ses, "Bu Evren'in ilk genişleme çağı; şişerek genleşme dönemi," demiş. Prensese dönüp sesin geldiği yöne baktığında, toplantıda yan yana bulunduğu hissedarlardan biri olduğunu anladığı takım elbiseli genç bir adam görmüş. Ceketinin yakasına taktığı rozetin üzerinde, 'Ben Paul, zorlarım,' yazıyormuş. Elinde, üzerinde çeşitli kâğıtların sıkıştırıldığı bir klipsli kâğıt altlığı taşıyormuş. Aurora, en üstteki kâğıdın başında, 'Evren'in dört temel problemi,' yazdığını görmüş. Laf aramızda, prensese, problem sayısının evren için biraz düşük olduğunu düşünmüş.



"Planck çağını geçtik," diye bağırması, diğer bir yandaki başka biri. "Bu dönem, kütleçekimin çok yoğun olduğu ve bu yüzden de UzayZaman temellerinin kuantum fiziğinin etkisi altında kaldığı başlangıç dönemidir. Bu aşamada Uzay ve Zaman pürüzsüz ve sürekli değildir. UzayZaman köpük yığınları şeklinde küçük parçalara ayrılmış ve dağılmıştır ya da bana söylenen bu. Kütleçekim o kadar güçlü ki, zaman, uzayımsı biçimde bükülmüştür. UzayZaman'ın zaman ve uzay eksenleri ayırt edilemez ve birbiri içine geçmiştir. Bu yüzden de, bırak geçmişi, zamanın belirgin bir başlangıcı bile yoktur.³ Zaman Evren'e gömülmüştür ve dolayısıyla Evren'in başlangıcı, zamanın da başlangıcıdır. Neyse ki bu aşama çok uzun sürmedi; muhtemelen bir saniyenin milyar kere milyar kere milyar kere milyar kere milyonda birinden daha kısaydı."

"Bu çok şaşırtıcı," demiş kız.

2. Sorun yok. Gelişmekte olan Evren'de bulunduğumuz için "zaman" diyebiliriz.

3. Böyle bir durum doğası gereği kafa karıştırıcıdır. Bir geçmişin yokluğu genellikle Kuzey Kutbu'nda daha kuzeye gidememeniz ile karşılaştırılır. Bu pek faydalı bir benzetme olarak görülmeyebilir, ama kişinin düşünmesini sağlıyor.

“Ah, öyle. Ben bunları hiç kafama takmıyorum. Bu tür konuları arka plandaki uzmanlara bırakıyoruz. Ben kendi problemlerimi çözmek konusunda yeteri kadar zorlanıyorum.” Elindeki klipsli kâğıt altlığını prensese doğru tutmuş. “Yönetim için her şey tamam. Yönetim kurulu kararı alındı ve bunların üzerinde yapılacak çalışmalar elemanlara bırakıldı. Ben ve benim gibilerin de formlardaki ayrıntıları doldurması gerekiyor. İlk kısımların bazılarında tam olarak emin değilim ama sonunda hepsinin hallolacağını biliyorum. Örneğin, şuna bak.” Altlığı tekrar prensese doğru tutmuş ve en üstteki maddeyi göstermiş; başlıkta ‘Ufuk Problemi’ yazıyormuş.

“Bu problem, Evren’in, daha sonraları da gözlemleneceği üzere, büyük ölçekte çok tekdüze olduğu için ortaya çıkmıştır. Senin zamanında görünen Evren’e bakarsan, yıldızlar, gezegenler ve galaksiler gibi küçük düzensizlikler dışında, gerçekten büyük ölçekte her şeyin aynı olduğunu görürsün. Şimdi, eğer bir şey her yerde aynıysa, bir zamanlar her şeyin birbirine karışmış olduğunu söylemek makul bir tahmindir. Eğer kaynar bir sıvı ve bir avuç buzun varsa ve onları bir araya getirip bir süre beklersen, ne kaynayan ne de donan ama her yeri aynı olan yeni bir durum ortaya çıkartacak biçimde karışırlar. Böyle bir karışımda, tüm büyük değişkenlikler yumuşayacaktır ama bu da zaman alacaktır. Sorun,” diye devam etmiş elini klipsli kâğıt altlığının üzerinde sallayıp vurgularken, “bunun gerçekleşmesi için yeteri kadar zaman yok gibi görünüyor olması.

“Gözlemlenen Hubble genişlemesini, her şeyin bir noktada toplandığı bir ana kadar geriye doğru takip ederek, Evren’in yaşına kabaca ulaşılabilir. O noktada, bırak her tür yumuşama süreci için gerekli olan bir sürü değişimi, bir ışık sinyalinin bile senin görülebilir Evren’inin bir tarafından diğer tarafına gitmesine yetecek kadar zaman olmadığını görürsün. Evren tabii ki sürekli olarak genişliyor, bu nedenle de her şey geçmişte birbirine daha yakındı. Bununla birlikte, Evren, o kadar da uzun zamandır mevcut değil, dolayısıyla *görülebilir* Evren daha küçüktür çünkü ışık sınırlı bir hızda hareket etmektedir. Genel bir kural olarak, ne kadar çok zaman geçerse, uzak Evren de o kadar çok görülür çünkü ışığın seyahat etmesi için daha çok zamanı olur. Şimdi si-

zin görünebilir Evren'inizin büyük bir kısmı, geçmişte ışık sinyallerini birbirine yollayamamış alanlardan oluşur."

"Işık sinyalleri tek kıtas mıdır, peki?" diye sormuş Aurora.

"Muhtemelen değildir ama hiçbir şey ışıktan hızlı gidemez.⁴ Bununla birlikte bu problem için dolaylı bir yolumuz daha var. Onu da şişme ile yapıyoruz."

"Bu şişme nedir ve ne işe yarar?" Aurora'nın, düzgün konuşma ve düşüncelerini iyi organize etme konularında iyi bir eğitim aldığı çok belli oluyormuş.

"Pekâlâ," diye başlamış Paul, "Sahte vakum ile başlıyoruz." Aurora, bir tür açıklamanın geldiğini düşündüğünden, akıllıca davranarak hiçbir şey söylememiş. "Sahte vakum, her şeyin basit ve simetrik olduğu bir durumdur. Farklı kuvvetler yoktur ve bütün kuvvetler aslında tek bir temel kuvvet cinsinden türemiştir, üstelik birbirlerinden de ayırt edilemezler. Hepsi aynı yerden çıkmıştır. Sözüünü ettiğimiz evre, henüz parçacıkların ortaya çıkmadığı dönemdir ve ortada 'boş' uzayın kütleçekiminden başka hiçbir şey yoktur.

"Sahte vakumda, bir tür kütleçekim kuvveti vardır ve aslında, vakumun kendi UzayZaman çerçevesinde bu kuvvet çekici değil itici bir güçtür. Bu aşamada parçacıklar olmadığından ve parçacıklar arasındaki itişmeleri dengeleyecek çekici bir kütleçekim de bulunmadığından, uzay genişledikçe genişler. Bu itmeyi hisseden parçacıklar olsaydı, kütleleriyle sınırlı olan sonlu bir ivme kazanırlardı. Ama uzayda parçacıkların kütlesine benzer hiçbir şey olmadığından, Evren oldukça hızlı genişledi - aslında fazla hızlı genişledi. Bir saniyenin milyarda birinden daha az bir sürede uzay iki katma çıkarak onlarca milyar kat daha büyüdü. Bu da, bir hidrojen atomunu, sizin zamanınızda görünebilir Evren'in büyüklüğünden daha büyük bir boyuta getirmek için gayet yeterlidir. Yani, şişme olmadan önce, şimdi sizin görülebilir Evren'iniz olan bölge çok küçüktü ve dolayısıyla da diğer bölgelerle karıştırılabilirdi. Bunu ben düşündüm, biliyor musunuz?"⁵ diye gururla eklemiş.

"Çok uçuk bir durum," demiş prenses, soğukkanlılıkla.

4. Einstein'in görecelik teorisi bunu gerektirir. Tamam, bu Einstein için bir teori, ama ortaya atıldığından bu yana gayet güzel kanıtlanmıştır.

5. Hayır, o düşünmedi. Aslında kozmik şişme fikrini ilk ortaya atan Alan Guth'du.

"E tabi, zor koşullar, uçuk öneriler gerektirir," diye kaçamak bir cevap vermiş, genç adam.

"Fakat tüm bu genişleme, cisimlerin ışık hızından daha hızlı gittiği anlamına gelmiyor mu?" diye sormuş, Aurora.

"Ah, hayır, öyle değil. Hiçbir madde uzayda ışıktan daha hızlı gidemez ve hiçbir bilgi daha hızlı iletilemez. Ama biz *uzayda* hareket eden bir şeyden bahsetmiyoruz; bir genişlemeden söz ediyoruz ve genişleyen şey uzayın kendisidir. Bu çok farklı bir şey."

"Şişme, bir sonraki problemde de bize yardımcı olacak." Klipsli kâğıt altlığındaki bir sonraki sayfayı çevirmiş. Buradaki başlık, 'Düzlük Problemi' imiş.

"Bu problem 'İnce Ayar Problemi' olarak da adlandırılır. Evrendeki madde miktarı ile ortaya çıkan kütleçekimin Hubble genişlemesini durdurup durdurmayaacağı ile ilgilidir. Kütleçekim kazanırsa, genişleme yavaşlayıp durur ve Evren son bir *Büyük Çöküş*'e doğru gider. Bu bir alfa ve omega durumu olarak adlandırılabilir. Evren'in doğumuna yaklaştıkça bu kesinlikle bir alfa anıdır; Evren'in nihai durumu da omega'ya bağlıdır. Ω ile gösterilen omega değeri, Evren'in genişlemesini yavaşlatıp durdurmaya yetecek kütle miktarıyla, hâlihazır kütle miktarı arasındaki orandır. Eğer Ω 1'den büyükse, Evren sonunda kendi üstüne çöker ve bu durumda UzayZaman pozitif olarak bükülür. Uzay ve zaman birbirlerine yaklaşmışlardır ve aralarındaki ilişki de tıpkı bir kürenin yüzeyi gibidir. Eğer Ω birden küçükse, Evren sonsuza kadar genişleyecektir. Ω bire eşitse, genişleme yavaşlayıp duracak ama bu durum sonsuza kadar sürecektir. Arka planda çalışan çocukların dediği biçimiyle, genişleme hızı 'ancak sonsuzda sıfır olacak şekilde' azalır. İşte bu durumda da UzayZaman dümdüz olur, hiç bükülmez. Bu yüzden meseleye 'Düzlük Problemi' diyoruz.

"Akıllı insanlar ve astrologlar, sizin zamanınızdan kısa bir süre sonra, görülebilir tüm yıldızların toplam kütlelerinin Evren'in genişlemesini durdurmak için gerekli kütle miktarının gayet altında olduğunu bulacaklardır. Ama uzayda ışık vermeyen ve teleskoplarla görülemeyen başka kütlelerin de belirtileri vardır. Bu 'karanlık maddeler', kütleçekimlerinin galaksiler içinde dönen yıldızların yörüngeleri üzerinde sahip olduğu aleni etki-

ler sayesinde bilinmektedir. Bu yörüngeler, galakside görünen yıldızların kütleleri tarafından oluşturulandan daha fazla bir kütleçekimle gerçekleşebilecek konumlardadırlar. Eksik kalan kütleçekimi sağlayan da işte bu karanlık maddelerdir.

“Var olan toplam maddenin Ω 'yı bire eşitlemek için gerekenin onda birinden az olduğu bulunmuştur – bu hesabın doğru dürüst yapılabilmesi için görünmeyen kütlelerin ve kütleçekim alanlarının da hesaba katılması gerekir. Söz konusu görünmez kütleler ortalıkta olduğu sürece de bu hesabın sonucunu tam olarak söylemek çok zordur. Ω 'yı bire eşitleyecek böylesine yakın bir değer, Evren'in uzun yolculuğuna genişleme ile başlamış olduğu düşünüldüğünde, uzaydaki maddenin zamanla kayda değer biçimde dengelenmiş olduğunu gösterir.”

“Bir şeyin on katı kadar büyük başka bir şeyle dengelenmiş olduğunu söylemek pek akla yatkın gelmiyor kulağa,” diye karşı çıkmış, bu tür konularda daha net bir anlayışa sahip olarak yetiştirilmiş olan Aurora.

“Ah, ama bu on kat faktörü uzun bir zamanın geçmesinden sonra ortaya çıkmıştır. Genişleme devam ettikçe galaksilerin tümü de birbirlerinin kütleçekimlerinden uzaklaşıyorlar. Dünya'nın kütleçekim alanını terk eden bir nesneyi düşünmek, söylediğim etkileri anlamanıza daha çok yardımcı olacaktır.

“Dünya'dan yükselip göklere doğru süzülen uzay gemilerinin bulunduğu bir zamanda yaşadığınızı düşünün. Dünya'dan kaçmak için, Dünya'nın yüzeyinden en azından *kaçma hızı* ile fırlatılmak zorundadırlar. Bu hız, uzay gemisinin Dünya'nın yerçekimi ile bağlandığı enerji kadar kinetik enerjiyi gemiye kazandırabilecek bir hızdır. Bundan daha az enerji olursa, gemi yükselirken bocalar ve tekrar Dünya'ya düşer. Daha fazla enerji ile ise, gemi kendisini kürenin çok uzaklarına taşıyacak kinetik enerji fazlası ile yola çıkar. Geminin ilk hızı tam olarak kaçma hızına eşitse, gemi kaçabilir, ama hızı giderek azalır çünkü fazladan kinetik enerjisi yoktur, bu nedenle de çok uzak bir mesafeye bile ulaşmış olsa, artık Dünya'dan çok yavaş uzaklaşarak hareket ediyor olacaktır.

“Buradan da açıkça görebileceğin gibi,” diye devam etmiş, heyecanla, “belirgin miktarda fazladan *bir* hız varsa, kaçmak için *gerekli* olan hız sıfıra doğru düştüğünde, sonlu asıl hızın, bu

giderek azalan gerekli hıza oranı büyüdükçe büyür. Ne kadar küçük olursa olsun, ortada bir değer varsa daima sıfırdan büyüktür ve bir çarpanla çarpıldığında da sıfırdan büyük bir değer verir. Uzay gemisi Dünya'dan giderek uzaklaşırken, Dünya'nın onu geri çekmek için giderek daha büyük bir kütleyle ihtiyacı olacaktır. Dünya'nın kütlesi bir süre sonra uzay gemisini tutabilmek için iyice küçük kalacak ve bu durum sonsuza kadar sürecektir.

"Aynı durumlar galaksilerin genişlemesi için de geçerlidir. Kozmik genişlemenin ilk hızının, tam olarak olmasa da, toplam kütleçekim ile aşağı yukarı dengelendiğini varsayalım. Bir süre geçtikten sonra, Evren'in süregelen genişlemesini durdurmaya yetmeyecek küçüklükte bir toplam kütleyle sahip olacağını bekleyebilirsin. Burada etken olan toplam kütlelin gözlemlenebilir onda birlik bölümü bile gayet kayda değerdir.

"Kozmik şişme 1'e oldukça yakın bir Ω değeri öngörür ve bu durumda UzayZaman düzdür. Şişme, UzayZaman'da görülebi-
lecek sapmaları düzeltmek eğilimindedir; tıpkı büyük bir balonun üzerinde, küçük bir balonun üzerindeki göre düzgün yüzey alanının daha fazla olması gibi. 1'e eşit olan Ω değeri, Dünya'dan kaçabilmek için gerekli hıza sahip bir uzay gemisini işaret eder. Bu durumda kinetik enerji ve kütleçekimiyle bağlanma enerjisi eşit ve zıt yönlü olduğundan toplam enerji sıfırdır."

Paul, Aurora'ya doğru dönmüş ve söylediklerinin önemini vurgulamak için parmağını havaya kaldırmış. "Eğer Evren, hiç enerjisi olmayan minik bir nokta olan sonsuz küçüklükte bir tohumdan başlayıp şu andaki Evren'e doğru şiştiyse, toplam enerjinin daima sıfır olmasını bekleyebilirsin. Evren'deki maddenin hareketinde etkin olan pozitif enerji, kütleçekimin yarattığı negatif kütleçekimsel bağ enerjisi ile dengelenir. Bu da, çok düşük enerji yatırımı maliyeti olan bir Evren demektir - bizim



yönetimimiz için gayet çekici bir özellik yani. Enerjinin böylesine dengelenmesi Ω 'nın 1 olması anlamına gelir. Tercih sebebi olan bu senaryoda, kozmik genişleme muhtemelen sonsuza kadar sürecek, durma noktasına doğru ilerlemeye devam edecek, ancak bu noktaya asla ulaşamayacaktır.”

“Yaşayan bir Evren’e ihtiyacımız olduğunu da aklından çıkartma,” diyen yeni bir otoriter ses araya girmiş. Aurora dönmüş ve karşısında, uzun etekleri uçuşan bir cüppesi ve uçuşan sakalları olan birini görmüş. Adam, şişirilmiş Evren’in suni vakumunda havada süzülüyor ve elinde taştan bir tablet görünümünde olan imzaladığı sözleşmelerin birer kopyasını tutuyormuş.

“Ben proje hissedarlarının temsilcisi olarak seçildim ve elimdeki bu protokol açık biçimde içerisinde yaşam olan bir Evren talep edildiğini söylüyor. Başlangıçta çok fazla madde olsaydı, Evren daha kısa zamanda çöker ve gezegenleri ışıklarıyla aydınlatan yıldızların yaşamı geliştirebilmesi için gereken uzun süre sağlanamazdı. Bunun tersine, çok az madde olsaydı da, genişleme haddinden fazla hızlı olacağından, galaksiler ve yıldızlar oluşamazdı. Bunların hepsi bu sözleşmede var.”⁶

KOZMOLOJİK İNSAN VAROLUŞU İLKESİ

Bu kavram, Evren’in bizlere harika biçimde uygun bir yer oluşunu açıklamaya çalışan bir kavramdır. Eğer pek çok temel niteliklerden bazıları birazcık farklı olsaydı, Evren, bizim şu anda sürdürdüğümüz yaşamın gelişimini sağlayamazdı. Zayıf etkileşim birazcık daha güçlü olsaydı, yıldızlar hızla yanıp tükenir, yaşamın gelişmesi için gereken zaman olmazdı. Kütleçekim biraz daha zayıf olsaydı da, bu kez galaksiler ve yıldızlar hiç oluşamazdı.

6. Evren’in yaşam içermek zorunda olduğunu ciddi anlamda önermiyorum, çünkü bu bir takım başlangıç sözleşmeleri ile garanti altına alınmıştır. Bununla birlikte, *Kozmik Antropi İlkesi*, eğer ona inanıyorsanız, gördüğümüz Evren’in yaşamı meydana getirmek amacıyla dikkatlice kurgulandığını oldukça ciddi bir biçimde ifade eder, sonuçta onu görmek üzere buradayız. Ya bu şekilde tasarlandı ya da pek çok olası evren içinden, yaşam meydana getirebileni görüyoruz.

Güçlü İnsan Varoluşu İlkesi, Evren'in varlığının onu anlayacak düşünce gücüne (bize) ihtiyaç duyduğunu ve bu nedenle de Evren'in yaşamın gelişimini desteklemek zorunda olduğunu söyler.

Bu ilkenin daha zayıf bir biçimde dile getirilmiş hali de, 'mademki buradayız, o halde Evren, bizim içinde yaşayabileceğimiz gibi olmak durumundadır' şeklindedir. Bu görüşe karşı çıkamazsınız.

"Endişe etmeyin, bayım," diye karşılık vermiş Paul, teskin edici bir ses tonuyla. "Sözleşmemizdeki her ayrıntıya uyacağımızdan emin olabilirsiniz. Yaşam olacak. Bolca yaşam olacak. Yalnızca bir süre beklemeniz gerekiyor."

Sonra Aurora'ya dönerek, "Bu kadar sohbet yeter!" demiş. "Uzun süredir konuşuyoruz ve zaman bizi beklemeyecektir.⁷ Evren'in şişme dönemi yalnızca bir saniyenin milyarda biri ya da o civarda bir süre aldığından, bir sonraki aşamaya geçsek iyi olur. Suni vakum yerini uzayın normal vakumuna bırakırken bir evre dönüşümü olur. Normal uzay önce kabarcıklar halinde yoğunlaşır, tıpkı donan suda önce kristaller ve kar taneleri gibi parçacıkların ortaya çıkması, sonra homojen biçimde tüm bölgelerin buza dönüşmesi gibi. Suni vakum değişirken, muazzam enerjisini dışarı salar ve bu enerji, Evren'deki parçacıkların oluşumunu sağlar; özellikle de fotonların oluşumunu. Bu noktada 'Bırak ışık gelsin!' diye haykırabilirsiniz ama bu gördüğün, enerjinin ışıktır; değiştiği an bizi dağlayacak kavranması zor bir ışık." O konuşurken, saçılan fotonlar etraflarını sarıyor, kozmik ateş topu da daha tanıdık bir forma dönüşüyormuş. Suni vakum fazla enerjisini foton seli halinde salıyor ve bu fotonlar da bol miktarda parçacık karşı-parçacık çiftleri meydana getiriyorlarmış. Bu dönem, Evren'de olası tüm parçacıkların ve onların gölgesi gibi beliren eşleri karşı-parçacıkların ortaya çıktığı, demokratik karmaşa dönemiymiş. Dünya, bir bakıma fokurdayan bir kuark çorbası kazanı gibiyken, elektron ve diğer leptonlar da karışıma baharat olarak katılıyorlarmış. Bütün bu parçacıkların ortaya

7. Asla beklemez.

çıkması için gereken enerjide sorun yokmuş çünkü ortalıkta haddinden fazla bol miktarda enerji bulunuyormuş.

“İşte benim problemlerimden biri bu aşamada ortaya çıkıyor,” diye devam etmiş, Paul, “Bir foton her zaman bir kuark ve bir de *karşı-kuark* oluşturur. Bu durum, sonunda atomların oluşmasını sağlayan elektronların durumunun aynısıdır. Bu parçacık çiftlerinin her biri birlikte oluşur; parçacık ve karşı-parçacık, yani pozitron. Böyle olunca da, Evren’de ne kadar madde varsa, o kadar da karşı-madde bulunmalıdır; ama gayet açık biçimde, bulunmaz.”

“Bulunmaz mı? Nasıl bu kadar emin olabiliyorsunuz?”

“Şimdi, eğer etrafta karşı-madde olsaydı ve normal maddeyle karşılaşsaydı, bunlar birbirlerini *yok ederlerdi* – parçacık karşı-parçacık çiftleri gerisin geriye fotonlara dönüşürdü. Bu fotonlar da, kendilerini oluşturan parçacıkların durgun kütle enerjilerini taşırlardı ki söz konusu enerji hem gayet büyük hem de maddeye özeldir. İşte bu *yok olma radyasyon* enerjisi kolaylıkla tanımlanabilir ama onu göremezsiniz. Yıldızlararası uzay boşluğunda, galaksimizde bulunan karşı-maddeden meydana gelmiş herhangi bir yıldızla etkileşime girerek, tespit edilebilir radyasyon salacak yeterince madde vardır. Evren’de karşı-madde varsa, yakınımızdaki bir maddeden çok uzakta bulunmak zorundadır ve madde ile karşı-maddenin bu kadar mükemmel biçimde birbirinden ayrı kalmayı nasıl başardıklarını anlamak da oldukça zordur. Kuarklar ile karşı-kuarklar tam olarak eşit sayıda bulunsalardı, Evren genişlemeye ve soğumaya devam ederken, bunların birbirlerini yok edip fotonlara dönüşeceğini tahmin edebiliyorsunuzdur. Bütün maddeler aynı şeyi yaparlar. Yalnız bazı maddeler, anti-maddeleriyle karşılaşp çatışmaktan kaçmayı başarıp, arkalarında çok daha küçük bir madde atığı bırakırlar ki, işte sizin dünyanızda çevrenizi saran maddeler bunlardır.”

O anda, “Bu kabul edilebilir bir şey değil,” diyerek araya bir ses girmiş. Yine elindeki sözleşmenin kopyasını havada sallayan hissedarlar temsilcisi, bütün azametiyle söze karışmış. Söylediklerine vurgu katmak için de ayağının etrafında şimşekler çakıyormuş. “Madde olmak zorunda!” diye gürlemiş. “Maddeye sahip olmak zorundayız. Madde önemlidir. Maddenin olup olmasının önemsiz olduğunu söyleyemezsiniz çünkü maddenin

olacağı bu sözleşmede yer alan önemli bir maddedir!" Adamın sesi titriyor ve resmen yer gök hışımıyla sarsılırken, elindeki belgeyi hala havada sallıyormuş.

"Bu arkadaştan yakında usanacağım," diye mırıldanmış Paul, Aurora'ya doğru eğilip. Sonra doğrulup, bir kez daha yüksek sesle ve tane tane açıklama yapmış: "Endişelenmeyin efendim. Madde sağlanacak. İlgilendiğim dört problemin bir diğeri de bununla ilgili." Elindeki klipsli kâğıt altlığının üzerindeki kâğıtları bir kez daha çevirmiş ve başlığında 'Baryon Asimetrisi Problemi' yazan kağıdı işaret etmiş.

"Evet?" diye sormuş Aurora, kraliyet ailesi mensubu olmaktan kaynaklanan sabırsızlığını ele verircesine, "Nedir bu Baryon dediğiniz, tam olarak?"

"Ah, baryonlar atomların çekirdeklerini oluştururlar ve atomlar da, bildiğiniz gibi, Evren'i meydana getirirler. Bunlar çeşitli kuark bileşimleridirler ve etrafımız, yüksek enerjili fotonlar tarafından oluşturulmuş pek çok kuarkla doludur. Bununla beraber, her bir kuarkın da baş düşmanıyla, yani karşı-parçacığıyla dengeye geldiğini biliyoruz. Madde dolu bir Evren'imiz olacaksa, asimetriye ihtiyacımız vardır. Madde ve Anti-madde birbirlerini yok ettiklerinde geriye bir şeylerin kalması için birinin diğerinden daha fazla olması gerekir. Ve söz konusu asimetri durmadan gelişiyor. Eğer sabırla dinlerseniz, size bunun nasıl olduğunu anlatırım." Bu son uyarı, pek sabırlı görünmeyen hissedar temsilcisine yönlendirilmiş.

EVREN'İN YEDİ ÇAĞI

- 1- *Planck Çağı.* Buradaki fizik garip, bilinmez ve yabancıdır. Enerji seviyeleri yüksektir ve Evren, boyut bakımından kavrayışımızın ötesinde bir genişlemeye sahiptir. Şişme bu dönemde olmuştur.
- 2- *Parçacık oluşumu.* Suni vakumdaki muazzam enerji, parçacık karşı-parçacık çiftlerinin oluşturulması sırasında harcanır. Bunlar bir tür termodinamik dengededirler ve farklı türlere serbestçe dönüşebilirler. Artık bilindik süreçlerle ilgilenmeye başlıyoruz.

- 3- *Uzayın genişlemesi dalga boylarını artırır ve enerjiyi azaltır.* Parçacıklar daha düşük kütleli parçacıklara bozunurlar; nötron ve protonlara. Bunun sonucunda, karşı-parçacıklarda parçacıklara göre küçük bir eksilme meydana gelir.
- 4- *Nükleonlar çekirdekleri oluşturmak için birleşirler.* Elektronlar hala serbesttir ve ışığı dağıtmakla meşguldürler. Böylece büyük bir termodinamik karışım oluşturup, maddenin dağılımındaki düzensizlikleri toparlarlar ve gelecekteki Evren'i oluşturmaya başlarlar.
- 5- *Yüksüz atomlar oluşur.* Artık az bir foton etkileşimi vardır. Kalan fotonların çoğu da kozmik arka plan radyasyonu haline dönüşmüş, enerjileri giderek düştüğünden, Evren'in geri kalanını umursamaz hale gelmişlerdir.
- 6- *Galaksiler oluşur.* Karanlık madde yığınları, Evren'in süregelen genişlemesine karşı uzaydaki malzemeleri bir arada tutar.
- 7- *Yıldızlar oluşur.* Artık ölmüş olan Süperdev yıldızların içinde oluşan yeni yıldızların çekirdekleri çok daha ağırdır. Bu yıldızların etraflarında, ağır elementlerin bir araya toplanmasıyla oluşan gezegenler belirir ve sonuçta da yaşam ortaya çıkar – yani BİZ!

“Bu aşamaya kadar parçacıklar arasındaki zayıf, güçlü ve elektromanyetik etkileşimler hala tek tiptir – birbirlerinden belirgin biçimde farklı değildirler. Evren başlangıçta genişledi ve tüm geçmişi boyunca da genişlemeye devam etti. Uzay genişlerken, bu uzayda bulunan fotonların ve diğer parçacıkların dalga boyları da onunla birlikte sürekli olarak uzadı ve dalga boyları arttıkça foton enerjileri azaldı çünkü daha uzun dalga boylu bir foton daha düşük enerjili bir foton demekti. Evren'in sıcaklığı düştü. Sıcaklık, her bir parçacık için ayrı ayrı etkiyen bir enerjidir ve genel olarak düşerken, durumun topyekûn değişmesine neden oldu. Parçacıkların davranışlarını denetleyen etkileşimlerin temel simetrisi bozuldu ve parçacık fiziğinde görmeye alışkın olduğumuz karmaşık davranış biçimleri ortaya çıktı. Parçacıklar kütle kazandılar ve kütleleri bakımından büyük farklılıklar göstermeye başladılar. Daha ağır parçacıklar daha hafif olan-

lara doğru bozunabiliyor ve bu bozunmalardan bazıları yeni yeni kendini belli etmeye başlayan Zayıf Etkileşim nedeniyle meydana geliyordu.

“Zayıf Etkileşim’in tuhaf bir güç olduğunu söylemeliyim. Zayıf olmasına rağmen, diğer etkileşimlerin yapamadıklarını yapar: bir kuark türünü başka bir türe dönüştürebilir. Zayıf Etkileşim daha fazlasını da yapabilir; bazen parçacık ve karşı-parçacıklar arasında da dönüşüme neden olabilir. Bunu o kadar kolay ya da sık sık yapmaz; çok nadiren yapar. Ve nihayet, kuarkların miktarıyla karşı-kuarkların miktarı arasındaki oranın bir milyarda bir olduğu döneme ulaşılır. Bu fark size önemsizmiş gibi görünebilir,” demiş, her biri kendi tarzlarında sabırsızlık belirtirleri gösteren iki dinleyicisine birden. “Ama yalnızca bir tür maddeden meydana gelmiş bir Evren’de bu oran çok önemlidir.

“Sözünü ettiğim tüm etkinlikler sürerken, Evren, en başındaki gibi genişlemeye devam etmektedir. Parçacık momentumları genişleme ile azalabilir ama parçacıkların *durgun kütle* enerjileri olup bitenlerden etkilenmez. Durgun kütle enerjisi, parçacığın bir iç özelliğidir ve etrafındaki uzay genişlerken değişmez. Sonuçta, foton enerjileri uzayın genişlemesi nedeniyle düşerken, fotonların artık yeni parçacık karşı-parçacık çiftleri oluşturmaya yetecek enerjilerinin kalmadığı bir döneme ulaşılır. Protonlar ya da nötronlar kendi karşı-parçacıklarıyla buluştuğunda yok olurlarken, momentumun korunumu esasına göre çiftler halinde fotonlar meydana getirirler ve bu bu şekilde oluşan fotonların kendi başlarına başka parçacık karşı-parçacık çiftleri oluşturmaya yetecek kadar enerjileri olmaz. Parçacıkların yok olması tek yönlü bir süreç haline gelir ve kısa sürede parçacık çiftleri neredeyse birbirlerini tamamen yok ederler. Evren bir foton denizine dönüşür ve geriye az miktarda artık madde kalır. Bu maddeler, samanlıkta iğne gibidirler.⁸ Karşı-parçacıklar yok edilmiş ve geriye sadece eşleri olmayan milyarda birlik orandaki parçacıklar kalmıştır.”

Karşı-parçacıklar Evren’de fiilen ortadan kalkarken, prenses olup biteni ilgiyle izliyormuş. Bu parçacıklar yok olurken, ken-

8. Bu deyim in Evren’de ilk defa kullanıldığı durum olduğu için, aslında çağrışımlar yapan enerjik bir gülümsemeye neden olması gerekirdi çünkü ne iğnenin ne de samanlığın bulunmadığı bir zaman diliminde söyleniyordu.

dileriyle birlikte neredeyse tüm eşlerini de uzaydan siliyorlarmış. Son karşı-parçacık da yok olunca, ekranda aniden ortaya çıkan, ışıltılar saçarak yaklaşan silindirik bir şekil belirmiş ve biraz daha yaklaşıncı bunun uzay kıyafeti içinde sert suratlı bir adam olduğu görülmüş. Adam, yaptığını beğenmiş bir edayla etrafına bakınıyormuş.

“Aha işte, bahsettiğim buydu, Kaptan. Karşı-madde elde edemezsiniz. Elde edebilseydiniz kesinlikle faydalı bir şey olurdu ama yapamazsınız. Elde edilebilecek bir yerde değil,” diyen, az önceki uzay gemisinin makinistinin sesi duyulmuş. Ekranda görünen astronotun yüzünde, suratsız bir zafer edası olarak tarif edilecek bir ifade varmış ve sözünü söyledikten sonra da etrafını saran silindir yeniden ışımaya başlamış ve adam hızla gözden kaybolmuş..

“Şimdi,” diye devam etmiş Paul, bu kurgusal müdahaleyi tamamen göz ardı ederek, “burada, dengeleyici karşı-parçacıkları olmayan, nükleonlar şeklinde madde püskürmeleri ile fotonların baskın olduğu bir Evren görüyorsunuz. Aslında bu madde püskürmesi Evren’inizdeki tüm maddeyi sağlamaya yeter. Gördüğünüz gibi, Evren’de olmasını talep ettiğiniz madde de böylece sağlanmış olur⁹,” diye eklemiş, farazi hissedarlar temsilcisi huysuz ihtiyara hitap ederek.

Aurora, aniden birbirlerine doğru dönmüş ihtilaflı gibi duran iki zıt grubun farkına varmış. Bir tarafta sonsuza kadar gidiyor gibi görünen dizi dizi, akıl almaz sayıda, uzun boylu, pırıl pırıl şahsiyetler duruyormuş. Karşılarındaysa, izci kılıklı bir kaç kişi



9. Burada, çeşitli gereksinimlerin hepsinin zamanın başlangıcında imzalanmış bir sözleşmede bulunduğunu söylemek istemiyorum. Bununla birlikte, tümü de şu anda gördüklerimiz ile ilişkilidir, bu nedenle gerçekten herhangi bir teorenin gereksinimleridir.

görünüyor, ellerinde bir miktar taş, sopa ve tüketici elektroniği aletler, yani kavga için gerekli her şeyi bulunduyorlarmış.

“Işık alayının zaferi adına!” diye bağıryormuş pırıltılı şahsiyetler hep bir ağızdan. “Bizler uzaydaki fotonların temsilcileriyiz, yani Işık Evrenin temsilcileri! Bu sefil Materyalistlerin kismetsiz kalıntılarına karşı nasıl bir zafer kazanacağımızı seyredin şimdi.” Yere çömelmiş bekleyen Materyalistler’se hiçbir şey söylemiyor ama ellerindeki kendilerine güven veren silahlarını daha sıkı tutarak, sanki etraflarındaki Evren’de gerçekleşmesi muhtemel bir olayı umutla bekliyor gibiymişler.

“Şimdi, Evren’de madde mevcuttur,” diye devam etmiş Paul, bu manzaradan hiç de rahatsız olmadan, “ve daha tanıdık bir form almaktadır. Bu evre, Güçlü Etkileşim evresidir ve kuarklar, daha bilindik olan proton ve nötronları meydana getirmek üzere üçer üçer birleşirler.”¹⁰ Aurora kendi kendine söylenerek, bahsi geçenlerin, kendisi için kuarklardan daha tanıdık olmadıklarını mırıldansa da, ders anlatımı hiç durmadan devam ediyormuş. “Bu dönemde, güçlü etkileşimler altındaki parçacıkların tümü ve muhtemelen, yalnızca zayıf etkileşime giren bir grup ağır parçacık görülüyordu. Bu Zayıf Etkileşime giren kütleli parçacıklar, ya da WIMP’ler¹¹, Evren’deki karanlık maddenin önemli bir bileşeni olabilirler.

“Var olan enerjinin genel seviyesi düşmeye devam ettikçe, elimizde yalnızca baryon, proton ve nötronların en hafifleri kalır. Onların da artık çarpıştıklarında daha ağır parçacıkların durgun kütlelerini meydana getirmeye yetecek enerjileri yoktur. Ama yine de Zayıf Etkileşim sayesinde birbirlerine bol miktarda dönüşebilirler. Elektrik yüklerini dengelemek üzere gerekli olan bir pozitron ya da elektron yayımı ile protonlar nötron ya da nötronlar proton haline gelebilir. Mevcut olan parçacıkların ve fotonların genel enerji seviyeleri ne kadar düşse de bir elektronun nispeten küçük durgun kütlelerini meydana getirmeye yetecek yüksekliktedir. Sonuçta elektron, ya da bu bakımdan pozitron, bir protonun iki binde bir kütleline sahiptir.

10. “Pamuk Prenses ile Partikül kadar Küçük İnsanlar” masalı ile önceki kitabım “*Kuarkların Büyücüsü*”ne bakınız.

11. Weakly Interacting Massive Particles.

“Bununla birlikte, Evren her zamanki gibi genişlemeye devam etmekte ve fotonlar ile karşı-parçacıkların enerjileri de düşmeye devam etmektedir. Kısa süre sonra, protonun nötrona dönüştüğünde meydana gelmek zorunda olan pozitron kütlelerini oluşturmaya yetecek enerji de kalmaz. Fakat tersine işleyen süreç hala meydana gelebilir çünkü nötronların durgun kütleleri protonlarınkinden yeteri kadar büyüktür ve bu yüzden de bir elektronun kütlelerini birazcık kayıpla oluşturmaya yetecek kadar enerji daima bulunur. Nötronlar boş uzayda protonlara dönüşebilirler ama mevcut olan çok az enerji vardır ve bu bozunma yavaş bir süreçtir. Nötron, tipik olarak, yaklaşık on beş dakikalık bir bozunma zamanına sahiptir. Evren’in muazzam yaşı ile karşılaştırıldığında bu süre küçük görünebilir ama bu kavramlar görecelidir. Pek çok parçacığın bozunma zamanı ile karşılaştırıldığında da söz konusu süre çok uzundur. Dahası, çekirdek oluşumundan önceki olayların zaman ölçeği ile karşılaştırıldığında da bu süre oldukça uzundur.

“Evren soğumaya devam ederken, nötronlar protona dönüşebilirler ve dönüşürler de ama bu sonsuza kadar devam etmez. Sonunda, proton ve nötronların enerjileri o kadar azalır ki, çarpıştıklarında sekerek birbirlerinden uzaklaşmak yerine, birbirlerine bağlanırlar. Böylece de çekirdekler oluşmaya başlar. İlk başta döteryum (e.n. tek nötronlu ağır hidrojen atomu) oluşur; bu olay bir protonla bir nötronun birleşmesidir. Döteryum çekirdekleri de kısa süre içinde helyumun çok daha kararlı çekirdeklerini oluşturmak üzere birleşirler. Bu süreç gidebildiği kadar sıklıkla tekrar edilir. Helyum çekirdekleri birleşemezler çünkü oluşturabilecekleri sekiz nükleonu içeren yeteri kadar kararlı başka bir çekirdek yoktur. Her sonuç o kadar kararsızdır ki daha büyük bir şey meydana getiremeden parçalarına ayrılır ve çekirdek oluşum süreci fiilen sona erer. Yalnızca çok az miktarda üç proton ve dört nötron içeren lityum oluşturmak mümkündür. Çekirdek oluşumu, zamanın başlangıcından yaklaşık yüz saniye sonra başlamıştır ve bu sürecin sonunda yediye bir oranında proton ve helyum çekirdekleri ile çok az döteryum ve lityum içeren bir Evrenimiz olmuştur. Bu oran ayrıntılı bir hesaplama ile elde edilir ve gerçek olarak gözlemlenenle de uyumludur.

“Nötronların protonlara dönüşüp bozunması, nötronlar artık çekirdeğe bağlanmış olduklarından, durmuştur. Çekirdek içinde de, her bağlı sistemde olduğu gibi, onu oluşturan parçacıkların farklı enerji seviyelerine sahip olan farklı durumları vardır. Atomik seviyede bağlı elektronlarda olduğu gibi, Pauli Dışlama İlkesi’ne göre, proton ve nötronlar gibi aynı özellikteki parçacıkların atom içerisinde bulunma miktarları sınırlandırılmıştır. Bu sınırlama, proton ve nötronlar için ayrı ayrı çalışır. Protonlar, diğer protonlar ile özdeşirler ve nötronlar da diğer nötronlarla ama proton ve nötron farklı muamele görür ve bu yüzden de iki parçacık türü birden müsait enerji katmanını bağımsız olarak doldurabilirler. Çekirdeğin içindeki bir nötron, bir proton için mümkün olan en düşük enerjili seviyeden daha düşük enerjili bir seviyede bulunabilir ve söz konusu seviyelerin enerjileri arasındaki fark, nötron ve proton kütlelerinin enerji cinsinden farkına eşit olmayabilir. Nötron bozunması enerji salmadığından, artık böyle bir bozunma da olmaz. Çekirdek içindeki nötronlar tamamen kararlı halledir.

“Evren’in başlangıcında mevcut olan atomik çekirdek seçimi işlemi artık sağlanmış. Çekirdekler sabit oranlarında kalırlarken, Evren hala amansızca genişlemekte ve enerjiler azalmaktadır. Fotonların ve diğer parçacıkların enerji seviyeleri, elektronların ve pozitronların kütlelerini oluşturmaya yetmeyecek kadar azalınca, devam etmekte olan en son parçacık oluşturma süreci de durmak zorunda kalır. Fotonların artık, elektron pozitron çiftleri oluşturmaya yetecek enerjileri yoktur. Var olan elektronlar ve pozitronlar bozunup yok olduklarında ortaya çıkan fotonlar, bir daha başka bir şeye dönüşemeyip, foton olarak kalırlar. Elektronların ve pozitronların büyük bölümü de, tıpkı daha önce nükleonlarda olduğu gibi, karşı-parçacık bulamamış bir kaç elektron dışında Evren’den tamamen ayrılmışlardır. Artık Evren’de fotonlar baskındır – yani ışık.”

O sırada ışık alayı aniden, “Neşelenin!” diye bağırarak hep bir ağızdan. Paul sinirli bir ifadeyle o yana bir bakmış ama sözünü hiç kesmemişler gibi devam etmiş.

“Işığın enerjisi hala Evren’in toplam kütlesi içerisinde en büyük orana sahip olsa da tek tek fotonların enerjileri artık çok küçüktür. Bu kadar baskın olmalarının yegâne nedeni sayılarının

çok fazla olmasıdır. Evrende, kütleli parçacıklardan bir milyar kat daha fazla foton vardır. Kozmik sahnemizde belirdiklerinden bu yana ışık ve madde hala yakın biçimde birbiri içine geçmiş durumdadır. Foton oluşumu artık durmuş, var olan fotonların enerjileri de giderek azalıyor olsa da, fotonlar hala serbestçe dolanabilmekte, bağlanmamış elektronlara ve az da olsa pozitif yüklü atom çekirdeklerine çarparak Evren’de kolaylıkla etrafa saçılabilirlerdir.

“Bu saçılmalarda ışıkla madde momentum ve enerji alışverişi girerek bir dengeye ulaşmaya çalışıp, tek tip bir karışım haline geçmeye çabalarlar. Yakında bu saçılmalar da sona erecektir. Fotonların enerjileri o kadar düşecektir ki, ışık artık atomları iyonize edip elektronlarını ayırarak onları bozamayacaktır. Elektronlar da, elektriksel olarak yüksüz atomlar meydana getirmek üzere kendilerini mevcut çekirdeklere bağlayacağından, artık Evren’de serbest elektron kalmayacaktır. Işık, elektrik yüküyle etkileşime girdiğinden ve artık atomlar yüksüz olduğundan, etkileşim oldukça azalacaktır.

“Bu yüksüz atom oluşumu öyle hemen olacak şey değildir, anlıyor musunuz? Yaklaşık yarım milyon yıl sürer, ama sonunda, maddelerden etrafa saçılan ışığın oluşturduğu arka plan sona erer. Bu aşamada ışık, artık sadece 3,000 dereceden daha yüksek sıcaklıktaki yüzeylerden, yani bir yıldızın görünür yüzeyi gibi yerlerden saçılabilir olacaktır. Bu da Son Saçılma dönemi olarak adlandırılır. Bu aşamadan sonra ışık, Evren’in yaşamında bir daha nadiren etkileşime girer. Işık maddeden ayrılır ve ondan sonra kendi zayıflayan ve bağımsız yolunu izler. Daha sonraki zamanlardaysa, ışık bir yıldız veya gezegen tarafından yakalanabilir ama uzay artık o kadar büyümüştür ki, pek çok foton asla bir engelle karşılaşmadan rahatça yoluna devam edebilir. Evren pek çok ışığa karşı saydam hale gelmiş olur ve genel olarak madde artık onu görmez. Bir süreliğine Karanlık Çağ gelmiştir.

“Neşelenin!” diyerek, bir kez daha coşkuyla ünlemiş kalabalık ışık alayı. “Maddenin sıkıcı takipçilerini yendik. Yendik ve her zaman yeneceğiz!”

“Muhtemelen,” diye karşılık vermiş Paul, bu sefer müdahaleyi fark etmeye tenezzül ederek. “Muhtemelen bu aşamada

haklısınızdır ama sonsuza kadar değil. Fotonların yükselişi sona erecek. Foton enerjisi, bu aşamada hala Evren'in toplam kütle-sinde baskın bir yere sahip ama foton enerjileri düşmeye devam etmekte çünkü Evren'in genişlemesi asla durmuyor. Bununla beraber, parçacıkların durgun kütle enerjileri değişmeden kalıyor. Fotonun artık bir durgun kütlesi bile olmadığından sonunda foton enerjileri o kadar azalacak ki, fotonların muazzam miktarlarıyla Evren'in toplam kütle-sindeki baskın rolleri de sona erecek. Şunu kabul etmek gerek, fotonların baskın durumunun ortadan kalkması biraz zaman alacaktır - yaklaşık onbin yıl - ama bu dönemin sonunda Evren'de artık madde baskın olacaktır. Evren'in davranışı üzerinde, madde tarafından meydana getirilen kütleçekimin etkisi, galaksiler arasında hala varlığını sürdüren foton bulutlarının etkisinden çok daha belirleyici bir hale gelecektir."

"Ah, kötü kader, kahpe felek!" diyerek bağırsan Işık Alayı'nın sıra sıra neferlerinin sesi duyulmuş. Durmaksızın, fark edilemeyecek kadar olana kadar sürekli azalıyor ve küçülüyorlarmış. Son bir çaresiz haykırıyla kendilerini Muzaffer Materyalistlerin üzerine doğru fırlar halde bulmuşlar.

KOZMİK ARKAPLAN RADYASYONU

Kozmik arkaplan radyasyonunun varlığı geçen yüzyılın en büyük kozmolojik keşiflerinden biridir. Pek çok insan yüksek frekanslı radyo iletişimine birazcık karışan rahatsız edici bir arkaplan vızıltısını fark etmişti. Belirgin bir yerden geliyor gibi görünmüyordu ve sonunda Bell Laboratuvarları'ndaki iki fizikçi bu konunun üzerine eğildi.

Fizikçiler bu etkileşimin yalnızca bizim galaksimizden değil, dış uzaydan da ve her yönden eşit miktarda geldiğini buldular. Termal bir frekans aralığında titreşen bu dalga, tam da Evren'in kesirilen yaşına ve maddeden ayrılırken dalga boyları uzamış olan fotonlar için beklenen ısıya uyacak sıcaklığa sahipti.

Aurora ve Paul'un etrafını saran aydınlık giderek azalıyor, ışık kırmızıya dönüyor ve giderek görünmez hale geliyormuş. Paul cebinden çıkardığı bir ışıklı kalemi yakmış ve elindeki klipsli kâğıt altlığına doğru tutmuş ve "Artık dört problemimden sonuncusuna geldik; Galaksi Üretme Problemi," demiş. "Bu aşamada Evren, büyük kısmı hidrojen gazı olan bir madde içermektedir ve yoğunluğunda dalgalanmalar vardır. Hidrojen çok sıcak olduğu için, atomlarının tümü hızla etrafta geziniyor olacak ve yalnızca şans eseri olarak bazı bölgelerde diğer bölgelere göre daha fazla bulunacaklardır. Bir gaz atomu ile öbür gaz atomları arasında daima bir kütleçekim etkileşimi vardır ve bu yüzden de atomlar, ortalama miktardan daha fazla bulundukları bölgelere doğru çekileceklerdir. Gaz durağan olsaydı, hali hazırda daha büyük gaz yoğunluğunun bulunduğu bölgelere doğru artan bir yönelim olurdu ve buralarda galaksiler ile yıldızlar oluşmaya başlayabilirdi. Ne yazık ki galaksilerin, dolayısıyla yıldız ve gezegenlerin buralarda oluşmasını zora sokan etkiler vardır; Evren genişlemeye devam ettiğinden gaz da sürekli genişliyor, en azından içinde bulunduğu genişleyen uzay tarafından dağıtılıyordur. Bu dağılma da, gazların bir araya gelip yoğunlaşma çabalarının önündeki bir engeldir."

Aurora, hafif bir esintiyle giderek yayılan bir sis gibi etrafında genişleyen kozmik gazı gördüğünü hissediyormuş. Orada burada daha yoğun olan duman kümeleri varmış ama bunlar kısa süre içinde baskın olan esintinin etkisiyle dağılıyorlarmış. Bu ortamda herhangi bir yoğun nesnenin oluşması mümkün görünmüyormuş.

"Burada gördüğümüz şey," demiş Paul, "Karanlık Tarafın Gücüdür."

"Bu söylediğimle, gördüklerimizin, karanlık maddenin muhtemel etkileri olduğunu kast ediyorum," diye devam etmiş. "Fotonlar ya da Evren'deki diğer maddeler ile hiçbir etkileşime girmeyen ya da çok az etkileşime giren bazı madde türü topakları, biriken gazı uzayın arka planındaki genişlemeye karşı bir arada tutmaya yetecek büyüklükte bir kütleçekimsel çekirdek yaratabilirler. Bu durumda karanlık maddenin aldığı şekli bilemeyebiliriz ama orada olduğunu biliyoruz. Meydana getirdiği kütleçekimin görebildiğimiz madde üzerinde açıkça izlenebilen etkileri

vardır ve büyük miktarda karanlık madde olduğu da kesindir; en azından bize görünen maddenin on katı kadar olduğunu biliyoruz, değil mi?

“Fotonlarla yoğun etkileşim döneminin ardından, Evren’deki gaz tamamen yayılacak ve hiçbir yerde galaksileri oluşturacak yoğunlaşmanın tohumlarını sağlamaya yetecek miktarlara ulaşamayacaktı. Fotonlar negatif yüklü elektronlar ve pozitif yüklü protonlarla çarpışıp etrafa saçıldığında, bu parçacıklar arasında meydana gelen etkileşimlerde düzenli momentum alışverişleri olur ve böylece de önceki dönemlerden kalan düzensiz yığılmalar usulca ve etkili biçimde yola sokulurdu. O zamandan bu güne Evren’in en genel resmini karakterize eden kayda değer benzerlikler, uzayı dolduran ışık kalıntılarının izi sürülerek hala görülebilir. Hangi yöne bakılırsa bakılsın, artık muazzam biçimde tutarlı bir ortak davranış çizgisi gözlemlenebilir.

“Karanlık madde içinse durum farklı olabilir. Devasa ışık seliyle hiçbir etkileşime girmeyen ya da bütün ilişkilerini normal maddelerle kuran herhangi bir materyal, başlangıçta neydiyse sonrasında da bu halini koruyabilir ve uzayın bir yerindeki yoğunluğu ile başka bir yerindeki yoğunluğu arasındaki fark da aynı biçimde kalabilir. Böyle karanlık bir maddenin, sık sık foton tacizine uğrayarak ne yoğunluğunun eşit biçimde yayılması ne de fotonlarla birleşmesi düşünülemez çünkü, adı üzerinde, karanlık olduğundan ışıkla hiçbir etkileşime girmez.”

KARANLIK MADDE

Evren’de karanlık maddenin varlığı yönünde kanıtlar vardır. Bu madde, görebildiğimiz yıldızların muhteiyatında bulunmayan bir maddedir. Farklı büyüklüklerdeki yıldızların gerçek hacimleri gayet net ölçülebilmekte ve böylelikle de o yıldızların içerisinde bulunduğu galaksinin toplam kütlesi de kestirilebilmektedir. Ancak elde edilen değer, bütün o yıldızları galaksi içinde gözlemlenen yörüngelerinde tutmaya yetecek büyüklükte bir kütleçekim yaratacak toplam kütle değeri değildir.

Gerçekten karanlık madde diye, ışıkla etkileşime girmeyen bir madde varsa, uzayda yüksüz çekirdeklerin oluşumundan önce

meydana gelen yoğun foton ve parçacık etkileşimleri döneminde bu etkiyle her yerde aynı ve dengeli biçimde karışmış olmayacağından, pekâlâ etraflarında galaksilerin yoğunlaşabileceği merkezleri sağlayan yoğun topaklar halinde kalmış da olabilir.

Aurora o sırada, uçsuz bucaksız bir foton denizinin etkisiyle sürekli titreşen çekirdek ve elektronları hayal ediyormuş. Titreşiyor, karışıyor ve her yandan saçılan ışıktan kaynaklanan ciddi çalkantılar nedeniyle, dağılımlarında ilk başta bulunan bütün düzensizliklerin yok olduğu, pürüzsüz ve hiçbir özelliği olmayan yeni bir dağılımın içine katılıyorlarmış. Prensese, tüm bu çılgın etkinliğin içinde, arka planda sinsice hareket eden karanlık oluşumun da farkındaymış ve bu karanlık madde, dev dalgalarla bütün uzayı döven foton denizinden hiç de farkı olmayan biçimde çalışıyor, gerçekten karanlık olduğundan da fotonlarla hiçbir etkileşime girmiyormuş. Düzenli hale gelmek adına titreşip karışan elektron ve çekirdeklerin aksine, bu karanlık madde, ilk oluşumunda varolan kümelenmeleri olduğu gibi koruyabiliyormuş.

“Karanlık madde foton saçılmalarından etkilenmese bile,” diye devam etmiş Paul, her zamanki ciddi haliyle, “ortaya çıkardığı, bugün bize daha tanıdık gelen bir etki olan kütleçekim etkisiyle madde formlarını etkilemiş olabilir. Karanlık madde her ne olursa olsun, enerjisi ve kütlesi olan bir maddedir ve bu yüzden de bir kütleçekimi olmak durumundadır. Bazı yerlerde topaklaşırsa, gazları kendine doğru çekebilir ve böylelikle de galaksiler için çekirdek sağlayabilir. Yeteri kadar gaz çekildiğinde, genç galaksi kendi kütleçekimi ile daha da fazla gazı merkezine çekmeye devam edebilecek ve bu süreç kendi kendini sürdürecekle hale gelecektir. Galaksiler yakınlarında bulunan gazları tüketene kadar büyümeye devam edeceklerdir. Bu süreçte, galaksideki gazın yoğunluğu artacak ve sonunda yıldızların doğuşunu desteklemeye yetecek seviyeye ulaşacaktır. Böylece de yıldız ışığı dönemi başlayacaktır.”

Aurora, Evren’i dolduran gazın, genişleyen uzayın her noktasında aynı biçimde yayılmadığının farkındaymış. Orada bura-

da karanlık maddenin dağınık topaklarından yayılan kütleçekimin örümcek ağı gibi tuzaklarına takılan gazların biriktiğini görüyormuş. Bu noktalarda gaz, büyük bulutlar halinde yoğunlaşıyor. Gaz bulutları boyutlarını korurken giderek yoğunlaşıyor ve hatta uzay genişlemeye devam ederken, bulutlar da kenarlarından çoğalarak büyüyormuş. Kütleçekim, genç galaksileri daha doğdukları anda yakalayıp, etkisi altına alıyormuş. Gaz, giderek küre haline dönüşerek yoğunlaşıp toparlanıyor ve kütleçekim kendi engellenemez yolunu dayatarak, gaz bulutunu merkezine doğru çökertip daha da küçük bir küreye doğru şekillendiriyormuş.

Bununla birlikte, kütleçekimin ısrarlı içe çekişi ile toparlanmış gaz bulutunda ilk başta bulunan açısız momentum ve bunun korunumu ihtiyacı mücadele halindeymiş. Başlangıçta gazın sahip olduğu düzensiz türbülanslar zamanla küçük bir topyekûn dönüşe neden olmuşmuş. Bu hareketin yarattığı açısız momentum da yalnızca parçacıkların kütle ve hızına değil, aynı zamanda yüzeyin dönme merkezine olan uzaklığına da bağlı olduğundan, başlangıçta genişleyen gaz bulutlarının dönme hızları çok düşük olsa da, yüzeylerinin merkezlerine olan uzaklığı o kadar büyükmüş ki, gaz kütleçekim etkisiyle çökerken kısalan bu mesafe, dönen gazın hızının oldukça artmasına neden olmuş. Her şeyi dışa doğru genişletmek isteyen açısız momentumla, her şeyi derleyip toplamak ve küçülterek içine çökertmek isteyen kütleçekim arasında rekabet başlamış.

Gaz moleküllerinin bolca itiş kakışı ve birbirlerine omuz verip direnmeleri sonrasında bir uzlaşmaya varılmış. Gazların pek çoğu, daha küçük bir küre oluşturmak üzere düzgünce çökmeye ağır ağır devam ederken, küçük de olsa kütle büyük bir hız kazanarak, geniş bir çapı olan merkez ekseninin etrafında dönmeye başlamış. Giderek, daha yoğun olan merkezi çevreleyen dönen bir disk oluşmuş ve galaksi, merkezinde şişik bir kor olan, bu korun etrafında da dönen bir disk ile çevrelenmiş bir hal almış.

Galaktik bulutlar içerisinde, her zaman olduğu gibi, gazda bir takım türbülans hareketleri görülüyormuş. Gaz anafor halinde ileri geri dolanırken, bazı kısımları hızla daha yoğun hale geliyor, bazı kısımları ise daha az yoğun halde kalıyormuş. Daha



doğrusu, söz konusu değişiklikler, kütleçekimin pençesinin çok da haşın olmadığı bölgelerde daha az görülüyormuş. Gaz yoğunluğunun daha yüksek olduğu yerlerde, o bölgenin daha fazla kütlesi olduğundan, çevredeki gazları da kendine doğru çekiyor, kütleçekim etkisiyle etrafındaki gazlar çekildikçe de kütle-nin yoğunluğu daha çok artıyormuş. Galaktik bulut, giderek sayılamaz köpük yığınlarına dönüşüyor, bu yığınların yoğunluk-ları da ortalamanın üzerinde oluyor ve yakın çevresindeki diğer maddeleri de toparlayıp bünyesine kattıkça giderek daha fazla yoğunlaşıyormuş. Bir milyar yıldız, ateşli doğumlarına doğru ilk adımları atıyormuş.

Daha sonra, yoğunlaşmış bu gaz kürecikleri, kütleçekimin bulaşıcı etkisi altında giderek hızlanan biçimde kendi içlerine doğru çöküyor ve her bir atom çekim merkezine düşerken bir miktar kütleçekim enerjisini dışarıya salıyormuş. Bunun sonu-cunda da gaz ısınıyor ve sonunda parlamaya başlıyormuş. Böy-lece gaz küreciği bir yıldız modeli haline gelmiş.

“Dedikleri gibi, bırakalım ışık olsun,” diye gürlemiş yakınlarındaki bir bir ses neşeyle. Prenses dönüp sesin geldiği yöne baktığında, usulca parlayan yıldız modelinin etrafında toplan-

miş devasa tiplerden oluşan kalabalık bir grup görmüş. Gruptakilerin çoğu kürk ya da parlak cüppeler giyiyormuş ve birçoğunun da sakalları varmış. Çeşit çeşit savaş baltaları, yalın kılıçlar ve benzeri aletler kuşanmışlarmış. Aralarında bir kaç istisnai şahsiyet de bulunuyormuş; egzotik bir başlık takan ve çok sayıda kolu olan biri, keten bir etek giyen ve kafasına bir şahin maskesi (profilden) takmış, uzakta duran biri, etli butlu, üzerinde dökümlü bir esvap olan, özenle yapılmış saçlarıyla ve omzunda tünemiş baykuşa rağmen hiç de itici görünmeyen bir kadın... Grup, sırlı toprak kupalarda, bakıldığında sıcak ve tatlı bir çay gibi görünen içkilerini keyifle içiyormuş.

“Siz de kimsiniz?” diye sormuş Prenses, birazcık şaşkınlıkla.

“Kozmoz’un gelişiminin bu aşamasını idare etmek görevini yürüten ilk yarı tanrılar vardıyasıyız,” diye yanıtlamış az önce konuşan. “Böyle konuşmamı bağışlayınız bayan, ama biz baykuş vardıyasındayız da diyebiliriz” diye eklemiş, kafasıyla, omzunda baykuş tünemiş anaç kadını işaret ederek. “İşlerin nasıl yürüdüğünü kontrol etmek için burada bulunuyoruz. Biraz tanrısal bir iş ama birilerinin de bu işi yapması gerekiyor.”

“Peki,” demiş, Aurora, merakla, “Aslında ne iş yapıyorsunuz?”

“Biz çoğunlukla akıl veririz. Aslında çok şey yapmamıza gerek de yoktur çünkü her şey genel olarak gayet iyi işler. Aslında,” diye eklemiş açık sözlülükle, “hiçbir şey yapmamız gerekmiyor ama bunu söylediğimi kimseye söylemeyin.”

“Öyleyse neden buradasınız?”

“Yerel tanrıların güçlü bir birleşmeye karar vermiş olmalarından dolayı.” Bunu söylerken yüzünde beliren mahcubiyet, yüzünü kaplayan sakalların izin verdiği kadarıyla görülebiliyormuş. “Eğer isterseniz, size yıldız gelişiminin aşamalarından bazılarını gösterebilirim,” diye eklemiş hızlıca, binlerce yıl boyunca hiçbir şey yapmadan oturmaktan fena halde sıkılmış birinin yardımseverliği ile.

“Şurada gördüğünüz, Evren’in bu erken dönemi için oldukça tipik bir yıldızdır. Görüldüğü gibi, kütleçekimin etkisi altında daha yoğun olan merkezine doğru küçülmekte ve bu süreçte, yakın çevresinde bulunan bol miktardaki gazı bünyesine katıp sıkıştırmakta. Gaz yoğun merkeze doğru çökerken, çöken kısım

kütleçekim enerjisini kaybetmekte ve açığa çıkan enerji de gazı ısıtmakta. Giderek daha yoğun biçimde parladığı açıkça görülebilir ve bu yoğunlaşma gerekli olduğu sürece devam eder,” diye eklemiş, gayet yardımsever bir biçimde.

Prens burada bir şeyi kaçırdığını hissediyormuş. “Ne için gerekli olduğu sürece devam eder?”

“Hidrojen füzyonu için gerekli olduğu sürece, canım,” diye karşılık vermiş uçuşan cüppe giyen bir diğer karakter, hikâyeyi kaldığı yerden devralırken. Aurora onun bu tepkisinin gayet küçümseyici olduğunu düşünmüştü. Bu tip, prensese, biraz önce karşılaştığı hissedarlar temsilcisini hatırlatıyormuş. “Evren, bu aşamada neredeyse tamamen hidrojen ve helyumdan oluşur ve bizim bu konuda yapabileceğimiz pek de bir şey yoktur. Daha ağır elementlere ihtiyacımız vardır; karbon, oksijen ve azot gibi, seni meydana getiren elementlere yani... Yıldızlar bu elementleri ortaya çıkarabilir,” diye eklemiş. “Füzyon tepkimeleri başlarsa...”

Aurora bu noktada bir şeyler sormak istediye de, kendini tutmuş. Çünkü çok yakında, füzyon tepkimeleri hakkında bilmek istediği bütün ayrıntıların kendisine fazlasıyla anlatılacağından gayet eminmiş.

“Füzyon tepkimelerinde, küçük çekirdekli atomlar daha büyük çekirdekli atomları meydana getirmek için birbirlerine kaynaşırlar. Her elementin kendine özgü bir çekirdeği vardır. Çekirdekteki elektrik yükü, ortaya çıkan kimyasal elementi şekillendirirken, çekirdeğin içerdiği proton sayısı da bu elektrik yükünü belirler. Bir hidrojen atomunun çekirdeği yalnızca bir protondan oluşur ve bunları yeterli miktarda birbirlerine eklerseniz diğer çekirdekleri elde edebileceğinizi düşünebilirsiniz. Ama iş bu kadar basit değildir çünkü diğer tüm çekirdekler protonların yanı sıra nötronlar da içerirler ve hidrojende nötron yoktur. Yıldızlar büyük oranda hidrojenden meydana geldikleri ve hidrojen de nötron olmadığı için, yıldızların bir şekilde nötron üretmesi gerekir.”

Büyük Patlama ile ilk karşılaşmalarından bu yana Aurora’nın yanından ayrılmayan Paul, yine sakin ve düşünceli bir tavırla ileri çıkmış ve elindeki klipsli kâğıt altlığındaki kâğıtları bir kaç sayfa geri çevirmiş.

“Helyumun oluşmasından önceki Büyük Patlama döneminde, nötronların nasıl bozunarak protonlara dönüştüğünü hatırlayacaksınız. Bu süreç, bozunmadan kalan nötronların hemen hepsinin çekirdekler tarafından yakalanıp tutulmasıyla sürmüş, bunun sonucunda da genellikle ortaya Helyum çıkmıştı. Protonlar tekrar nötronlara dönüşecek olsalar, koşullar, Evren’in ilk aşamalarındakinden bir biçimde farklı olmak zorundaydı. Nitekim koşullar *farklıydı*: Protonlar artık bir yıldızın içindeydiler. Boş uzayda, nötronlar protonlara dönüşebilir ama tersi olamazdı. Bunun nedeni, nötronların daha ağır olmaları ve değiştiklerinde kütle enerjilerinin küçük bir kısmını salmak zorunda kalmalarıdır. Eksilmek durumunda olan kütle küçük de olsa, bir elektronu meydana getirmeye yetecek kadardır ve bu bozunma sürecine yapılacak küçük bir müdahaleyle bu iş gerçekleştirilebilir.¹² Boş uzayda bir protonun bozunması ortaya bir kütle enerjisi çıkartamaz, aslında tam da tersi doğrudur, bunun için dışardan enerjiye ihtiyacı olur. Ama yıldızların sıcak, kor yoğun merkezlerindeki çığına dönmüş etkinlikler arasındaki çarpışmalarda birçok çeşit çekirdek ortaya çıkarken, protonlar da gerekli enerjiyi bulup, çekirdeğin içindeyken nötronlara bozunabilirler. Bunun nedeni ise, bağlı çekirdek içi parçacıkların enerjilerinin bağlanma enerjisine dönüşüp azalması ve Pauli Dışlama İlkesi uyarınca, nötronlara daha düşük enerji seviyelerinde bulunma imtiyazının sağlanmış olmasıdır. Durum böyle olunca da, daha yüksek bir enerji seviyesindeki proton, daha düşük enerji seviyesindeki nötrona bozunabilir.



12. Zayıf çekirdek bozunması “Pamuk Prenses ile Partikül kadar Küçük İnsanlar”da tartışılmıştır.

“Eğer bazı protonlar nötronlara dönüşürse, diğer protonlar da onlarla etkileşime girip helyumu meydana getirmek üzere, iki proton ve iki nötron olarak birbirlerine bağlanacak biçimde birleşebilirler. Bu mümkündür ama yavaş bir süreçtir,” diye bitirmiş sözlerini.

“Protonlar kolay kolay birleşmezler,” diye söze girmiş, çenesinin altında köşeli bir sakal formu olan, başında defne çelenkli ve avucunun içinden yıldırımlar saçabilen konuklardan biri. “Hepsi pozitif elektrik yükü taşırlar ve bu yüzden de birbirlerini iterler. Yalnızca birbirlerine çok yaklaşabilirlerse bir etkileşime girerler ve bu da yalnızca itmeye karşı yakınlaşabilecekleri kadar hızlı hareket ediyorlarsa olur. Eğer hidrojen gazı kaynaşacaksa, onu meydana getiren atomların büyük enerjiler ile çarpışabilmesi için ortamın çok sıcak olması gerekir. Pek çok proton etkileşimi olacaksa, çarpışmaların sıkça meydana gelmesi ve bunun olabilmesi için de gazın yoğunlaşmış halde bulunması lazımdır. Bu sürecin temel etmeni olan Zayıf Etkileşim ile söz konusu birleşme çok yavaş olacağından, gazın uzun süre sıcak kalması gerekecektir. Bir yıldız için bu koşulların hiçbiri sorun değildir,” diyerek bitirmiş sözlerini, onaylamayan gözlerle model yıldızla bakarak. Sonra avucundaki yıldırımlarından birini daha ileri doğru kavis çizerek şekilde yıldızla doğru fırlatmış. Bir parlama olmuş ve yıldız, yeni tutuşmuş bir diğer nükleer çekirdek fırınının etkisiyle yoğun pırıltılar saçmaya başlamış.¹³

“Bu nispeten büyük bir yıldız,” diye söze girmiş, doğulu bir görünüme sahip, başında sivri başlığı ve bolca kolları olan tanrı. “Hidrojenin galaktik miktarı yoğun ve bol olunca, bu büyüklükte bir yıldızın doğması mümkün oluyor tabi. Evren’de, böyle yıldızları yaratmak için bol miktarda malzeme bulunduğu da gayet açık. Resmi olarak bu yıldız hala bir cüce olarak sınıflandırılabilir, tıpkı Temel Yıldız Sıralaması’ndaki diğer tüm yıldızlar gibi¹⁴. Ama büyük bir cüce; senin Güneş’inden yüzlerce kat da-

13. Model yıldızın çekirdeğindeki tutuşma, gerçekte bir yarı tanrıdan bilinçli bir şekilde gelen yıldırıma ihtiyaç duymaz. Çekirdeğin kütleçekimsel daralması onu yeteri kadar yoğun ve sıcak yaptığından füzyon mümkün hale gelir ve başlar.

14. Yıldızların “Temel Sıralaması”ndan “Ali Gori ve Gece Mağarası”nda bahsedilmişti.

ha büyük. Dahası, Güneş'ten en az bir milyon kez daha yoğun parlıyor. Gel gör ki, senin Güneş'in yaklaşık on milyon yıl parlayacaksa, böyle büyük bir yıldız birkaç milyon yıl içinde vadesini dolduracaktır. Bunun hala uzun bir zaman olduğunu düşünebilirsin ama senin Güneş'in doğmadan önce pek çok böyle yıldızın yaşayıp ölmesine yetecek kadar da kısa bir süredir.

"Böyle bir yıldız pek çok elementi oluşturabilir. İlk başta helyumu oluşturmak için hidrojen yakacaktır," diye bilgi verirken, bu yeni elementi belirtmek için parmaklarından birini yukarı kaldırmış. "Gereken nötronları oluşturacak ve bu süreçte, başlangıçta Evren'de mevcut olan az miktardaki helyum miktarını hızla artıracaktır.

"Yıldız, kor kısmındaki hidrojeni yakmayı bitirince, diğer elementleri, ya da daha doğrusu, diğer elementlerin çekirdeklerini oluşturmak üzere helyumu yakmaya başlayabilir." Bu elementlerden bahsederken de, her bir element için parlaklarından birini daha kaldırıyormuş. "Daha sonra karbon ve oksijen, yani seninki gibi yaşam formları için gerekli olan temel elementler gelir." Durmadan yeni parmaklar kalkıyormuş. "Neon ve magnezyum, silikon ve kükürt." Nihai ve en güçlü atomik bağa sahip element olan demir'e kadar tüm elementleri tek tek sıralamış. Allah'tan o kadar çok parmağı varmış...

"Demir elementine gelindiğinde, füzyon, yani karışım süreci, kütleçekimin kor tabakasında meydana getirdiği muazzam sıcaklık ve yoğunluğa rağmen, devasa bir yıldızda bile sona ermek zorundadır. Demirin çekirdeğindeki parçacıklar da, diğer elementlerin çekirdeklerindeki gibi sımsıkı birbirine bağlıdırlar ve daha fazla parçacık ilavesi, bu noktadan sonra artık enerji salınımına müsaade etmez. Füzyon işlemleri bu aşamada sona erer ve kor tabakasından gelen merkezi radyasyon açığa çıkmaz hale gelir. Bu sırada, yıldızın dış katmanlarında, hala önceden kor tabakasında başlayıp dışa doğru zincirleme devam eden başarılı füzyon etkileşimleri sürmekte olacaktır. Böylece yıldız ciddi biçimde kararsız hale gelir ve..."

O sırada şahin başlı tanrı kollarını kanat gibi açarak ayağa kalkmış ve gagasını açarak, "Ka," diye, pek entelektüelce olmasa da insanın içine işleyen bir ses çıkarmış. Ardından da, "Boom!" diye eklemiş. Bu sesler sanki bir sinyalmiş gibi, şişen yıldız

korkunç bir süpernova patlaması ile bünyesinde ne kadar yeni element varsa neredeyse hepsini uzaya fırlatmış.

Bu dramatik an geçince, tanrılar bir sonraki aşamayla meşgul olmaya başlamışlar. Yeni aşamaya geçerken, öncelikle güzel bir çay demlemişler ve o sırada da, bir sonraki aşamada hangi yıldız gidip izleyeceklerini tartışmaya başlamışlar. Onlar bu tartışmayı yaparken, arkalarındaki uzayda, az önce patlamış olan büyük süpernovanın giderek genişleyen kefeni pırıl pırıl parlıyormuş.

Bu bölümden gelecek başka bir bilgilendirme olmayacak gibi görüldüğünden, prenses ve Paul oradan uzaklaşmışlar. “Bu süpernova patlaması, bize uzayın nasıl tohumlandığını gösterdi,” demiş, Paul. “Eğer bazı müşterilerimizin istediği türden bir Evren sağlayacaksak, içinde çeşitli elementler bulundurmamak zorundayız. Bu Evren’in muhtevisyatında gezegenler doğup, üzerlerinde de yaşam desteklenecekse, hâlihazırda gerekli elementleri içeren gaz ve toz bulutlarından yoğunlaşarak ortaya çıkmak zorundadırlar. İşte bu elementler de, böyle süpernovalardan sağlanır. Yaşayan insanların, ölü yıldızlara ihtiyaçları vardır.”

Etraflarında cereyan eden galaksilerin bahar döneminde pek çok böyle büyük yıldız doğuyor, kısa, parlak yaşamlarını sürdürüyor ve element katkılarını çevrelerindeki uzaya püskürterek parçalanıyorlarmış. Her bir milyon yılda bir bu titreşen ışıklılı yıldızsal ateşböceklerinden giderek artan sayıda oluşuyor, uzaydaki madde karışımına katkılarını sağlıyor ve sonra kaybolup gidiyorlarmış. Bu arada başka tür yıldızlar da meydana geliyor, bunlar daha küçük, soluk, nispeten fark edilmeyen ama çok daha uzun ömürlü oluyorlarmış. En küçük olanlar da ateşleniyor, kendilerinden sonra oluşan pek çok büyük ve parlak yıldızın doğumları ve ölümleri boyunca yaşamlarını sürdürüyor, küçük ışıklarıyla özür dilercesine parlamaya devam ediyorlarmış. Uzayda yer alan her boyuttaki yıldız Evren’de var olan gazlardan oluşuyor, Evren’in ortaçağlarından kalan gaz ve toz bulutlarının giderek zenginleşen element zenginliğinden dolayı kremmsi bir yoğunluğa ulaşmasıyla meydana gelen sağlam yapıllı küçük ve orta boy yıldızlar, galaksilerin şafağında parçalanıp etrafa saçılan devasa yıldızların korlarını seyrediyorlarmış. Orta boy yıldızlar da bir süre sonra, daha parlak ve büyük kuzenleri-

nin pek çoğu gibi aynı kaderi izleyerek, yaşamlarının sonuna gelmişler. Bu yıldızlar da, daha küçük miktarlardaki çekirdek kargolarını galaktik karışımın içerisine katmışlar.

Bütün bu yıldızların doldurduğu galaksi giderek büyük bir bisiklet tekerleği halini almış. Merkezi yığının her yönünde genişleyen, yoğunlaşan gaz bulutlarının açılal momentumuna sahip, alabildiğine yaygın ve ince bir disk oluşmuş. Bu diskin üzerinde, artık canı çıkmış olan gaz bulutlarının yoğunlaşmasıyla meydana gelmiş yıldızlar daha çoğunluktaymış. Merkezi yığından çıkan ve dönmenin etkisiyle eğrilerle uzaya saçılan spiral ışımlar görülüyormuş. Bunlar, sıkışmakta olan galaksinin etrafında dönen sıkıştırma dalgalarının uç noktalarıymış ve hala gaz yoğun bölgelerde toparlanmış gazı sıkıştırıp, artık belirgin olarak görülebilen yıldızlar haline getiriyorlarmış. Paul, Aurora'nın dikkatini galaktik diskin merkezinden üçte bir uzaklıktaki bir noktaya çekmiş.

"Şimdi Büyük Patlama'dan onlarca milyar yıl sonrasına yaklaşıyoruz," demiş. "Bir işle meşgulken zaman nasıl da hızla uçup gidiyor, değil mi? İşte senin için önemli olabilecek bir yıldızın oluşumu."

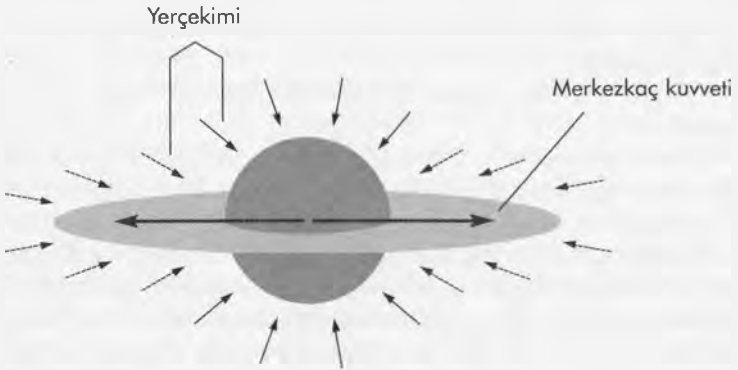
"Olağanüstü bir durumu mu var bu yıldızın?" diye sormuş, Aurora.

"Hayır, aslında yok. Gayet ortalama bir yıldız işte. Ama ben gene de bu yıldızla özel bir ilgin olabileceğini düşündüm." Başka da bir şey söylememiş ve sessizce, gaz ve toz bulutlarının kütleçekimi altında giderek ısınan ve ısı ısı ısı parlamaya başlayan başka bir model yıldızın oluşumunu izlemişler. Yıldız meydana getiren gaz yığnında, kendi ekseni etrafında küçük bir dönme görülüyormuş. Herhangi bir dönen sistemde dışarıya doğru merkezkaç kuvveti oluştuğundan¹⁵, tıpkı bütün galaksi için de

15. Bazı insanlar merkezkaç kuvveti diye bir şeyin olmadığını öne sürmektedirler. Dönen bir gaz sistemine, dönmeyen bir referans noktasından bakarsanız, gaz moleküllerinin düz bir çizgi üstünde kaçmaya çalıştıklarını görürsünüz. Bununla birlikte, sistem ile birlikte dönen bir çerçeveden olaya bakıldığında, dışarı (merkezkaç) doğru belirgin bir ivmelenme olduğu görülür ve buna neden olan sabit bir kuvvet olmak durumundadır. Bu bazen "kurgusal" bir kuvvet olarak adlandırılır ama NASA'nın İnternet sitesinde, söz konusu kuvvetin dönen bir sistemde yeteri kadar gerçek olduğu iddia edilmektedir. Ayrıca jet türbinleri de kurgusal kuvvetlere güvenerek çalıştırılmıyordur, muhtemelen.

geçerli olduğu üzere, eldeki malzemeyi küçük bir hacme sıkıştırıp yoğunlaştırmak zor görünüyormuş. Gazın içindeki itiş kakış ve karışma sürecinde, malzemenin büyük bölümü giderek ortaklaşan dönüş yönünde akmaya başlayıp merkeze doğru sıkışarak yoğunlaşırken, küçük bir miktar tutunamayan kütle, açısal momentumun etkisiyle etrafa saçılıyormuş. Bu saçıntı da, yıldızı çevreleyen, onun etrafında dönen ve iki boyutlu, yani düz bir diskin üzerine yerleşiyormuş. Bütün Evren'in aldığı şeklin nedenleri aynı olduğundan, galaksilerin sonuçta aldıkları şekiller de genel olarak birbirinin çok benzeri formlarda oluyormuş. Yıldızların etrafında oluşan bu disklerin kaderinde de, merkezlerindeki yıldızların sahip olduğu gezegenleri doğurmak varmış.

AÇISAL MOMENTUM VE GÜNEŞ SİSTEMİ



Yıldızlar, galaktik gaz ve tozların bazı konsantrasyon merkezlerinde yoğunlaşmalarıyla oluşur. Kütleçekimi tüm malzemeyi konsantrasyon merkezine doğru çekmeye çabalar ama gaz bulutlarında önceden var olan dönüşün açısal momentumunun yarattığı merkezkaç kuvveti buna karşı koyar. Yıldızın gövdesi artık küresel bir form haline çökerken, dış yüzeylerde bulunan daha az yoğun gaz bulutlarının içerisinde süregelen çarpışmaların neden olduğu dönme tarafından yaratılan açısal momentum, az miktarda malzemenin yıldızın etrafında dönen bir diskin üzerine kaçmasına ve

dönüşüne orada devam etmesine neden olur. Bu dönmenin yarattığı merkezkaç kuvveti, ince bir tabaka olan diskin üzerindeki malzemenin merkezden dışarıda kalmasını sağlasa da, zaman içerisinde, kütleçekimin etkisi altında çökmesini engelleyemez. Bizim mevcut Güneş Sistemimiz'in içerisinde bulunan gezegenlerin Güneş'e düşmelerini engelleyen güç de, işte bu açısız momentumlardır.

"Bu oluşmakta olan yıldızın ortalama bir yıldız olacağını söylüyorsunuz. Bununla, bizim Güneş'imizden daha büyük mü, daha küçük mü olacağını kast ediyorsunuz?" diye sormuş, her şeyin olduğu gibi ortaya konmasını seven Prenses.

"Ah, onun çok benzeri olacak. Aslında tamamen aynısı olacak çünkü bu izlediğimiz zaten sizin Güneş'inizin oluşma süreci."

Yıldızın etrafında dönen diskin üzerindeki malzeme giderek kümelenmeye başlıyormuş. Gazın kaotik hareketleri içinden, ne hidrojen ne de helyum olmayan az miktardaki diğer elementlerin atomları ayrılıp toz formuna giriyorlarmış. Bu tozların bazıları diğerlerinden daha hızlı ve farklı yörüngelerde hareket ettiğinden, aralarında çarpışmalar oluyormuş. Gaz bulutlarının içinde meydana gelen bu tür çarpışmalar normalde atomların birleşmesine neden olurken, daha büyük parçalardan oluşan tozların çarpışmasından, yavaş yavaş pıhtılaşan toz topakları ortaya çıkıyormuş; tıpkı bahar temizliği yapılmamış bir evde, yatakların altından çıkan toprak toprak tozlar gibi. Elbette bu süreç, yatakların zaman ölçeğinden bakıldığında, oldukça yavaşmış; bir yıldızın ömrü düşünüldüğündeyse, göz açıp kapayana kadar olan bir olay... Sonuçta, bu toz topakları da birbirleriyle çarpışarak ve giderek daha fazla pıhtılaşarak, önce küçük kaya çakıllarına sonra da ufak ölçekli kayalara dönüşecek biçimde birleşmeye devam etmişler.

Bütün bu olaylar devam ederken, yıldızın gövdesinde merkeze doğru çöken malzemeden kütleçekim enerjisi salındıkça, yıldız giderek daha çok ısınıyor ve daha çok parlıyormuş. Ama etrafındaki gezegenlerin oluşumunda, Aurora'nın bütün bu yara-

dılış sürecini izleyebildiği ışığı sağlamak dışında, hiçbir aktif rol oynamıyormuş. Bir de, sistemin yakın çevresinde başıboş dola-
nan artık hafif gazları sistemin dışına iten solar esintileri yayı-
yor, böylelikle de dönen kaya parçalarının daha hızlı hareket et-
melerini ve daha etkin çarpışmalarla gelecekteki kariyerlerini
sağlamlaştırmalarını sağlıyormuş.

Aurora, bütün bu çarpışan kayalar kaosunu izlerken, kaya-
lardan birinin üzerinde oturan, anaç görünümlü, çevrede olup
bitenle alakasız, yoğun olarak elindeki örgüsüyle meşgul kadını
görünce şaşmış kalmış. Prenses'le Paul, kadına yaklaşmak için,
üzerinde oturduğu yuvarlak kayanın dairesel yörüngesini göze-
terek, ona doğru seğırtip, sonunda bir noktada buluşmuşlar.

"Siz kimsiniz?" diye sormuş, Prenses. Belli ki Aurora için
böyle bir soru, iyi bir giriş cümlesi olarak görünüyormuş.

"Canım benim... Ben Gaia'yım. Ya da bana Toprak Ana de-
meyi de tercih edebilirsin. Senin gezegenin Dünya'nın koruyucu
ruhuyum." Tam o sırada, kendinden hiç beklenmeyecek bir çe-
viklikle ayağını havaya kaldırıp, korkunç bir hızla ayağının al-
tından geçip, az ötede gezegenin üzerine yapışan bir kaya par-
çasından kendini sakınmış.

"Ama Dünya yok ki!"

"Belki şimdilik yok, ama her şey hazır. Artık sadece bir za-
man meselesi. Annelerin çocuklarının doğumu için bir süre bek-
lemeleri gayet olağan bir durum. Ben de bu sürede kendimi oya-
layacak işler buluyorum işte." diye cevaplamış Toprak Ana,
elindeki örgüyü kaldırıp göstererek. Ördüğü şey gayet düzgün
çıkıyor ve oldukça hızlı ilerliyormuş. İç içe geçmiş helezonik
burgulardan oluşan desenler, bunları birbirine bağlayan ilmek-
lerle bir bütün teşkil ediyor, bütün desenler moleküllerin karma-
şık ve kafa karıştıran örneklerini anımsatıyormuş. Aurora'nın,
bu örülenin ne işe yarayacağı konusunda hiçbir fikri yokmuş.

Bu arada Model Güneş hala sıkışarak küçülüyor ve sıcaklığı
arttıkça daha da çok parlıyormuş. Giderek ısısının yükselmesine
rağmen daha az radyasyon salıyormuş çünkü radyasyonu sala-
cağı yüzey alanı küçülüyormuş. Bir yandan da yörüngesinde
alevler içinde dönüp duran kayalar giderek soğuyormuş. So-
nunda, sıkışmış gazlardan oluşan kor tabakası yeterli ısıya eri-
şince nükleer tepkimeler ateşlenmeye başlamış. Kor tabakasında



yeni bir enerji kaynağının ortaya çıkmasıyla genç yıldız, kısa süreli yoğun bir radyasyon dönemi geçirdikten sonra sakinleşmiş. Bu dışa dönük hezeyan döneminde de yıldızın iç kısımlarındaki artık tozlar ve gazın büyük bölümü dışarıya atılarak, yıldız tertemiz olmuş. Sonunda, yıldızdan dışarıya kaçmaya çalışan radyasyonun basıncıyla, kütleçekimin içe doğru çekimi arasında son derece uyumlu bir denge kurulmuş ve yıldız kararlı bir duruma ulaşarak, dayanıklı ve uzun ömürlü bir nükleer fırın olarak yaşamını sürdürmeye başlamış.

Etrafındaki diskin üzerinde dönüp duran iri kaya parçalarıysa hala birbirleriyle çarpışıp birleşerek, giderek daha büyük kütleler meydana getiriyorlarmış. Kütlelerden bazıları o kadar büyümüş ki, kütleçekimleri etrafta ne kadar kaya varsa üzerlerine çekip, kütlelerinin daha da hızlı büyümesine neden oluyormuş.

Kısa bir süre sonra, genç yıldızın etrafında dönen ve artık her birine gezegen denebilecek az sayıda cisim kalmış. Şimdi, gezegenlerin yüzeylerinde, hepsi de köşeli ve çıkıntılı topraklar halinde bulunan kaya parçalarının düzensizliğine müdahale eden kütleçekimin, bütün yüzey parçalarının şekillerine karar verdiği evre başlıyormuş. Kütleçekim, uzaydaki bir madde yığını için en uygun şeklin küre olduğunu hissediyormuş çünkü ancak küresel bir cismin üzerindeki katmanlarda yer alan maddelerin hepsinin merkeze uzaklığı aynı olabildiği için bütün maddelerin eşit biçimde merkeze doğru çekilmeleri mümkün olabiliyormuş. Cisimlerin içindeki atomlar arası kuvvetler, bu cisimlerin oluştuğlarında sahip oldukları şekli koruma eğilimindelermiş ama kütleler büyüüp gezegen haline gelince deforme olmaya başlamışlar. Kütleçekimi bütün dirençlere boyun eğdirerek, cisimleri olabildiğince küre şekline girmeye zorluyormuş. Gezegen yüzeylerinde, dağlar gibi bazı düzensizlikler kalabilse de, bu düzensizlikler ancak yüzeydeki bir gözlemciye büyük görünüyor fakat genel resimde, aslında kütleçekiminin ezici üstünlüğüne karşı dayanabilecek boyutlarla sınırlı kalabiliyorlarmış. Güneş sisteminin en dış yörüngelerinde, sistemin erken evrelerinde Güneş'ten yayılan radyasyon patlamaları ile artık gazlardan tamamen temizlenememiş bölgelerde de gezegenler oluşmaya başladığı görülmüştü. Muhteviyatlarında en fazla olarak gaz bulunduğundan, bu gezegenler aslında gaz topları şekлиндelermiş ve bu kadar çok gaz ihtiva ettikleri için de çok büyükmüşler. Onlardan biri olan Jüpiter, kendi başına minik bir yıldız haline gelmeye çok yakınmış.

Büyük kayalar ve meteorlar hala sistemin içinde yer alan gezegenlerin yüzeylerine çarpıyor ve çarptıkları yerlerde dağları düzleştirip, yüzeyde derin kraterler açıyorlarmış (Güneşe uzak yörüngelerde dolanan gaz devlerinin bu tür katı yüzeyleri yoktur, elbette). Zamanla bu bombardıman azalmış ve sonunda neredeyse durmuş ama ardında da fena halde hırpalanmış gezegenler bırakmış. Gezegenlerin çoğunun bir atmosferi varmış ki bu örtü onları saran bir gaz mantosu gibiymiş ve türlü türlü meteorolojik davranışlar sergiliyorlarmış. Gezegenlerin birinin yüzeyi de suyla kaplıymış ve bu su, gezegenin yüzeyinde derin, engin okyanus yataklarının oluşmasına neden olmuşmuş. Ga-

laksi ölçeğinde, hatta galaksilerden birinin küçük bir parçası olan güneş sistemi ölçeğinde bile söz konusu su miktarı, benzetmeyi mazur görün ama okyanustaki bir damla kadar olmakla birlikte, yüzeyden bakıldığında gayet etkileyici görünüyor. Hava ve suyun birlikte hareketleri, zamanla gezegenin yüzeyindeki çarpışma izlerini ortadan kaldırmaya başlamış. Gezegen hala çok çekici görünmemekle birlikte, yüzeyi erken dönem meteor bombardımanlarının izleri derin kraterlerle dolu, kupkuru ve havasız uydusu Ay'dan çok daha az soğuk ve ürkütücü duruyordu.

"İşte bu, Dünya!" demiş Paul, prensese. "Tanıtım broşürümüzde vaat edildiği üzere, üzerinde yaşamın başlayabileceği beşiği görüyorsunuz," diye eklemiş. "Evet," diye araya girmiş, Gaia da. "Burada yaşamın geliştiğine şahit olacaksın. Gel de kendin gör." Gaia elini uzatmış ve prensesle birlikte gezegenin atmosferine doğru yavaşça alçalmışlar.

Ancak bu atmosfer, Aurora'nın rahatlıkla soluyabildiği bir atmosfer değilmiş; hatta hiç soluyamadığı bile söylenebilirmiş. Yine de bu gezegen Toprak Ana'nın evi olduğundan, onunla beraberken volkanik püskürmeler ve solunamaz atmosfer bile pek tehlikeli görünmüyordu. Her nasılsa, Toprak Ana'yla beraberken prenses hala nefes alabiliyor, etrafına bakabiliyor ve hatta çevresini büyük bir dinginlik içinde algılayabiliyordu. Aslında, gördükleri hiç de cesaretlendirici değilmiş doğrusu; kıraç ve ıssız bir manzara, tepelerinde çakan ışımlar ve aktif volkanların alevleriyle yanan bir ufuk. Uzaydan gelen kaya bombardımanı büyük ölçüde durmuş ama tek teselli de buymuş doğrusu.

"Burada yaşamın gelişebilmesi için uzun bir zaman geçecek sanıyorum," demiş Aurora, düşünceli bir ses tonuyla, etrafını saran ümitsiz manzaraya bakarken.

"İşte orada yanılıyorsun," diye yanıtlamış onu, Toprak Ana. "Yaşam gelişti bile. Daha yakından bak!"

Yakın derken, gerçekten nesnelere yaklaşarak bakmayı kastetmiş, Toprak Ana. Prensese önce etrafına daha dikkatlice bakındıysa da hiçbir canlı yaratık görememiş ama sonra, her nasılsa, mercekten bakıldığında bile görülemeyecek küçüklükte canlılar olduğunun farkına varmış. Etraflarını saran kayaların oyuklarında yaşayan organizmalar varmış. Basitlermiş, gelişmemişler-

miş ama canlıymışlar; hareket ediyor, etraflarından enerji alıp onu yeniden enerjiye çeviriyor ya da enerji üretiliyorlarmış. Bunlar, yaşadıkları çevre koşullarına olabildiğince uyum sağlamış tek hücreli organizmalarlarmış; oksijenin kısıtlı olduğu bir dünyada, bazı durumlarda volkanik akıntıların yakınlarındaki kükürtlü sularda bile yaşamlarını sürdürüyorlarmış.

İlk başta ilkelmişler ama zaman geçtikçe gelişmişler. Başlangıçta belirgin değişikliklerin görülebilmesi için oldukça uzun bir zaman geçmesi gerekmiş; milyarlarca yıl geçmiş ki bu süre Evren'in kendi uzun yaşamı içinde bile önemli bir süreymiş. Bu süre boyunca yaşam sadece tek hücreli formlarda mevcut olmuş. Sonra dramatik biçimde değişmiş ve çevreye uyum sağlamış, ama bütün bunlar gelip geçici bir gözlemci için hiç de gözlemlenebilir bir hızda olmamış.

Sonra birden bire, kozmik zaman ölçeğinde neredeyse bir gecede, yaşam çarpıcı bir biçimde çoğalmış. Yalnızca milyonlarca yıl içinde, zengin çeşitlilikte farklı yaratıklar belirmiş ve Kambrium öncesi patlama döneminin¹⁶ çerçevesi içerisinde yerini almış. Küçük varlıkların bol çeşitliliğini temsil ediyorlarmış. Bunlardan bazıları çok başarılı türler değilmiş ve sonra, ama kısa bir süre sonra, yok olup gitmişler. Diğerleriyse yaşamaya devam etmiş ve gelişmişler. Bitkiler belirmiş ve Dünya'nın atmosferindeki karbondioksiti alıp, Aurora'ya daha aşına gelen oksijenli karışıma dönüştürmeye başlamışlar. Bu durum, oksijenin zehir etkisi yaptığı bazı yaratıklar için çok fena bir habermiş ama atmosferdeki söz konusu değişim, oksijen solunumu yapan ve metabolizmaları bu aktif gazı temel alan büyük hayvanların gelişmesi için de gayet uygunmuş.

Zengin bir ekolojik sistem gelişmiş ve bazı doğal felaketler baskın türleri yok edene kadar da serpilmesini sürdürmüştü ama sonrasında yok olan türlerin yerlerini, değişen koşullara uyum sağlamayı başaran diğerleri almış. Dünya'da birçok kez, türlerin yok olmasına neden olan bu tür olaylar yaşanmış. Bunlardan en sonuncusu, dinozorların hükümlük sürdüğü dönemi kapatmış. Dönemlerinde kendilerinden başka rakipleri olmadan hüküm süren ve didişen bu dev yaratıkların sonunu getiren olay,

16. Precambrian: 3,800 milyon yılla, 544 milyon yıl öncesi arasındaki dönem.

büyük bir meteorun Dünya'ya çarpması ve havaya kalkan toz bulutlarının atmosferi kaplaması sonucunda, uzun bir süre gündüzlerin geceye dönüşmesi şeklinde cereyan etmiş.

Dinozorlar ölmüş ama telaşla kaçışan küçük memeliler hayatta kalmış ve Dünya'da kendi hâkimiyetlerini kurmaya başlamışlar. Dinozorlar büyük, güçlü ve vahşiymişler. Erken dönem memelilerinden bazıları da aynı varoluş yolunu denemişlerse de, sonuçta büyük ödül, meraklı olmalarıyla bilinen türlere gitmiş; özellikle de meraklı ve becerikli parmakları olan bir türe... Araçlar geliştirmişler, diller geliştirmişler, pek çok hastalık için tedaviler geliştirmişler ve çok büyük bir kudrete sahip olmuşlar. Kısa sürede tüm Dünya'ya kanser gibi yayılmış ve Dünya'nın canına okumuşlar. Aurora ve Paul, nefesini tutmuş, sinir içinde olanları izleyen Toprak Ana'nın eşliğinde bu türün gelişimini izliyormuş.

Ama yine de her şey o kadar da kötü değilmiş. Bu yaratıklar, yani insanlar, zekâlarıyla düşünceler geliştirip bilgi üretmişler, sanatı, inanç sistemlerini ve bilimi geliştirmişler ve tarihleri boyunca masalkolik olmuşlar. Mesela bir keresinde üç kişilik bir izleyici gurubu bütün dikkatlerini etrafında topladıkları Masalcı'ya odaklamışlar. Dinlemişler.

"Ve işte bu, Uyanan Güzel'in masalı. Uzun bir süre önce enerjinin kaotik patlamasıyla başladı ve bizim için, en azından, etrafımızda gördüğümüz dünyanın oluşumuna kadar sürdü. Çevremizi saran engin bir Evren'in olduğunu biliyoruz ve şüphesiz, yıldızlar arasında daha ne harikalar vardır. Peki, Uyanan Güzel masalı burada bitti mi? Kim bilir? Ben bilemem ama bittiyse şaşırtıcı olurdu..."

altıncı masala giriş

“Evren’in öyküsü uzundur ve daha da uzun olacaktır,” diye devam etti, Masalcı. “Evren küçük olarak başladı ve milyarlarca yıldır genişliyor. Henüz sona ermekten de çok uzak ve bunun olması için milyarlarca yıl daha genişleyecek. Belki de sonsuza kadar genişleyecek. Her şey olaylara bağlı”

“Hangi olaylara bağlı?” diye sordu, Joseph

“Evren’de pek çok olayın sorumlusu olan kütleçekime bağlı. Galaksilerin hepsi uzay genişledikçe birbirlerinden uzaklaşıyorlar. Her galaksi benzerleriyle aralarındaki kütleçekim bağlarını büyük bir kuvvetle çeker ve çılgın uçuşlarını yönetmeye çalışırlarken, kütleçekim de bu uzaklaşmayı yavaşlatmaya çalışır. Evrende yeteri kadar kütle varsa ve kütleçekim yeteri kadar güçlüyse, Evren’in genişlemesi yavaşlayacak ve sonunda, galaksilerin gerisin geriye birbirlerine doğru yaklaşacakları bir şekilde tersine hareket başlayacaktır. Bu durum, havaya fırlattığınız bir topta olduğu gibidir; kütleçekim sonunda topun yükselmesini durdurur ve onu tekrar gerisin geriye Dünya üzerine düşürür.

“Evren’de yeteri kadar madde yoksa, kütleçekim bağları giderek zayıflayacak ve Evren’in genişlemesi sonsuza kadar devam edecektir. Bu da daha çok, ‘minimum Dünya’dan kaçış hızı’ndan daha büyük bir hızla havaya fırlatılan bir roketin davranışına

benzer; kütleçekim onu tutamaz ve Dünya'yı tamamen terk edip, sonsuza kadar uzaklaşır."

"Eren, giderek genişleyen uzayın belirsiz geleceğine sahip olacaksa, yıldızlara ne olacağını sorabilirsiniz. Şimdilik Güneş bizi gün boyu ısıtıyor ve geceleri yıldızların hala gökyüzünde parladığını görebiliyoruz. Her zaman böyle olmayabilir. Kendinizi 'Sinderenda ve Yıldızların Ölümü' adlı ürkütücü masalı dinlemeye hazırlayın."

altıncı masal:

SİNDERENDA ve YILDIZLARIN ÖLÜMÜ

(Yıldızların yaşam ve kaderi)

Sinderenda baloya gitmiş. Son derece karmaşık ve aslında hiç de inandırıcı olmayan bir dizi olağanüstü olaydan sonra, son kerte- de bunu başarmış. Bu gece, uzun süredir kızın düşlerini süsle- yen geceymiş ve bütün gece boyunca hiç durmadan dans etmiş. Bununla birlikte gece çok hızlı geçiyor, saatin akrep ve yelkova- nı acımasızca gece yarısına doğru ilerliyormuş. Sonunda saat vurmuş; bir, iki, üç... On iki bas nota vurmuş ve sustuğunda, son vuruşlar havada bir süre yankılanmış. Kız, gece yarısını işaret eden son vuruşun giderek azalan yankısını idrak ederken, balo salonunun garip bir şekilde boşalmış olduğunu fark etmiş. Sesin yankısı öylesine azalmış ki, kız sesin hala ortalıkta olup olmadı- ğını artık söyleyemeyecek duruma geldiğinde, salonun ucunda- ki yüksek çift kanatlı kapılar, hiçbir uyarı olmaksızın, kırılcasına na ardına kadar açılmış.

Kapının girişinde, üzerinde yanık lekeleri olan yırtık pırtık olmuş siyah cüppesinin içinde uzun boylu bir tip duruyormuş. Siyah kapüşonunun içerisinde, derin gölgelerin karanlığı varmış ama bir ara başını çevirdiğinde, ışığın kapüşonun altını aydın- latmasıyla ortaya çıkan çıplak bir kafatası görünmüş; öyle bir

kafatası ki, ateşten yanarak her tarafı pul pul kabarmış, yanık lekeleleriyle doluymuş. Korkan kız, ISI ÖLÜMÜ'nün kişiselleşmiş bu suretine baka kalmış.

"Siz Azrail misiniz?" diye sormuş, korkudan gerilmiş, sesi titreyerek.

"Hayır. Ben ISI ÖLÜMÜ'yüm. Soğukkanlı Karıştırıcı da diyebilirsin," diye bir yanıt gelmiş, bu boş salonun sessizliği içerisinde bile varla yok arası arka plan gürültülerinin seviyesinden de düşük, duyulması oldukça güç, incecik bir sesle. Elinde, geleneksel orağı yerine tuttuğu iri bir tahta kaşıkla,

azametli bir şekilde dikiliyormuş kapının ağzında. "Benim içim ne sıcak ne de soğuktur; yalnızca can sıkıcı bir ılıkığım vardır. Rolümse, sonsuza kadar sürecek bir ortalama sağlamak üzere bütün uçları birbirine karıştırmaktır." Kemikli kafasını kıza doğru çevirdiğinde, derinliklerinde alevli kıvılcımların son kalıntılarının söndüğü iki boş karanlık göz çukuru görünmüş.

"Beni hiçbir şey yenemez çünkü ben Entropi'yim; yani düzensizlik ve kaosu ölçüyüm. Evren'deki bütün özelliklerin ve çeşitliliğin kaybolmasına nezaret ederim. Bilginin cezalandırıcısıyım. Benim Kanunum nihaidir çünkü benim kanunum, termodinamiğin ikinci kanunudur; ısı daima sıcaktan soğuğa doğru akar ve soğuk biraz daha ısınırken, sıcak da eskisi kadar sıcak olmaz, soğur. İkisi de tek tip bir ısıya gelir. Bu süreçte de belirgin çeşitlilik ve belirgin zıtlıklar Evren'den kaybolup gider. Ben enerjinin batışım ve bunun geriye dönüşü yoktur. Isı bir kere maddeden ayrıldı mı, enerji onu tekrar soğuktan alıp geri getiremez," diye eklemiş.

"Bu nasıl oluyor?" diye sormuş, Sinderenda, kafasının daha çok karıştığını hissetmekle birlikte, yine de bu görüntünün hemen ölümden bahsetmiyor olmasından memnun olarak.

"Pekâlâ," diye başlamış söze iskelet yoldaş, "şu şöminelerin önünde duran su tasını düşün." Salonun her iki tarafında da iç-



lerinde ateşin gece boyunca gürelemiş olduğu büyük şömineler varmış. Kara giyimli görüntü azametle bunlardan birine doğru ilerlerken, yolunun üzerindeki masanın üzerinde duran soğuk içecekler için hazırlanmış buz kovasından, kemikli elleriyle bir avuç buz küpü almak için durmuş. Sonra şöminenin önündeki su dolu tası kaldırıp buz küplerini içine atmış. Buzun hemen erimeye başlamasında gerçekten şaşırarak bir şey yokmuş. “Her şey hareketli moleküllerle ilgilidir. Su, bir moleküller topluluğudur ve ısısı da, bu moleküllerin sağladığı ortalama enerji ile belirlenir. Bak şimdi!”

Salonun ortasında, serap ya da halüsinasyon gibi puslu bir manzara peyda olmuş. Minik damlacıklar yığını kaynaşıyormuş ve bunlar aslında moleküllermiş. Hepsi farklı hızlarda ve farklı yönlerde rasgele hareket ediyorlar ama genel olarak bir mantık uyarınca davranıyor gibilermiş. Başka bir tarafta, birbirlerine yakın duran ve ileri geri ritmik salınımlara sahip bir başka grup görünüyormuş. Sinderenda bunların katı buzdaki moleküller olması gerektiğini anlamış. Serbestçe hareket eden diğer damlacıklar, buz kütesinin dışındaki moleküllerle sürekli çarpışarak, çoğu durumda genel etkinliğe katılmaları için onları konumlarından ayırıyorlarmış. Kısa bir süre sonra, moleküllerin hepsi serbest kalmışlar ve ardından hepsi birlikte durmaksızın rasgele hareket eder duruma gelmişler. Önceden serbestçe hareket eden moleküller de artık biraz daha yavaş hareket ediyorlarmış ama bu o kadar fark edilebilir düzeyde değilmiş. Hala birbirleriyle önceki duruma çok benzer bir biçimde çarpışıyorlarmış. Bazen daha hızlı olan bir tanesi daha yavaş olana çarpıyor ve onun da hızlanmasına neden oluyor, bazen de hızlıca hareket eden iki tane molekül çarpışıp, içlerinden bir tanesinin neredeyse tamamen hareketsiz kalmasına neden oluyormuş. Bütün bunların sonunda kız, inanılmaz sayıdaki molekülün pek çok çarpışma yaşayıp durduğunu görebiliyor, bu nedenle de toplam etkinliğin ortalamasında genel olarak algılanabilir bir değişim olmadığını izleyebiliyormuş.

“Bu karışma süreci geri alınamaz. Tekil çarpışmalar sayesinde, ilk ve son durumlar hiç de mantıksız görünmeden değişebilirler. İki molekül arasındaki bir çarpışma sonrasında, moleküllerden birinin daha fazla enerjiye, diğerininse daha az enerjiye

sahip olması olasıdır; tekil çarpışmaların sonuçlarından yola çıkarak ortalama alma eğilimi pek kullanılan bir yöntem değildir. Belirli büyüklükteki herhangi bir bölgede bulunan tüm moleküllerin sahip oldukları enerjiyle, başka bir bölgedekilerin enerjilerinin farklı olması hiç de hoş değildir. Böyle bir ikircikli davranış imkânsız değildir, ama kabul edilemezdir. Kabul edilemez derken, böyle bir durumun, görünebilir Evren'deki gezegenlerden herhangi birinin üzerinden, tüm geçmişi boyunca olagelmış olsa da, ortadan kaldırılmalı bir nahoşluk olduğunu kast ediyorum. Dediğim gibi, mümkün olmamalı!" demiş, oldukça kuru bir biçimde (dudak ya da dili olmadığından, çıplak kemik dışında ses çıkarabileceği başka hiç bir organı bulunmadığını, bu nedenle de yorumlarını kuru biçimde yapmaktan başka çaresi kalmadığını burada size hatırlatmak isterim).

"Daha az enerjili moleküllerle daha çok enerjili olanları birbirinden ayırmak da mümkün, en azından prensip olarak; tıpkı ortağım Maxwell'in Şeytanı tarafından gösterildiği gibi.¹" Kara cüppesinin kenarını savurmuş ve ortaya, elinde bir tür yuvarlak kalkan taşıyan ve oldukça mutsuz görünen küçük, sefil görünümlü bir şeytan çıkmış. "Şimdi bize, Entropi'yi azaltmak ve bir gazın ya da sıvının içindeki düzen ya da zıtlığı arttırmak için ne yapmak gerektiğini gösterecek," demiş, oldukça aleni biçimde dişlerini gıcırdatarak. Isı Ölümü için Entropi'yi düşürmek düşüncesi lanetlenmiş bir fikirmiş. Küçük şeytanı hafifçe havaya kaldırıp, su kabının üstüne doğru tutmuş. Yaratık büzülüyor gibi görünüyor ve iskelet, pençe gibi kemikli parmaklarıyla şeytanı su kabına bırakırken, şeytan giderek daha da küçülüyormuş.

Bu sırada, salonun ortasındaki çarpışan moleküller resminin içinde, kalkanını önünde tutan şeytanın küçük şekli belirmiş, Çok sayıda molekülün çılgınca birbirine çarpıp durduğu alanda görülen moleküllerin bazıları hızlı, bazıları yavaşça hareket ediyor, şeytan da üzerine gelen molekülleri elindeki kalkanla karşılamaya çalışıyormuş. Yavaş hareket eden bir molekül sağa doğ-

1. Bu, İskoç fizikçi James Maxwell tarafından ortaya atılan, çok da ciddi olmayan bir fikirdir. İki kap arasındaki bir bölmede bir delik açıp kapayan ve yavaş moleküllerin bir yönde, hızlı moleküllerin ise diğer yönde hareket etmelerini sağlayan küçük bir şeytan hayal etmişti. Şeytan bu nedenle entropiyi tersine çevirebiliyordu ama bunu yaparken çok uğraşmak zorunda kalıyordu.



ru giderken, kalkanını kaldırıp molekülü geriye, sola doğru yönlendiriyor, hızlı bir molekül sola doğru giderken, onu da gerisin geriye sağa doğru sektirecek şekilde yönlendirip, önlerini kesiyormuş. Baktıkları küçücük alanda bile inanılmaz sayıda çok molekül varmış ama bir şekilde, çılgına dönmüş küçük şeytan bu moleküllerin büyük bölümünün yolunu kesmeyi başarıyor, hızlı molekülleri bir tarafa, yavaş molekülleri de diğer tarafa sistematik biçimde topluyormuş.

“İşte şeytanın yaptıklarının sonuçlarını burada görebilirsin,” demiş, uzun ve korkunç iskelet, içine buz attığı kabı işaret ederek. Gördüğü garip manzara karşısına kızın soluğu kesilmiş; kabın bir tarafında çıtırdayarak oluşan buz kristalleri, diğer tarafındaysa yavaşça buhar çıkarmaya başlayan su görülüyormuş.

“Bu pek sık gördüğün bir manzara değildir, eminim. Aslında, asla görmeyeceğin bir manzaradır. Ama bunun nedeni imkânsız olması değil, onca molekülün ortalama durumdan uzaklaşıp kendi arasında toparlanmasının mümkün olmamasındandır. Küçük şeytanımızın bunca molekül üzerinde doğal olmayan bir düzeni sağlamak için nasıl uğraştığını görüyorsun. Üstelik, aslında bu eylem hiç enerji gerektirmemekte çünkü seken molekül, sekmeden önceki enerjilerini aynen koruyup,

yalnızca yönlerini değiştirmekte ama bu bile oldukça yorucu olmaktadır.”

“‘Hiç enerji gerektirmemekte’ derken, ne demek istiyorsun?” diye sitem etmiş zayıf bir ses. Bir anda küçük şeytan, darmadağın olmuş halde balo salonunun ortasında belirmiş ve nefes nefese olduğu yere yığılırken, “Senin için ‘hiç enerji gerektirmiyor’ demesi kolay. Bunca molekülün peşinde senin koşman gerekmiyor tabi. Onları yakalamak hiç de kolay değil, bu kadarını söyleyebilirim, sana,” diye söylenmiş.

Isı Ölümü’nün acımasız sureti onu görmezden gelerek Sinderenda ile konuşmaya devam etmiş. “Tüm sıvıda serbestçe dolaşan parçacıklar arasında dağılmış olan enerjinin, orijinal kaynaktan yeniden yoğunlaşması pek mümkün değildir. Şu ateşte,” derken, aniden, kemikli parmağıyla odanın diğer ucundaki şömineyi işaret etmiş, “...odadaki havayı ısıtan alevler, köz halindeki oduna dönüşmeyecektir. Ateş söndüğünde, küller canlı bir ağaç gövdesi meydana getirmek üzere asla yeniden yapılanmayacaktır.”

“Ama” diye söze girmiş, evrensel prensiplerin koruyucusu olan korkutucu suretlerin varlığında bile yer yer oldukça müna-kaşacı olma eğilimi taşıyan Sinderenda, “...külleri toprağa serperseniz, oradan yeni bir ağaç yetişebilir, biliyorsunuz.”

“Evet, canlı organizmaların varlığı, yaşamsal bir artışı sağlayabilir ama topyekûn bir artışı değil. Enerjinin evrensel akışının arttırdığı düzensizlik durumu yerel olarak tali bir döngüye sokulabilir ama o durumda da Evren’in toplam entropisi yine artar. Canlı organizmalar söz konusu enerjinin kendi üzerilerden akmasına gereksinim duyarlar. Yemek zorundadırlar, yani yakabilecekleri konsantre enerji kaynaklarına sahip olmak zorundadırlar ve bu enerjiyi atık ısı olarak çevrelerine salarlar. Böylece de ısının dağılımındaki kaos arttıkça artar. Termodinamiğin İkinci Yasası kapalı bir sisteme uygulanır, enerjinin içine giriş yapmadığı ve içinden çıkmadığı bir sisteme. Hiç yiyecek ya da hava girişinin olmadığı bir kapta izole edilmiş olsaydın, sen de artan entropi durumuna girerdin. Bu durum teknik olarak, ölmüş olmak olarak bilinir.”

ENTROPİ

Entropiyi tanımlamak zordur. Matematiksel formüller mevcuttur ama sezgisel olarak bu kavramı açıklayabilmekten çok uzaktırlar.

Genellikle düzensizliğin ölçüsü olarak tanımlanır. İki ayrı kapta buz ve suyunuz varsa, bunları karıştırdığınız duruma göre çok daha düzenli bir yapıya sahipsinizdir.

Artan entropi ayrıca bilgi kaybı olarak da tanımlanır. Yani, bir yerde buz, başka bir yerde de ılık su bulunması, sadece soğuk su olmasından daha fazla bilgi içerir.

Sinderenda bu konuyu hiç açmamış olmayı dilemiş. Çünkü tartışma, karşısındakinin görünüşü ile çok ilgili bir tarafa doğru kayıyor gibi olmuş. Son birkaç dakikadır, gece boyunca içinde keyifle çatırdayan ateşin sönmekte olduğu şöminenin yanında duruyorlarmış. Artık, kararan dalların uçlarındaki son görünür kıvılcımlar da sönmüş ve geriye külden başka bir şey kalmamış gibi görünüyormuş.

“Bu gördüğün, ne kadar büyük olursa olsun, her ateşin kaderidir,” diye yorumda bulunmuş, kızın yanında duran korkunç tip. “Enerjinin daha yoğun olduğu her bölgenin kaderi budur. Bütün maddeye has özellikler kaybolacak ve mükemmel bir tek düzeliğe ulaşılacaktır. Bu Termodinamiğin İkinci Yasasıdır ve bundan kaçış yoktur. Er ya da geç, her yangın yakıtını tüketecek ve sönerek ölecektir. Bu durum, bu salonda sana gece boyunca ısı ve ışık sağlayan şömine ateşleri için de gündüzleri sana ısı ve ışık sağlayan ateş için de geçerlidir.”

Karanlık kıyafetinin sarktığı koluyla bir hareket yapıp, yüksek pencerelerdeki kalın perdelerin açılmasını sağlayıp, dışarıdaki gecenin karanlık gökyüzünü ortaya çıkartmış. “Tabii ki Güneş’i kast ediyorum. Başka güneşler de görüyorsun, seninkinden çok uzaklardaki gezegenlerin güneşlerini. İnsanlar, dönüştürülebilir enerji kaynaklarından, rüzgâr ve dalgalardan elde edilebilecek enerjiden ve doğrudan Dünya’ya düşen Güneş ışığı-

ğından sağlanacak enerjilerden bahsediyorlar. Bütün bu yenilebilir enerji kaynaklarını, Güneş'in ve etrafına saldıgı radyasyonun ila nihai orada olacağı varsayımına dayandırarak telaffuz edip duruyorlar. Ama olmayacak. Güneş uzun bir süre yanmaya devam edecek, yaklaşık beş milyar yıl, ama zamanı gelince yakıtını tüketecek ve bütün diğer ateşler gibi bir gün o da ölecek. Gel ve gökyüzündeki şu büyük fenerlerin geleceğine bir bak."

Sinderenda'nın belirgin huzursuzluğu karşısında, kemikli elini uzatıp, kızı kolundan sıkı sıkı tutmuş. Birlikte yerden yükselmiş ve yüksek pencereye doğru uçup, sanki gerçek değilmiş gibi, pencerenin camından geçerek çıkıp gitmişler; ya da belki camlar gerçekten gerçek değilmiş... Gecenin gökyüzünde, gidecek daha yukarı doğru süzülüyorlarmış. Hızlarının ne olduğunu ve zamanın akışını kestirmenin gerçekten imkânı yokmuş. Yolculukları sonsuza kadar mı sürmüş yoksa hiç mi zaman almamış, kız bunlardan emin değilmiş ama sonunda kendisini, yanındakiyle birlikte, uzayda alev alev yanan bir yıldızın yakınlarında, hiç zarar görmemiş olarak süzülürken bulmuş. Bu yıldızın biraz ötesinde bir de benzeri varmış ama yakınlarındaki yıldızdan biraz daha cansız görünüyormuş.

"Bu yıldız, senin Güneş'in gibi bir yıldız. Bunun tek farkı, birbirlerinin etrafında döndükleri bir eşi olması ama bu durum, şimdilik hareketini hiç etkilemiyor. Şu anda erken hidrojen yakma evresinin ortalarına gelmiş durumda ve yakında çekirdek sentezine başlayacak."

"Çekirdek sentezi mi? O da ne?" diye sormuş Sinderenda, gayet doğal biçimde.

"Belki bu soruna ben cevap verebilirim," diyen başka bir ses araya girmiş. Böyle bir müdahale, insanın boş uzayda bekleyebileceği bir şey değilmiş kuşkusuz ama yanı başlarında, üzerinde çeşitli egzotik sembollerle dolu cüppesi olan bir adam süzülüyormuş.



ÇEKİRDEK SENTEZİ

Büyük Patlama, Evren'i hidrojen, bol miktarda helyum ve biraz da başka hafif elementlerle doldurdu. Oksijen ve karbon gibi faydalı elementler daha sonra yıldızların merkezlerinde üretildi. Bir yıldız tamamen gazlardan, çoğunlukla da hidrojen gazından oluşur ve başlangıçta kümelenmiş topraklar halinde bulunur. Gaz içeri doğru çöktükçe açığa çıkan kütleçekim enerjisi onu giderek daha sıcak hale getirir ve tabii ki bu sırada giderek yoğunlaşır. Sonunda, yeterince sıcak ve yoğun hale geldiğinde, gazın içindeki atomik çarpışmalar nükleer reaksiyonlara neden olur ve böylelikle daha ağır elementlere ait çekirdekler ortaya çıkar.

İki proton arasındaki çarpışma çok nadiren bir döteryum çekirdeği, yani döteron oluşmasını sağlar. Bu çekirdek, bir proton ve bir de nötron içerir. Çarpışma esnasında, eğer Zayıf Etkileşim, protonu nötrona dönüştürebilirse bu durum ortaya çıkabilir. Bir kez nötron oluşturuldu mu da, iki döteronun birleşip, iki proton ve iki nötrondan oluşan helyum çekirdeğini meydana getirmesi nispeten daha kolaydır. Ortaya çıkan bu işlemde, eğer yıldız yeteri kadar büyük ve sıcaksa, diğer elementlerin çekirdekleri de sırasıyla meydana getirilebilir. Buna da Çekirdek Sentezi denir.

"Ben bir Yıldız Simyacısıyım," diye kendini tanıtmış, yeni yabancısı. "Çekirdek Sentezi benim uzmanlık alanımdır. Bu isim yeni elementlerin meydana getirilmesini, Evren'in ilk baştaki hidrojen stokundan daha ağır elementlerin oluşturulmasını tanımlar. Bildiğiniz gibi, kimyasal davranış bir atomdaki elektronların sayısına bağlıdır ve elektron sayısı da atomik çekirdekteki elektrik yüküne bağlıdır.² Çekirdek neyse, atom da odur.

"Dünya'da bulabileceğiniz muhtelif maddeleri elde etmek için, atomları meydana getirebileceğiniz çok çeşitli çekirdeklere sahip olmak zorundasınızdır. Özellikle organik yaşam için ge-

2. Bu kitabın daha önceki sayfalarında yer alan "Pamuk Prenses ile Partikül kadar Küçük İnsanlar"a bakınız.

rekli olan şaşırtıcı çeşitlilikteki bileşenleri elde ederseniz, hidrojenin yanında karbon ve oksijen ile azot, kalsiyum ve fosfor gibi çeşitli diğer elementlere de ihtiyacınız vardır. Hidrojen zaten Evren'in ilk aşamalarından beri gani gani sağlanmaktadır ama diğer elementler yıldızlarda oluşturulmak zorundadır. Eski simyacılar, kurşunu altına dönüştürmeye çabalamışlardı ama yıldız simyacıları çok daha muazzam işler yapabilirler. Bunun iki nedeni vardır; birincisi, Evren'i dolduran hidrojen gazını yaşamın temel elementlerine dönüştürebilmeleri, ikincisi de, bu işlemin gerçekten başarılabilir olmasıdır.

"Şimdi," diye devam etmiş söyleyecek çok şeyi olduğu belli birinin kararlı ses tonuyla, "...hidrojenden, daha ağır çekirdekleri meydana getirmek konusunda belirgin bir sorun vardır. Bir tanesi dışında, her bir çekirdek türü nötron içerir. Ne yazık ki nötron içermeyen element de hidrojendir. İlk aşamalarda Evren, tuhaf biçimde nötron fakiridir, bu nedenle de onları bir şekilde oluşturmak gereklidir. Gelsin Zayıf Etkileşim!" Sözlerinin burasında, dinleyici tepkisini anlamak istercesine birden çarpıcı biçimde durmuş. Kızın elinden gelen en iyi şey de, sabırla ilgileniyormuşçasına bir ifade takınmakmış.

"Zayıf Etkileşim, protonları nötronlara ve nötronları protonlara dönüştürebilir. Bizim amacımız için bu bir şanssızlık olsa da, Zayıf Etkileşim'in Evren'in geçmişinin büyük kısmında yaptığı şey, nötronları protonlara dönüştürmek olmuştur. Bunun nedeni de, sadece nötronların protonlardan birazcık daha ağır olmalarıdır. Bir nötron bir protona dönüşünce, ayrıca protonun elektrik yükünü dengeleyecek bir de elektron elde edersiniz. Nötron, elektronun durgun kütlelerini sağlayabilecek kadar ağırdır ve sonrasında da hala biraz daha kütle kalır. Bildiğiniz gibi kütle demek enerji demektir ve fazlası, parçacıkların kinetik enerji kazanmasına neden olacaktır; bir entropi artışı sağlanacak ve nötronların bozunmasını teşvik eden karmaşa hareketi başlayacaktır.

"Bir yıldızın içinde olup bitenler boş uzaydakilerden çok farklıdır." Aniden, yakınlarındaki yıldızın merkezine uzanmış ve bir avuç - bir şey çıkarmış. Bu beklenmedik ve şaşırtıcı bir hareket olmuş tabi. Sinderenda, simyacının bunu nasıl yaptığını anlamak için çok çabalamış ama gözleri adamın hareketlerini hiç takip edemiyormuş.

“Temel olarak, bir yıldızın merkezi sıcaktır,” diye devam etmiş, simyacı. “Bu durum, protonların hepsi pozitif elektrik yükü taşıdıkları ve bu yüzden de birbirlerini ittikleri için, birleşebilmelerinin ilk şartıdır. Güçlü ve Zayıf Etkileşimler’in çalışabileceği kadar birbirlerine yaklaşabilmeleri için, doğalarında bulunan itme kuvvetini yenebilecek yeterli miktarda enerji ile hızlanıp çarpışmak zorundadırlar. Bir yıldızın sıcak merkezinde, protonlardan bir kısmı, bu anlamda yeteri kadar enerjiye sahip olacaktır.”

Elini açmış ve muhtemelen proton olan bir avuç bulut gibi parçacığı ortaya çıkartmış. Parçacıklar hızla uzaya dağılırlarken, simyacının onları yıldızın merkezinden söküp almadığı, bir şekilde yıldızın iç kısmının bir bölümünü kıza görünür hale getirdiği anlaşılmış. Parçacıklar hala yıldızın yoğun kor tabakasının içindeymiş gibi davranıyorlar, birbirlerini sıkıştırıyorlar ve yüksek enerjili çılgın danslarını yapmaya devam ediyorlarmış. Bazı parçacıklar görülebilir bölümün dışına çıkıp kayboluyor, yerlerine diğerleri giriyor, görünür kılınan çekirdek fırınının içinde sürekli bir giriş çıkış yaşandığı izleniyormuş. Ara sıra da protonların birbirlerine çok yaklaştıkları oluyormuş. Bu olunca, pozitif yükleri onları birbirinden ittiği için, yakınlaştıkça hızla yavaşlıyorlarmış. Nerdeyse her seferinde bitişmeye ramak kala duruyor ve geri dönüyorlarmış ama bazıları o kadar hızlı hareket ediyorlarmış ki, daha ayrılamadan birbirlerine dokunmak zorunda kalıyorlarmış. Zayıf Etkileşim’in onları bağlayabileceği kadar yaklaşıyor ama proton olarak kaldıkları sürece bağlanamıyorlarmış çünkü yalnızca proton içeren atomik bağlanma biçimleri olmadığından yeniden ayrılıyorlarmış. Protonların, elektrik yükleri tarafından birbirini itmesini hafifletmek için nötronlar gerekiyormuş.

YILDIZLARIN ÇEKİRDEKLERİNDEKİ PROTON BOZUNMASI

Boş uzayda nötronlar protonlara bozunabilir. Nötronun kütlesi belirgin biçimde protondan ağırdır ve kendisinden meydana gelebilecek proton ve elektronun kütlelerini oluşturmaya yetecek ka-

dar kütle enerjisine sahiptir. Dahası, sonuçta bozunarak ortaya çıkardığı ürünlerin kinetik enerjisini sağlayacak kadar da enerji artar. Doğa, kinetik enerji salmayı sever çünkü böylece muazzam sayıda ayırt edilemez hareket durumu sağlayabilir ve sistemin entropisini artırabilir; yani olasılıkları çeşitlendirebilir.

Hafif olan protonun, kendisinden ağır bir nötrona bozunması içinse, bir etkinin, enerji dengesini tersine çevirmesi gerekir. Bir şekilde, nötron oluşumu kinetik enerji salmak zorundadır ve bu durum da ancak, eğer nötron bir çekirdekte protonun bağlanabileceğinden çok daha sıkı biçimde bağlıysa meydana gelebilir.

Pauli Dışlama İlkesi, çekirdek içinde proton ve nötronlar özdeş parçacıklar seti oluşturduğundan, bunlar için mümkün olan durumları sınırlandırır. Ancak, protonlarla nötronlar aslında tıpatıp aynı olmadıklarından, iki ayrı set sınırlaması olacaktır.

Yıldızların merkezindeki yoğun kor tabakasında çekirdekler, çok yüksek ısı altında yüksek enerjili çarpışmalarla şekil bulurlar. Çarpışmalar esnasında oluşan tamamlanmamış potansiyel çekirdeklerde, proton için uygun olan en düşük enerji katmanı başka bir parçacık tarafından doldurulmuş olsa da, eşdeğer bir nötrona uygun katmanda hala boş yer olabilir. Eğer proton, Zayıf Etkileşim tarafından bir nötrona dönüştürülüp, bu katmana yerleşirse, kinetik enerji açığa çıkacak ve kararlı bir çekirdek daha meydana gelebilecektir.

Bu tür Zayıf Etkileşimler pek sık görülmezler ve tüm bu süreç de oldukça yavaştır ama yıldızlar çok sabırlı şeylerdir.

“Zayıf Etkileşim bir yıldızın içinde protonları nötronlara dönüştürebilir.³ Bununla birlikte, Zayıf Etkileşim, adı üzerinde, zayıftır ve bu yüzden de bozunma yavaş olur. O kadar yavaş olur ki, bir milyon çarpışmada protondan nötrona tek bir bozunma meydana gelmeyebilir. Ama sonunda, değişim olur ve olduğunda da bir protonla bir nötron birleşerek bir döteron, yani döteryum çekirdeği – ağır hidrojen haline gelir. Bu bağlanma durumu

3. Bu, bir önceki masal olan “Uyanan Güzel”de ve ayrıca ayrıntılı biçimde bu bölümde yer alan “Proton bozunması...” başlıklı paragrafta ele alınmıştır.

yaratıldığında, gazı daha da ısıtacak olan bir miktar enerji salınır. Bir döteron, iki proton ve bir nötron içeren helyum3 çekirdeğini meydana getirmek üzere bir proton daha toplayabilir. İlave çarpışmalarla, iki proton ve iki nötronlu helyum çekirdeğinin oluşması da sağlanabilir. Bu son süreçte, zaten döteronlar daha ağır çekirdeklerde olduğu gibi eşit sayıda proton ve nötron içerdiklerinden, yeni nötronlar meydana getirmeye gerek yoktur. Bu sürecin sonunda ortaya çıkan helyum çekirdeği güçlü biçimde bağlıdır ve bu nedenle serbest kalan bağlanma enerjisi de yine yıldızın kor tabakasını ısıtmaya harcanır.

“Helyum çekirdeğinin üretimi, çekirdek sentezi bu aşamaya geldiği sürece devam eder. Helyum konsantrasyonu arttıkça da, yeni helyum çekirdeklerinden bazıları nükleer kuvvetin etkinlik mesafesinde bir araya gelebilirler ve hatta bir an için bileşik çekirdekler de oluşabilir ama sekiz nükleon içeren hiçbir çekirdek-sekiz nötron ya da proton içeren bir karışım aynı -kararlı- değildir. Yeni oluşan çekirdek kısa sürede dağılır ve nükleer oluşum zinciri bu aşamada yerle bir olur. Sekiz nükleonlu kararlı bir çekirdeğin oluşma ihtimali ancak rasgele bir şans eseri olarak ortaya çıkabilir ama bu şans faktörü dediğimiz de, Evren’deki yıldızların büyük kısmının doğasında vardır.

“Bu arada, çekirdek fırını yanmaya ve hidrojeni helyuma dönüştürmeye devam eder. Nötronların oluşması Zayıf Etkileşime bağlı olduğu için, fırın yavaş yanmaktadır, ama o kadar çok hidrojen yakıtı içermektedir ki, bu titrek ateş bile sonunda güneş ışığı olarak yayılan muazzam miktarda bir enerjiyi etrafına salar. Güneş gibi orta boyuttaki bir yıldızın kor tabakası öyle yavaş yanar ki, bu yanma on milyar yıl kadar sürebilir ve bu süre, yıldızın yakın çevresindeki gezegenlerde yaşamın gelişmesini mümkün kılacak zamana imkân tanır.”

“Öyle olsa bile,” diye araya girmiş, Simyacı’nın dersi boyunca karanlık ve sessiz bir tavırla orada durmakta olan Isı Ölümü’nün kasvetli sureti, “...yıldız sonsuza kadar yanamaz. On milyar yıl alabilir ama sonunda her yanan yerde olduğu gibi, kor tabakasındaki yakıt da tükenecek ve ateş ölecektir. Belki kor tabakasının dışında yanmaya devam eden hidrojen kalacak ve füzyon kabuğu dışarı doğru genişleyecektir ama çekirdekteki

hidrojen füzyonu sona erecektir. Her normal ateşte bu durum, bölgenin soğuyacağı anlamına gelir ama yıldızların durumu biraz farklı tabi. Kor tabakasındaki ateş sönünce, kor büzülecek ve daha da sıcak hale gelecektir. Bu da kütleçekimin bir diğer komik oyunu olacaktır,” dedikten sonra düşüncelere dalmış ve kısa süreliğine diskurunun hedefini unutmuş. “Her zaman bu kütleçekimle sorun yaşıyor gibi görünüyorum. Büyük ölçekte, termodinamiğin kanunları her zaman o kadar açık ve net değil,” diye sürdürmüş sözlerini.

“Yalıtılmış bölgesel bir örnekte, değişim durumunda olmayan ve bir dengeye oturmuş yapılarda benim kanunlarım gayet iyi çalışıyor. Böyle yapılarda Entropi amansızca artar ve enerjinin korunumu kuralına – yani Termodinamiğin İlk Kanunu’na – titizlikle uyulur. Top mermisi gibi hızlı hareket eden bir cisim kale duvarına çarptığında, enerjisini ses, ısı ve yıktığı taş parçalarına verdiği kinetik enerji ile salar. Bu sonuncusu, kale duvarını oluşturan taşları birbirine bağlayan enerjiyi değiştirmek anlamına gelir. Geri kalan, ses ve ısı olarak ortaya çıkan enerjiyse, havaya ve duvarın içindeki atomların hareketlerine geçer. Durum karmaşıktır ama denge hassasiyetle sağlanmıştır. Çarpışmadan sonraki toplam enerji, öncekinin aynısıdır.

“Evren ölçeğindeyse durum farklıdır. Bir defa hiçbir şey tam olarak bölgesel değildir çünkü kütleçekimin erişimi muazzamdır ve uzayın genişlemesi gibi etkenler vardır. Evren Büyük Patlama’dan sonra saydam hale gelince, ortaya çıkan muazzam enerjinin sebep olduğu bir ışık baskınına uğradı ve bu ışık, Evren’deki en büyük enerji konsantrasyonunu içeriyordu. Bu ışığın, genel olarak Evren’deki madde ile fazla bir etkileşimi olmamıştı. Zaman geçtikçe uzay genişleyip, ışığın dalga boyu da onunla birlikte büyüyünce, kendisini meydana getiren fotonların enerjileri nispeten azaldı. On milyar yıldan daha uzun bir süre sonra bu uçsuz bucaksız radyasyon yangını, senin artık göremeyeceğin kadar duruldu ve yaygın bir arkaplan mikrodalgası halini aldı. Tabii ki enerji artık çok daha büyük bir alana yayılmıştı ama durum sadece bununla kalmıyordu. Fotonların kendileri etkileşime girmiyorlardı ve zaten ilk baştakinden çok daha az enerjiye sahiptiler. Tüm bu fotonların enerjisi korunmamıştır. Sadece azalmıştır.

“Yalıtılmış bölgesel bir ölçekte, termodinamiğinin kanunları gayet iyi çalışır. Bir yıldız sistemi, mesela, yeteri kadar kapalı ve yalıtılmıştır. Elbette, diğer yıldızlardan gelen ışık ve az önce bahsettiğim evrensel arkaplan radyasyonu ile yılanmaktadır ama bir yıldızın kor tabakasından dışarı çağılayan radyasyon ile karşılaştırıldığında, bütün bu etkiler ihmal edilebilir düzeyde kalırlar. Ayrıca, yıldız, uzayın genişlemesini ve şeklini etkileyen Evren’in kütleçekimiyle de sarılmıştır ama bu etki de, bölgesel olarak, yıldızın kendi kütleçekimi ile karşılaştırıldığında hiçbir şey değildir. Yani, gayet iyi bir yaklaşıklık olarak yıldız, Evren’in geri kalanından tamamıyla yalıtılmış olarak düşünülebilir ve termodinamiğin kuralları uygulanabilir. Yıldızın merkezindeki ateş de, Dünya üzerindeki bütün sıradan ateşler gibi, bir gün mutlaka yana yana bitecektir.

“Uzun süren görünür kararlılık dönemi boyunca, yıldız oluşturan malzeme, kütleçekimin devamlı çekiştirmesine karşı, merkezinden dışa doğru yayılan şiddetli radyasyon teyakkuzaıyla direnir. Bu direniş kırıldığında, yıldız kor tabakasına doğru çöküşüne hızla devam edecektir. Çöküş, kütleçekim enerjisi salınmasına neden olur ve kor tabakası büzüştükçe ısınır. Hiçbir yeni süreç devreye girmedikçe, kütleçekim çökertmesinin bir sınırı yoktur. Yıldızın merkezinde malzeme giderek daha sıcak ve daha yoğun hale gelir.”

“Sonunda,” diye araya girmiş, Simyacı, “...yıldızın merkezindeki kor o kadar küçülüp, o kadar yüksek bir enerjiyle hareket eder hale gelecek ki, iki helyum çekirdeği çarpışıp birleştiğinde, bunlar daha ayrılmaya fırsat bulamadan, bir çekirdeğin daha onlarla çarpışması ihtimali çok artacaktır. Bu ikinci çarpışma, yeni oluşan çekirdeğin boyutunu büyüttüğü için, onu kararlı çekirdekler gurubuna dâhil edecektir. Yıldızdaki helyum füzyonu, altı proton ve altı nötronlu karbon çekirdeğini işte böyle meydana getirir. Bu süreç, iki proton ve nötrona daha sahip olan oksijen çekirdeğinin oluşmasına doğru ilerlemeye hazırdır. Bu durum da sana çok ilginç gelebilir tabi,” demiş Simyacı, Sinderenda’ya dönerek.

“Neden?” diye sormuş, kız da.

“Çünkü *sen*, en temelde makul bir yaklaşıklıkla, bu iki elementin ta kendilerinin de ondan. Karbon ve oksijen, Evren’de gani gani bulunan hidrojenle birlikte organik yaşamın temel bi-

leşenlerini oluştururlar. Fiziksel olarak, en temelde seni sen yapan, atomlarıdır.

“Dediğim gibi, helyum füzyonu, çekirdek çarpışmaları çok sık olmadığı sürece meydana gelemez. Uygun koşullar yerine geldiğinde de, süreç çok hızlı işler. Söz konusu sürece giren yıldız, ‘helyum ışımaları’ adı verilen parlamalarla etrafına daha fazla ısı yaymaya başlar. Bunun nedeni de merkezindeki hızlı tepkimelerin neden olduğu fazladan radyasyon ve yanan hidrojen katmanlarının dışarı doğru hareketi nedeniyle yıldızın dış yüzeyindeki dışa dönük basıncın artmasıdır.”

“Peki, bu durum sonunda nereye varır?” diye sormuş, Sinderenda. Olup bitenler oldukça çarpıcı olaylar gibi geliyormuş kulağa. Cevap, o sırada devreye giren başka, yeni bir sestem gelmiş; ama pek de kızın sorusunu cevaplıyor gibi hitap etmiyormuş bu ses.

“İyi akşamlar, hanımlar beyler. Ben, muhabiriniz Roger Rover, şu anda size, ölmekte olan bir yıldızdan sesleniyorum. Bu, büyük bir yıldız değildi. Aslında, oldukça ortalama, sıradan bir yıldızdı; ama şimdi ölüyor.”

Kız etrafına bakınmış ve yakınlardaki küçük bir meteorun üzerinde dengede durmaya çalışan, elindeki mikrofonu sıkı sıkı kavramış, ciddiyetle konuşan, konuyla gayet ilgili bakışlar atan genç bir adamın bulunduğunu görmüş. Mikrofondan uzanan bir kablo boşlukta ilerleyip, önünde uzay kıyafetleri içindeki bir ekibin kameralarla çekim yaptığı bir uzay gemisine doğru gidiyormuş. Muhabirinse, hiçbir koruyucu kıyafet giymiyormuş gibi görünmesine karşın, etrafında, belli belirsiz parıldayan bir koruyucu kılıfla çevrelendiği anlaşılmış.

“Sarı bir küre olarak milyarlarca yıl durmaksızın parıldayan ve etrafındaki gezegenlere yumuşacık ışığını göndererek mutluluk saçan bu yıldız, artık çıldırmış durumda. Uzun yaşamı boyunca titizlikle ürettiği helyum stoklarında kontrolden çıkmış olan helyum füzyonu, sonunda onun kırmızı bir ejderhaya dönüşmesine neden oldu. Şimdiden sonra, yıldızın balon gibi şişerek, kendi ailesinin üyeleri olan yakın gezegenleri de yutacak şekilde genişlemesi bekleniyor. Umarız o gezegenlerde hayat yoktur, hanımlar beyler, çünkü eğer varsa, bundan sonra olmayacaktır.”

Muhabir konuşurken, tıpkı dediği gibi, yıldız muazzam biçimde genişlemiş ve gezegen ailesinde kendine en yakın olanları tamamen örtmüştü. Artık ilk baştaki boyutuna göre inanılmaz bir büyüklüğe ulaşmış ve saçtığı ışık da büyük oranda artmış. Bu güçlü ışık, ciddi biçimde genişlemiş olan yüzey alanının her yanından etrafa saçılıyordu. Aslına bakılırsa, yıldızın o andaki yüzey ısı, normal bir cüce yıldızın yüzey ısısından daha düşükmüştü. Artık belirgin biçimde kırmızı olarak parlıyordu. Ana Yıldız Dizinindeki cüce yıldız, şimdi kırmızı bir ejderhaya dönüşmüştü.

“Bu manzara, bir zamanlar okuduğum bir dizeyi aklıma getirdi,” diye devam etmiş, muhabir:

*Bu öfkeli yıldız neyin habercisi?
Ne de güzel bir ışık saçıyor.
Ama, ah dostlar, ah düşmanlar,
Birkaç milyon yıldan fazla sürmeyecek.*

Yüzünü kameradan çevirip, mikrofonun üzerindeki anahtarı iterek onu kapattıktan sonra kamera ekibine dönmüş ve “Bu şirden emin misiniz?” diye sormuş. “Bana pek doğru gelmedi. Neyse, boş verin, zaten kimse çok dikkatle beni dinliyor olmayacaktır.” Mikrofonunu tekrar açmış.

“Yıldız şimdi öyle şiddetli bir hızla yanıyor ki,” diye devam etmiş, “...kendisini çok daha kısa bir sürede tüketecek, yani, birkaç milyon yılda.” Tekrar mikrofonunu kapatmış. “Çekimi teslim etmeden önce son söylediğimi atabiliriz. Buradan sonra direk kor tabakanın çöküşüne geçeriz. Tamam, millet. Haydi, bir çay molası verelim.” Film ekibi hep birlikte uzay gemisine yönelmiş. Sinderenda, daha önce hiç birkaç milyon yıl süren bir çay molası görmediğinden, bu durumdan ziyadesiyle etkilenmiş.

Zaman geçmiş ve bir şekilde, galiba ölümsüz refakatçilerinin de etkisiyle, fazla uzun bir süre beklemeden, muhabir tekrar kayalık, küçük meteorun üzerinde belirmiş.

“Gerilim giderek artıyor, hanımlar beyler. Kor tabakadaki helyum füzyonu sonlanıyor ama helyum ve hatta hidrojen, yıldızın yüzeyine yakın bölgelerde yanmaya devam ediyor. Mu-

kadderatın tecelli etmesine artık sadece asırlar kaldı. Ve evet, işte gidiyor!”

Gelişmiş teknolojinin harikaları sayesinde, bir şekilde kamera, hala yanan dış gaz tabakalarının arasından geçip, yanmış ve bitmiş olan yıldızın koruna odaklanmayı başarmış. Kor tabaka öyle hızlı büzüşüyormuş ki, öncekinden çok daha fazla bir ısıya yükselip, daha parlak ışıyormuş. Bu sürecin sonunda, kor tabakasından büyük bir enerji patlaması salınmış ve yıldızın dış kabuğunun parça parça uzaya saçılmasına neden olmuş. Yıldız, böyle acı çöküşleri daha önce de yaşamış, bunun sonucunda artan ısı ve yoğunluk nedeniyle de yeni nükleer füzyonlara başlayabileceği seviyelere ulaşmışmış. Fakat bu sefer, ısı yeteri kadar yükselemeden çöküş durmuş! Yıldızın merkezinde yeni bir yanma süreci başlayamamış. Dolayısıyla da, kor tabakası kütlelerinin çöküşüne karşı direnebilecek, dışa dönük basınç yaratan yeni radyasyon kaynakları oluşamamış. Böyle bir direniş yokmuş ve fakat yine de çöküş durmuş.

Kız, “N’oldu?” diye sormuş yanındakilere; durumun yeni bir hal aldığını fark etmiş. Bu sorusuna cevap verense, yanındakiler değil, görünmeyen dinleyicilerine hitap eden muhabir olmuş:

“Görüldüğü gibi, yıldız çöküşünü durdurdu ve gerçekten artık daha fazla büzüşmüyor. Ancak bunun nedeni, dışarıya doğru basınç yaratan radyasyonun kaynağı olan yeni füzyon süreçlerinin başlamamış olması değil. Bunun nedeni, bir yıldızı etkileyebileceğini asla düşünemeyeceğiniz bir şey. Çok büyük bir nesne olan yıldızın sonunu, çok küçük nesneler dünyasından gelen bir şey belirliyor. Çöküş, kuantum etkileriyle, atom fiziği tarafından durdurulmuştur.”

BEYAZ CÜCELER VE DIŞLAMA İLKESİ

Yıldız gibi büyük bir nesnenin nihai durumuna kuantum teorisi, yani atom fiziği tarafından hükmediliyor olması olağanüstü bir durumdur. Ama hal böyledir.

Kuantum teorisi, sınırlı bir uzayda, parçacıklar için mevcut olan seviyelerin tanımlı olduklarını ve genellikle enerji bakımından birbirinden ayrılmış bulunduklarını söyler. Atomlarda enerji

ayrışması tipik olarak birkaç eV'dir⁴. Çok daha yoğun olan çekirdeklerde ise enerji ayrışmaları tipik olarak milyonlarca eV'dir; genellikle MeV olarak yazılır.

Astronomik boyuttaki bir hacim de yine farklı kuantum seviyeleri ihtiva edecek fakat bunlar birbirlerine çok yakın olacaklardır. Farkın farkına varılmayacak kadar yakın... Bu seviyelerin elektronlar tarafından doldurulması, tıpkı atomlarda olduğu gibi, Dışlama İlkesi ile sınırlıdır.

Belirgin bir enerji miktarına ulaşana kadar tüm seviyeleri elektronlarla doldurmak inanılmaz sayıda elektron gerektirecektir. Bir yıldızda da inanılmaz sayıda elektron vardır ve yıldız, bir Beyaz Cüce haline çöktüğünde, en düşük kuantum seviyelerinin tümü doludur.

BEYAZ CÜCELER VE BELİRSİZLİK İLKESİ

Yıldız, bir Beyaz Cüce olacak şekilde çöktüğünde, bütün düşük enerji seviyelerini parçacıklarla doldurur ve bu da kapladığı hacimle sınırlıdır. Yıldız hala çökmeye devam edecek olursa, daha fazla elektronun sığabileceği düşük seviyeler de olmadığından, kuantum seviyelerinin biraz daha sıkışması gerekir.

Eğer bir parçacık, kütleçekimin etkisiyle bir kütleyle doğru çöküyorsa, bu kütleinin merkezinden olan uzaklığıyla ters orantılı bir miktarda enerji salar. Beyaz Cücede, hem elektronlar hem de çekirdekler çökerken enerji salarlar. Yıldızın merkezindeki kuantum seviyeleri sıkışıp büzülürken, elektronların momentumları da kütleinin boyutu ile ters orantılı biçimde artar. Momentuma sahip olan elektron, kendisinden daha ağır bir parçacıktan daima daha yüksek bir hıza sahip olacağından, giderek daha yüksek bir kinetik enerji barındıracaktır. Elektronların bulunduğu kuantum seviyelerinin daha da sıkışması halinde, var olan kinetik enerji miktarları da, kütleçekimin bağlanma enerjisinden salınan enerjiden daha hızlı artmak zorunda kalacaktır. Ama bu artış için gereken enerji, kütleinin içerisinde mevcut olmadığından, daha fazla da-

4. eV, atom fiziğinde sıkça kullanılan bir enerji ölçüsüdür. Bir elektronun bir volt'luk elektrik potansiyeline düştüğünde kazandığı enerjiyi gösterir. eV birimleri tek tek elektronların enerji ölçütü olarak kullanıldıklarından oldukça küçük değerler taşırlar. Örneğin, bir kalori, yirmi altı milyar kere milyar eV'ye eşittir. Yani, eV ile ifade edilen her şey, gayet şişmanlatıcı olacaktır.

ralma olamayacaktır. Böylelikle de Beyaz Cüce daha fazla çöke-
meyecektir.

Güneşimiz gibi normal bir yıldız, genellikle kararsız bir denge durumundadır. Çöküşü, kor tabakasındaki nükleer fırınlardan gelen dış yönlü radyasyon tarafından geçici olarak engellenmektedir.⁵ Diğer yandan, bir Beyaz Cüce, doğası gereği karardır. Aslında yıldız, devasa bir atoma dönüşmüştür ve kütleçekim, atomdaki elektriksel etkileşimin yerini almıştır; dolayısıyla da sonsuza kadar böyle kalmaması için belirgin bir neden yok gibidir.

Muhabir, dramatik bir etki yaratmak amacıyla bir an durmuş ve o anda Sinderenda, onun, uzay gemisinin ön tarafına dikilmiş olan dev bir ekrandan, anlattığı ayrıntılı bilgileri okumakta olduğunu fark edecek vakti bulmuş.

“Yıldızın kor tabakası artık o kadar fazla sıkışmış bulunuyor ki, elektronlar bu merkez bölgede mevcut düşük kuantum seviyelerinin tümünü tıka basa dolduruyorlar. Evet, bir yıldızın merkezi kadar büyük bir yerin bile bir kapasitesi, bir istiap haddi vardır ve elektronlar tarafından doldurulmasına izin verilen kuantum seviyelerinin de, ne kadar sıkıştırlarsa sıkışsınlar, sonunda daha fazla sıkışamayacakları bir nokta olmak durumundadır. Kor tabakasında, söz konusu kuantum seviyelerinden muazzam miktarda olmakla birlikte, onları dolduracak elektronlardan da muazzam sayıda mevcuttur. Ama elektronlar, sonuçta Pauli Dışlama İlkesi’ne uygun davranan parçacıklardır.” Muhabir, ekrandan bu cümleleri okurken, bunları gururla telaffuz ediyormuş. “Bütün düşük enerji seviyeleri elektronlarla tamamen doldurulmuş bulunuyor; seviyelerin kendileri sıkışmadıkça, daha fazla sıkışma olamaz. Şimdi artık, bölgesel seviyelerin her birinin daha yüksek momentumları var.” Bir kez daha anonsunu, bir zafer edasıyla yapmış. “Kinetik enerji, kütleçekim tarafından yaratılan çekme enerjisinden çok daha hızlı yükseldiğinden, yıldız artık daha fazla büzüşemeyecektir. Büzüşmez de.

5. Tamam, bu durum belki de milyarlarca yıl sürecektir ama uzay ölçeğinde bu hala geçici sayılır.

"Bu yıldız nihai konumuna ulaşmıştır. Kor tabakası, tıklım tıklım *yozlaşmış bir madde*'den oluşmaktadır ve daha fazla çökemez. Bir Beyaz Cüce haline dönüşmüştür. Yıldız, tıpkı Heisenberg Belirsizlik İlkesi tarafından boyutu belirlenen bir atom gibi olmuştur. Yıldızın merkezi, dev bir atom haline gelmiş, bunun nedeni de kütleçekim değil, ondan çok daha güçlü hale gelmiş olan elektromanyetizm olmuştur. Bu aşamadan sonra kütleçekimin yeniden baskın duruma gelebilmesi için bol miktarda ilave maddeye ihtiyacı vardır. Beyaz Cüce şimdi kararlı bir cisimdir ve aslında, soğudukça yavaşça soluklaşarak, sonsuza kadar bu halde kalmalıdır. Çökme döneminden kalan ısıyı sürekli kaybetmekte olduğundan, sonunda karanlık bir yıldız haline gelecektir. Yıldız çok küçülmüş olduğundan, ısınıp kaybetmesi de çok yavaş olacaktır. Evren'in başlangıcından bu yana, henüz hiçbir Beyaz Cüce'nin görünmeyecek kadar soğuduğu öngörülmektedir." Muhabir, verdiği bütün bilgileri, önündeki hazır metinden okuyan birinin özgüveni ile aktarıyormuş.

"Evet, hanımlar beyler, şimdi bu zavallı kalıntıyı bütün tuhaflığıyla baş başa bırakarak buradan ayrılabiliriz. Bundan sonra ondan, başka hiçbir hareket bekleyemeyiz; yoksa bekleyebilir miyiz?" Anlatımına yine dramatik bir edayla ara vermiş: "Eğer hatırlarsanız, sevgili izleyiciler, bu yıldızın bir de eşi vardı. Birbiri etrafında dönen iki yıldızdan biriydi. Beyaz Cüce ve onun daha sıradan eşi, kütleçekimin ipleriyle bağlanmış bir çift olarak, ağır başlı bir vals yapıyorlardı. Beyaz Cüce kendi yörüngesinde dönerken, eşinin ateşler içindeki yüzeyinde, tıpkı Dünya'nın etrafında dönen Ay'ın okyanuslarda meydana getirdiği gibi gelgitler meydana getirir. Bu gelgitler tekrarlandıkça, iki yıldız birden belli bir enerji kaybına uğrarlar ve yörüngeleri yavaşça spiral halinde birbirlerine yaklaşacak biçimde bükülür. Sonra, çok küçük bir uyarı ile, ikinci yıldız da, adet olduğu üzere, helyum yakma dönemine girer ve yine adet olduğu üzere, kırmızı bir ejderha haline gelecek şekilde şişer."

Muhabir konuşmasını sürdürürken, Sinderenda, diğer yıldızın giderek daha parlak hale geldiğini ve Beyaz Cüce'ye doğru spiraller halinde gaz akışı başladığını görmüş. Bu yeni madde akışı Beyaz Cüce'nin derin kütleçekim kuyularına doğru yöneliyor ve yüzeyine yayılarak kütlelerinin artmasını sağlıyormuş. Be-

yaz Cüce giderek ağırlaşırken, rahatsızlık belirtileri göstermeye de başlamış.

“Peki, şimdi n’oluyor?” diye sormuş, Sinderenda. Muhabir yeniden olayları yorumlamaya başlamış:

“Yıldız, gözlerinin önünde değişiyor. Kütlesi arttıkça, onu ezmeye çabalayan kütleçekim de artıyor. Elektronlar da giderek artan enerji seviyelerine gitmeye zorlanıyorlar ve sonunda fazlasıyla bağlı hale geliyorlar. Bu durum neden yıldızın çökmesini etkiliyor diye sorabilirsiniz? Çünkü olup bitenler, Beyaz Cüce’nin daha önce çökememe sebeplerini ortadan kaldırıyor da ondan. Yıldız büzüşmeye devam ederken, elektronların durumları da daha sıkışık bir hale geliyor ve momentumları da giderek artıyor. Elektronlar tamamen bağlı haldeyseler, enerjileri, momentumları ile aynı oranda artar ve artık bu enerjiyi kütleçekim de *sağlayabilir*. Bu amansız mücadele sonunda da yıldız aniden çökecektir.”

NÖTRON YILDIZI OLUŞUMU

Beyaz Cüce, kararlı bir yıldızdır; en azından, içerisindeki elektronların kinetik enerjileri, bu elektronların momentumlarından daha büyük değerlere yükselmek zorunda kalana dek. Bu yükselme, kütleçekimin etkisiyle oluşan çöküşün saldırdığı enerjiyle orantılıdır. Dolayısıyla, Newton mekaniği bu durumda hala etkin biçimde çalışmaktadır – yani elektron hızları haddinden fazla yüksek olmadığı sürece.

Kararlı bir Beyaz Cüce’de, en yüksek enerjili kuantum seviyelerine yerleşmiş olan elektronların enerjileri, hala bu elektronların durgun kütle enerjilerinden daha düşüktür. Daha büyük yıldızlarda, elektronların büyük bölümü yüksek enerji seviyelerine gitmeye zorlanırlar ve bazı durumlarda, durgun kütle enerjilerini büyük oranda aşan enerjilere sahip olurlar. Artık, davranışları Newton mekaniğine uymayacaktır – *fazlasıyla birbirlerine yaklaşmış ve bağlı olacaklarından*, kinetik enerjileri momentumları ile aynı oranda artacaktır. Böyle bir durumda da, kütleçekim gereken oranda enerjiyi *sağlayabilir* ve yıldız dramatik bir biçimde çöker.

Bir sonraki aşama çekirdek parçacıkları tarafından belirlenir, birbirine yapışırçasına bağlanmış elektronlar tarafından değil. Yıldız, hala büyük oranda hidrojen den ibaret olduğundan, çekirdek parçacıklarının çoğu da proton olacaktır. Beyaz Cüce'deki elektronlar, protonların çökmesini önlerler çünkü göreceli olarak, güçlü olan elektriksel etkileşim pozitif ve negatif yüklerin çok fazla birbirlerinden ayrılmalarını engeller.

Çökme, pozitif ve negatif yüklerin varlığı nedeniyle karmaşıklıklaştır. Eğer söz konusu olan yalnızca devasa yüksüz parçacıklar olsaydı, bunlar, Beyaz Cüce'yi kontrol eden aynı cins kuantum etkileri tarafından desteklenene kadar çökebilirlerdi ama bu, çok daha küçük bir ölçekte gerçekleşirdi çünkü devasa parçacıklar, göreceli olarak düşük kinetik enerjilerle yüksek momentuma sahip olabilirler. Eğer protonlar ve elektronlar nötronları meydana getirecek şekilde birleşselerdi, bu sefer de kütleçekimsel çöküşten kayda değer bir enerji açığa çıkabilirdi ve bu enerji de nötronların fazladan ihtiyaç duydukları yüksek durgun kütle enerjilerini sağlamak için yeterli olurdu.

Beyaz Cüce çöktüğünde, hidrojeninin elektron ve protonları büyük oranda nötronlara dönüşür ve göreceli olarak yıldız minicik bir boyuta büzülür. Beyaz Cüce'nin kütleçekim tarafından bağlanmış iri bir atom haline geldiği noktada, nötron yıldızı da bir tür çekirdek olur.

Nötron yıldızı çok ağırlaşmak zorunda kalırsa, ağır nötronlar bile yüksek oranda sıkış tepiş ve birbirine değecek hale gelebilirler ve bu noktada da, nötron yıldızı çöker. Bundan sonra da çöküşü hiçbir şey durduramaz ve yıldız, bir kara delik haline gelir.

Ve gözlerinin önünde yıldız, şaşkınlık verici bir hızla, aynen söylendiği gibi de yapmış. Yakınlarında parıltıyan bir küreyken, birden hızla küçük bir nokta haline gelivermiş. Yıldız boyutundaki bir cismin, çok büyük miktarlarda kütleçekim enerjisi salarak, böylesine hızla çöküşünü takip etmek bir gözlemci için hiç de kolay değilmiş. Salınan kütleçekim enerjisinin büyük bölümü çeşitli formlarda ve kavranması güç miktarlarda radyasyona dönüşmüş. Yıldız, bir Süpernova olmuş, koca bir galaksiyi aydınlatan ve diğer galaksilerden de görülebilen bir fener halini

almış. Patlayan flaş benzeri ışık, sönüp kaybolmadan önce bir asır kadar sürmüş ve ardında giderek genişleyen bir gaz bulutu bırakmış. Bu bulut da büyük bir halkaya dönüşerek, ilk baştaki oluşumundan kalma ısının etkisiyle pırıl pırıl aydınlanmış.

İnanılmaz parlama sönünce, Sinderenda -muhtemelen, aslında hiç orada bulunmamış olmasından dolayı- hiçbir zarar görmediğini fark etmiş. Sonra dönüp, muhabirin bulunduğu yere bakmış ve orada oval bir ayna yüzeyi gibi duran alanı görmüş. Bunun bir tür koruma kalkanı olduğu belliymiş ve bir süre sonra bu alan saydamlaşarak, her nedense perişan görünen genç adamı ortaya çıkartmış. Adamın yüzü gözü kapkara olmuş, tutuşmuş saçlarını söndürmek için çılgına dönmüş biçimde kafasına şaplaklar vuruyormuş.

"Yani... Çok heyecanlı, tabi," diye sözlerine devam etmiş bir yandan da, beti benzi atmış biçimde. "Bu gördüğünüz, I tipi bir Süpernovaydı, sayın seyirciler. Kanalımız yine bir ilke imza atarak, böylesine bir olayı ekranlarınıza taşıyan ilk kanal oldu. Ben Roger Rover, şimdi sözü stüdyoya bırakıyorum." Rahatlamış bi-



çimde mikrofonu kapatmış, etrafına şöyle bir bakınmış ve elindeki mikrofondan uzay gemisine doğru giden kablusunun, birkaç metre ötede kesilmiş olduğunu görmüş. Mikrofon kablusunun bağlı olduğu uzay gemisinden de hiçbir iz yokmuş. “Hey!” diye haykırmış, “Bizim [biip] çekim ekibi, beni böyle ortada bırakıp, nereye gittiniz!?”

İşverenlerinin böylesine masraflı bir yeteneği bir anda harcamayacaklarından ve kısa süre içinde geri dönüp onu alacakları konusunda gayet emin olduğundan, Sinderenda onu aklında tamamen çıkartıp, dikkatini tekrar yanındaki iki tipe çevirmiş. “Beyaz Cüce’ye ne oldu şimdi, peki?” diye sormuş. “Tamamen yok olmuş gibi görünüyor.”

“Yoo, hala orada,” diye cevap vermiş, Simyacı. “Yalnızca görmesi biraz zorlaştı. Aslında hala, aynı Beyaz Cüce gibi, yozlaşmış maddeden oluşan kararlı bir küre şeklinde, ama bu sefer aynı *tür* maddeden oluşmuyor. Bir nötron yıldızı haline geldi.”

“O da ne?” diye sormuş kız, tahmin edilebileceği üzere.

“Sabırlı olursan anlatacağım,” diye yanıtlamış Simyacı da, ki bu da gayet tahmin edilebilecek bir cevapmış. “Beyaz Cüce’nin içindeki elektronlar birbirlerine yapışıp bağlanınca, kütleçekime karşı kendisini nasıl destekleyemez hale geldiği ve bu yüzden de büzüştüğü sana bütün ayrıntılarıyla anlatıldı. Bu şekilde büzüşmeye devam ettiği sürece, parçacıkların yoğunluğu ve kütleçekim bağlanma enerjileri hızla yükselecektir. Parçacıkları birbirine bağlamaya yönelik herhangi bir çekici etkileşim, ister kütleçekim, isterse Güçlü Etkileşim olsun, bir bağlanma enerjisi olacaktır. Şimdi, nötronların oluşturulabildiği bir yıldızın içinde neler olduğunu hatırla.” Simyacı yine avucunu açmış ve önceden, yıldızlarda üretilen daha ağır elementlerin oluşumunu anlatırken yaptığı gibi, elinde tuttuğu sıkı sıkı yanaşmış, enerjik parçacıklar gurubunu ortaya çıkartmış.

“Boş uzayda nötronlar protonlara bozunabilir ama tersi olmaz çünkü nötronlar daha ağırdır ve kendi bozunmalarını sağlayacak enerjiyi salabilirler. Bir yıldızın merkezindeyse, protonların çarpışmaları atom çekirdeklerinin oluşumunu sağlarken, çekirdeklerin içlerindeki nötronların bağlanma enerjileri, sadece atomun kütlesini artırmaktan öte bir destekte daha bulunurlar ki, bu da, protonların bozunup yeni nötronlar oluşturmaya

verdikleri destektir. Eğer hatırlarsan, bunu sana anlatmıştım," demiş, kıza doğru oldukça sert bakarak.

"Ölümcül biçimde çöken yıldızın içinde *kütleçekim* tarafından üretilen parçacıkların bağlanma enerjileri artık o kadar büyüktür ki, bir elektron ve bir proton, Zayıf Etkileşim aracılığıyla bir nötron oluşturmak üzere birleşebilirler. Daha çok ağır nötron, daha büyük kütleçekim bağlanma enerjisine neden olur ve böylece süreç kendini çoğaltarak sürer. Yeni bir yıldızın merkezi sıkı sıkı bir araya gelmiş nötronlara dönüşür ve bir nötron yıldızı halini alır. Parçacık seviyelerinin momentumları bir Beyaz Cüce içindikilerden daha yüksek olsa da, nötronların kütlesi elektronlarından o kadar büyüktür ki, hareketleri birbirinden bağımsız sürebilir.

"Kararlı bir Beyaz Cüce'nin çöküşünü engelleyen kuantum etkileri bir kez daha iş başındadırlar ve bu nedenle nötron yıldızı da kararlı bir maddedir. Beyaz Cüce bir tür yıldız boyutunda atom ise, nötron yıldızı da bir tür devasa çekirdektir. Tıpkı, bir atomun çekirdeğinin, atomun kendisinden çok daha küçük olması gibi, nötron yıldızı da pek çok yıldızla karşılaştırıldığında oldukça küçüktür. Güneş'ten daha ağır kütleyle sahip bir nötron yıldızının yarıçapı yalnızca on kilometre kadar olacaktır. Bu ölçü, tabii ki bir atom çekirdeğinden çok daha büyüktür ama yıldızın atomdaki kütleçekimin güçlü nükleer etkileşimi ile yaratılan türde enerjiler verebilmesi için, inanılmaz miktarlarda nötrona ihtiyacı vardır."

Simyacı konuşmasını sürdürürken, hep birlikte harap olmuş yıldızın merkezine doğru sürükleniyorlarmış. Isı Ölümü'nün uzun, kasvetli sureti uzunca bir süredir hiçbir şey söylememiş olsa da, onun karanlık varlığını unutmak hala çok zormuş. Sinderenda ona ne zaman baksa, sırtından aşağıya, omuriliği boyunca yayılan hafif bir ısı hissediyormuş.

Bu sırada önlerindeki nötron yıldızı artık küçük bir nokta olarak görünecek kadar ufalmışmış. Yıldızın etrafında dolanırlarken, kısa süreli ve parlak biçimde yanıp söndüğünü görmüşler.

"Bu da neydi?" diye bağırmış kız, bir an için parlıttan gözleri kamaşmış biçimde. O anda yıldız bir kez daha ve sonra yine pırıltı saçmayı sürdürmüş, tıpkı kıyı şeridini belirten, hızlandırılmış bir deniz feneri gibi yanıp sönüyormuş.

“Ne olacak, karşımızdaki nötron yıldızı ışıyor,” diye yanıt vermiş, Simyacı. “Çok hızlı dönüyor, ondan böyle görünüyor. Yıldızlar genellikle dönerler ama büyük oldukları için kendi etraflarındaki bir turu tamamlamaları uzun bir süre alır. Dolayısıyla, böylesine büyük nesnelerin görünümündeki değişiklikler de, hiçbir parçaları ışık hızından daha süratli hareket edemeyeceği için, gayet yavaş izlenir. Bir yıldız, nötron yıldızı haline dönüşecek şekilde büzüşüp küçüldüğünde, ilk baştaki açısal momentumunu koruyacağından, boyutu küçüldükçe dönüş hızı artacaktır. Normal bir yıldızın kendi eksenini etrafında dönmesi dünyaya göre günler alırken, bir nötron yıldızı bu turu saniyede pek çok defa yapabilir.”

“Ama neden böyle ani parlamalar yapıyor?” diye sözünü kesmiş, Sinderenda.

“Oraya geliyorum işte!” diye cevap vermiş, Simyacı, oldukça sinir olmuş biçimde. “Yıldızların etrafında genellikle manyetik bir alan vardır ve yıldız bir nötron yıldızı haline büzüştüğünde, bu alan da sıkışır ve çok yoğun hale gelir. Alan içinde hızla hareket eden elektronlar da spiraller çizecek şekilde dönerler ve bu işlem *senkrotron*⁶ *radyasyonu* yayılmasına neden olur. Bu radyasyon, manyetik alan yönünde dar bir huzme halinde yayımlanır. Ve bu huzme de, çıldırmışçasına dönen bir deniz fenerinden etrafa yayılan ışık gibi, yıldız dönerken etrafa saçıldıkça saçılır. Nötron yıldızları oldukça uzak mesafeden nabız gibi parıltı veren nesneler olarak görülür. Güneş’ten çok daha büyük yıldızlar kaçınılmaz sonlarına yaklaşırken, kor tabakalarının fazlasıyla aşılmasından dolayı Beyaz Cüce olarak kalamazlar ve doğrudan nötron yıldızı haline çökerler,” diye bitirmiş sözlerini, nedense nefes nefese kalmış olan Simyacı.

“Tüm büyük yıldızların sonu böyle mi olur?” diye sormuş, Sinderenda, sanki ona göre bir şeyler daha olması gerekiyormuşçasına.

“Hayır, en büyüklerinin sonu böyle olmaz.” Bu cevap, uzun süredir duymadıkları, sakin ve duygusuz bir sestene geliyormuş. Isı Ölümü’nün sureti konuşmaya yeniden dâhil olmuş.

6. *Senkrotron*: Manyetik alan içerisinde sabit frekans nedeniyle parçacıkların kazandığı ivme- *synchrotron* (E.N.).

“Yıldızların en ağırları için mukadderat biraz daha bile gariptir. Gökyüzüne baktığında normal olarak gördüğün bazı yıldızlar, aslında hiç de normal yıldızlar değildirler. Onlar gökkubbenin parlak dışadönük karakterleridir ve senin Güneş’inden yüzlerce kat daha büyük, ağır ve milyonlarca kat daha fazla ışık verebilen yıldızlardır. Çok enderdirler çünkü kendilerini müsrif harikalıklarıyla süratle yiyip bitirirler. Böyle yıldızlar da, bütün kardeşleri gibi sırasıyla nükleer yanma ve nükleer yaratı süreçlerinden geçerler ama bir adım daha öteye giderek, bilinen en kararlı element olan demir elementinin atomik çekirdeğine ulaşana dek, evrende var olan bütün elementlerin çekirdeklerini yaratırlar.

“Daha önce de söylediğim gibi, genel olarak, kütleçekim benim için büyük bir problemdir,” diye bir itirafta bulunmuş, termodinamiğin korkunç sureti, dev yıldızların yaşam öykülerini anlatmaya ara vererek. “İkinci Kanun, enerji giriş çıkışının olmadığı, yalıtılmış, dengeli sistemlere uygulanabilir. Kütleçekim işin içine girdiğinde, bir sistemin yalıtılmış olup olmadığı asla belli olmaz ve genişleyen bir Evren’de bir dengeye ulaşamaz – enerji zamanla durmadan değişir. Bununla birlikte, sınırlandırılmış bir bölgede İkinci Kanun kullanışlı bir yaklaşıklık sağlar ve yıldızlar sonunda yanıp yok olurlar. Devasa yıldızlara başlangıçlarında yakmaları için bol miktarda yakıt sağlanır ama onlar da herhangi bir küçük yıldız gibi bu yakıtı tüketip, yanıp giderler; hem de daha hızlı bir biçimde. Çünkü müsriftirler. Son aşamalarında da süpernovalar olarak patlarlar ve bu süreçte, hızla, yığın halindeki element çekirdeklerini, bileşiklerindeki çekirdekler daha bozunmaya başlamadan önce bir araya toplarlar. İşte bu sırada, uranyum elementine kadar olan, uzun ömürlü, ağır elementleri meydana getirmek için, kararsız çekirdeklerden, daha kararlı olanlara atlayacak fırsat ortaya çıkar.

“Bu devasa yıldızlar, kısa süreli dramatik yaşamlarında istediğin her elementin çekirdeğini oluştururlar. Alevler içinde sona erdiklerinde de, bu elementlerin büyük kısmını, gelecekteki gezegenleri, üzerlerindeki kayaları, denizleri ve hatta yaşamı meydana getirmek üzere geniş galaksilerinin içerisine doğru püskürtürler. İçlerindeki geri kalan malzemeleri de, aynı küçük yıldızların yaptığı gibi, arkalarında kül olarak bırakırlar. Bu ar-

tığın kendisi de ağırdır; Güneş'ten kat ve kat daha ağır. Hatta kararlı bir Beyaz Cüce oluşturmak için fazla ağırdırlar. Öyle ağırdırlar ki, bir nötron yıldızı olarak bile yaşamlarına devam edemeyebilirler. Aynı, Beyaz Cüceler'in fazla ağırlaşıp çökmele-ri, nötron yıldızlarının ağırlık nedeniyle sırası gelince kararsız hale gelmeleri ve sıkışmaya devam etmeleri gibi, bu atık malzeme-yi sonsuza kadar çökmekten neyin koruduğunu sorabilirsin şimdi." Sinderenda, gayet uysal ve itaatkâr bir edayla, bunu sor-muş.

"Hiçbir şey. Bu malzemenin sonsuza kadar büzüşmesine en-gel olacak hiçbir şey yoktur. Hiçbir şey bu mukadderatı *engelle-yemez*. Kütleçekim yeteri kadar güçlü hale gelince, hiçbir itici kuvvet ona karşı koyamaz. Gerçekte, her türlü dışı doğru itici kuvvet, çöküşü hızlandırmaktan başka bir işe yaramaz çünkü itici kuvvete karşı bastıran sıkışma bir enerji birikimine neden olacak, enerji de kütle demek olduğundan, daha fazla kütle, sa-dece çöküşü hızlandıracaktır. Yıldız sonsuza kadar çökmeye yazgılanmıştır. Peki, bunun bir sonu yok mudur? Cevap, 'yok!' gibi görünmektedir. Yıldız büzüştükçe büzüşecek ve teoride, sonsuz yoğunluktaki boyutsuz bir nokta haline gelene kadar çö-kecektir. Kaderinde, uzayda bir tekillik olmak, Uzay-Zamanda bir kesinti noktası haline gelmek vardır. Böyle bir fiziksel özelli-ğe sahip olmak, dünyada nefret uyandırıp, aforoz edilecek bir şeydir ama neyse ki bu çırılçıplak bir tekillik değildir. Nefret uyandıran söz konusu nihai durum, bizden kütleçekim örtüsü ile gizlenmektedir. Kendisini oluşturan her şeyi de beraberinde taşıyıp götürür ve insanların da Evren'in de gözünden saklar.

"Belki biliyorsundur,"
diyerek, daha sakinleş-miş bir tonla devam et-miş, iskelet. "...bir geze-genin yüzeyindeki ya da başka herhangi bir kütle-çekim alanında olan her cisim, yerçekimine bir miktar enerji ile bağlanır. Bir cismi yerçekiminin et-kisinden kaçabilecek ka-dar hızlı fırlatmak ister-



sen, ona yerçekiminin bağlanma enerjisinden daha büyük bir kinetik enerji vermen gerekir. Böylece, yükseldikçe yavaşlıyor olsa da, sonunda bu çekimden kurtulup kaçacak ve biraz da son hızı kalacak enerjiye sahiptir. Yani, cisme gerekli *kaçış hızını* vermek zorundasındır. Sınırsızca çöken söz konusu yıldızın durumundaysa, yıldız bir *karadelik* halini alacağından, kaçış hızının ışık hızından daha yüksek olması gerekecek ve Işık ya da başka hiçbir şey ondan kaçamayacaktır. Bu nokta, kısaca, kendisini Evren'in geri kalanından yalıtmıştır.

“Bir kara deliğe fazlaca yaklaşan hiçbir şey ondan kaçamaz. Deliğin merkezinden, *olay ufku* olarak bilinen, bir miktar uzaklıkta noktada kütleçekim o kadar güçlüdür ki, bu olay ufkunun içinden ışık bile kaçamaz. Deliğin etrafında, UzakZaman bükülmüş ve bozulmuştur. Olay ufkunun hemen dışındaki bir noktadan ışık dışarı kaçabilir ama dümdüz ileriye gösteren dar bir pencereden çıkıyor olması gerekir. Başka herhangi bir yönde giden ışık eğilerek, onu sonsuza kadar yutacak olan kara deliğe yönelecektir. Deliğe yakın geçen ışık ise, onun etrafında eğilecek ve fazla yakınından geçiyorsa deliğe yakalanıp yutulacaktır. Olay ufkunun çapının iki katı uzaklıktaki bir yörüngede ışık, bir gezegenin etrafındaki uydu gibi, deliğin etrafında daireler çizerek dönüyor hale gelebilir. Bu nokta, herhangi bir cisim için en yakın yörüngedir ama katı cisimler ışıktan daha yavaş hareket etmek zorunda oldukları için kendilerini kara delikten daha da uzak tutmalıdırlar.”⁷

Artık, önlerinde belirgin biçimde görünür hale gelmiş olan, ya da aslında görünür olmayan demek daha doğru, kara deliğe doğru sürükleniyorlarmış. Kara delik, uzak yıldızların sınırlarını çizdiği bir hiçlik diski olarak algılanabiliyormuş. Diskin sınırları etrafında bir yıldız yoğunlaşması görülüyor, bu yıldızların ışıkları da bükülüp, yoğun kütleçekimsel alanın etrafından dolaırmış gibi algılanıyormuş.

Isı Ölümü'nün sureti dönüp, kemikten, beyaz kafatasının üzerinde kara delikler gibi duran karanlık göz çukurlarından Sinderenda'ya dikkatle bakmış. “Kara deliklerin yakınlarında, mesafeler ve zaman konularında fikir sahibi olmak kolay değil-

7. Bu, “Jack ve Yıldız Sırgı” masalında anlatılan uzay gemisinin durumudur.

dir. Yıldızdan doğmuş bir kara deliğin olay ufkunun dairesel çevresi oldukça küçük olabilirken, bazı tahminlere göre de merkezine olan uzaklık çok büyük olabilir. Bozulmuş olan UzayZaman eğrisi, antik Yunan'ın Öklid geometrisine pek uymaz. Burada anlaşılması zor olan sadece uzaklıklar değil zamanlardır da. Zaman, daha ziyade izleyenin gözünde geçer ve fakat bu görülen de bir sanrı değildir. Hiç de bilgece olmayan bir biçimde, kendini doğrudan bir kara deliğe yönlendirirsen, akıl almaz kısalıkta bir sürede onun merkezine varabilirsin.

"Burası, kütleçekimin merkezden başlayarak muazzam değişkenlikler gösterdiği bir bölgedir. Ona başın yukarda yaklaşırken ayaklarını öyle bir çeker ki, kafanın vücudunu tutuşu çok zayıf kalır ve anında paramparça olursun fakat olay ufkunun içerisinde olduğun için, o andan sonra kaderinin ne olduğu hakkında hiçbir bilgi dış dünyaya ulaşamaz."

"Böyle bir durumda kaçabilmemin hiçbir imkânı yok mudur?" diye sormuş, Sinderenda. "Hiçbir şekilde geri çekilme umudu yok mu?"

"Korkarım yok," diye yanıtlamış, iskelet, kasvetli bir edayla. "UzayZaman'ın buradaki yapısı, sana karşı bir komplo kurmuştur. Evren bazen acımasız ve amansız olabilir. Burada bütün gerçekliğiyle doğanın zalim adaletini görürsün.

"Mamafih," diyerek devam etmiş, "...eğer yanındaki birisi, delikten güvenli bir uzaklıktan senin intihar dalışını izleseydi, kara deliğin olay ufkuna yaklaşıırken inişinin yavaşladığını görürdü; bu ufka asla ulaşamazdın ama sonsuza kadar ona yaklaşmaya devam ederdin. Olay ufkunun olduğu yerde, makul bir uzaklıktan bakan birisi için zaman genişlemesi sonsuz olur ve zaman hiç geçmiyormuş gibi görünürdü. Elbette seni gözlemleyen kişi bunu *göremezdi* çünkü senden gelen ışığın frekansı o denli düşecekti ki, tamamen görünmez olacaktın. Söz konusu yavaşlama, zamanın yavaşlaması olacaktı; uzaktan seni gözlemleyen gözlemcin içinse, senin yavaşlaman... Senin içinse, kara deliğin hayal bile edilemeyen merkezine dalışın, algılarının ötesinde bir hızla gerçekleşirdi."

Uzun zamandır kızın yanında duran Isı Ölümü'nün sureti, birden kızıdan uzaklaşmaya ve önlerindeki yıldızlarla dolu manzaranın içindeki küçük, kara boşluğa doğru yol almaya başlamış. Uzun, kara cüppesi arkasından uçuşarak onu takip eden

beyaz iskelet figürü hedefine yaklaşırken biraz yavaşlamış gibi görünüyor. Karanlıklara karışıp gözden kaybolmadan önce de, bir an için uzayın orta yerinde küçücük ve neredeyse hareketsiz olarak asılı kalmış gibi görünmüş.

“İşte sana zaman genişlemesi efektinin bir gösterimi,” demiş, hemen yanından gelen düz ve vurgusuz bir ses. Sinderenda kafasını sesin geldiği yana çevirdiğinde, Isı Ölümü’nün tanıdık suretinin hala yanı başında, boşlukta süzüldüğünü görmüş.

“Ne..? Nasıl yani?” diye kekelemiş. “Nasıl hala burada olabiliyorsunuz? Bana içinden hiçbir şeyin kaçamayacağını söylediğiniz kara deliğe düştüğünüzü daha şimdi gördüm.”⁸

“Doğru. Ama benim hiçbir şey, hele de bir insan olmadığımı anlamam gerek. Ben evrensel bir prensibin suretiyim. Her an, her yerde bulunabilirim ve bu nedenle de başka herhangi bir yerdeyken hala senin yanında da olabilirim.”

“Peki, ben kara deliğin içinde miyim?” diye devam etmiş sözlerine, iskelet. Pelerininin kapüşonu kafasından geriye düşmüş ve ortaya çıkan çıplak kafatasını tekillik noktasına doğru sallıyormuş. “İçindeki her şey sonsuza kadar kaybolan kara deliğin içinde ne olduğunu söylemek zordur. Ona kütle katmak üzere içine düşen cisimlerin doğasından geriye hiçbir bilgi, hiçbir ipucu kalmaz. Harici özelliklerden yoksun olduğu için, kara deliklerin saçsız olduğu söylenir.” Kız o sırada, gayri ihtiyari olarak, iskeletin kafatasının dümdüz ve kel tepesine bakmış ve onun bir kara delik sureti olup olmadığını düşünmüş.

“Dışarıdan görüldüğü kadarıyla ki bu onu görmenin tek yoludur, bir kara delik yalnızca toplam kütesini ele verir. Olay ufkunun genişliği bunun bir ölçütüdür. Eğer madde ilk başta dönüyorsa, kara delik bu dönüşün ortaya çıkardığı mükemmel simetriyi saptıracaktır. Bir kara delik, prensip olarak, elektriksel bir alana sahip olabilir ama bu pek de mümkün değildir. Fakat, hepsi bu. Onu meydan getiren unsurlar hakkındaki bütün ayrın-

8. Enerjinin bir kara delikten kaçabilmesi için öne sürülen bir yöntem de, parçacıkların olay ufkunun hem içinde hem de dışında olmasını gerektirir. Kuantum seviyeleri pek de bölgelere özel değildirler. Sanal parçacık çiftleri (Pamuk Prenses’te ve ayrıntılı olarak Kuarkların Büyücüsü adlı kitabımda anlatılmaktadır,) olay ufkunu boyunca yayılabilirler. Büyük farklarla değişen bir kütleçekim alanında, Hawking Radyasyonu etkisi sayesinde, bir parçacık, diğer arkadaşları deliğe düşerken, kaçmaya yetecek enerji kazanabilir.



tılı bilgiler geri alınamaz biçimde kaybolmuştur. Bu durum entropinin nihai bir zaferi olarak görülebilir. Madde bir kara deliğe düştüğünde, maddenin doğası ve özellikleri hakkındaki bütün bilgi kaybolacaktır. Kara delik kütle kazanırken büyüyecek ve yüzey alanı entropisinin gerçek bir ölçütü olacaktır. Kara delikler çarpışmak zorunda kalırsa, daha büyük bir tane oluşturmak üzere birleşebilirler ve bu süreçte toplam yüzey alanı, dolaşısıyla toplam entropi de artacaktır.

KARA DELİKLER VE ENTROPİ

Entropi, özelliksizliğin ve bilgi kaybının ölçüsüdür. Hiçbir şey bir kara delikten daha özelliksiz olamaz. Kütlesi ve muhtemelen aşısal momentumu vardır. Kuramsal olarak elektriksel yük taşıyor olabilir ama hepsi o kadar. İçine düşen herhangi bir şey, ne kadar ilginç ya da karmaşık olursa olsun, genel olarak Evren'den yok olur.

Gaz, yıldızlar, kişisel bilgisayarlar ya da politikacı adayları eğer bir kara deliğe düşerlerse, artık dışarıdaki dünya tarafından bilinir olmaktan çıkarlar. Bir kara deliğin içinden manifesto yayınlamayamazsınız.

Kara delikler entropinin en mükemmel örneğidirler. İçlerine aldıkları hiçbir şeyi göstermezler. Kuramsal olarak, kara deliğin olay ufkunun yüzey alanı entropisinin ölçüsüdür.⁹ Kara delik içine ne kadar fazla şey çekerse, Evren'den o kadar özellik ve bilgi eksilir ve giderek daha da büyür.

“Bazı galaksilerin merkezinde, galaksinin meydana geldiği maddenin büyük kısmını ve hatta galaksinin yaşamının ilk dönemlerinde var olan bazı yıldızları yutan devasa kara delikler vardır. Evren'in geleceği hakkındaki bir olasılık da, giderek daha fazla yıldızın tekillik haline çökeceği ve buların kalan diğer maddeleri de yavaş yavaş yakalayıp yutacağı, böylelikle de sonunda tüm koskoca Evren'de bu kara deliklerden başka hiçbir şey kalmayacağı, hâlihazır Evren'in tamamen kara deliklerin içerisine kapatılıp kilitleneceği yönündedir. Böylelikle de entropi nihai zaferine ulaşmış olacaktır.”

Bu kıyamet kehaneti, böylesine cansız, can sıkıcı ve neredeyse duyulamaz bir sesle söylenince daha da ürkütücü oluyormuş. Sinderenda etrafındaki yıldızlara bakarken, arka planda Isı Ölümü'nün ağzını ardına kadar açmış, uzayda ne kadar yanan küre varsa birbiri ardına bütün olarak yuttuğunu görmüş. Her seferinde, Isı Ölümü'nün çenesi yıldızın etrafında kapanırken yıldız sönüyor ve karanlık bir hiçlik olarak gözden kayboluyormuş. Sinderenda bunları izlerken, yaradılışın sonunu izlediği hissine kapılmış; üstelik hazin son bir patlama ile değil, bir inilti ile geliyormuş.¹⁰

9. Bunun nasıl olduğunu açıklamamı istemeyin. Stephen Hawking'e sorun. Bu onun fikri.

10. Tamam, bu ifade orijinal değil, ama uygun göründü. (Bu arada, söz konusu tahmin, kesinleşmiş bir öngörü olmaktan uzaktır.) Burada, ayrıca İngiliz şair T. S. Eliot'un “Not with a bang, but a whimper” (bir patlama ile değil, bir iniltiyle sona erecektir) dizisine gönderme yapılmaktadır.

SONSÖZ

(Bir şekilde sonuçlandırılmamış bir sonuç)

“Gerçekten çok üzücü!” diye bir yorumda bulundu, dinleyiciler arasındaki Rachel, son masalın sonu karşısında etkilenmiş biçimde. “Ne yani, Evren’i bekleyen nihai son, her ne kadar uzun zaman alacak olsa da, bu mu?”

“Evet, biraz tatsız bir son gibi görülebilir,” diye onayladı Masalcı da, dinleyicilerine mahcup bir gülümsemeyle bakarak. “Bazılarına göre termodinamiğin ikinci kanunu gerçekten nihai çöküş üzerine böyle bir doktrinin geliştirilmesine yol açıyor -Evren, hiçbir tekil özelliği barındırmayan, dengelenmiş bir ayniyet kazanmaya doğru emin adımlarla ilerlerken- Evren’deki bütün özellikler kara deliklerde ulaşılamaz biçimde hapsedilirken- kaçış için hiçbir imkan bulunmazken- oldukça sıkıcı ve tekdüze bir ebediyete doğru yaklaşıırken- uç değerlerde bir entropiye doğru yönelirken- pek bir umut yok gibi...” Masalcı’nın sesi, saymakla bitmeyen listenin sonlarına doğru sersemlemiş bir şekilde giderek silikleşti. Ama sonra, bir an duraladı, şaşırtıcı bir şekilde yeniden gülümsemeye başladı. Bu gülümseme, daha öncekilerden çok daha parlattı ve neşeliydi.

“Ama şunu da düşünün; Evren, tamamen özelliksiz ve rasgele denge durumundaki parçacık karışımından, *topyekun* bir karmaşa durumuna geçişine Büyük Patlama’yla başladı. Geçen uzun zaman süresince, nitekim, kütleçekimin operasyonları ve diğer çeşitli işlemler sonucunda fiziksel yapının etkilenmesiyle Evren, bir şekilde...”

Masalcı, konuşmasına bir süre ara verip, dinleyicilerinin aydınlanan yüzlerine baktı, sonra başını kaldırıp arka plandaki ağaçlık manzarayı, ötelerdeki tepeleri, uzaktaki kenti ve nihayet,

üzerlerini kaplayan gök kubbede yanıp sönen yıldızları idrak etti. “Evren, bir şekilde, kendini *ziyadesiyle enteresan* hale getirmeyi her durumda becermiştir!

"Evvel zaman içinde, Evren diye bir şey yokmuş," diye başladı Masalcı. Sonra bir süre durup düşündü. "Hayır, bu doğru değil," diye düzeltti söylediğini. "Evvel zaman içinde diyemem, çünkü Zaman ve Mekân, Evren'deki tüm oluşumlar gibi, onunla birlikte başlayıp, onunla birlikte geliştiler."

Büyük bir dikkatle Masalcıya kulak kesilmiş olan dinleyiciler birbirlerine baktılar. "Böyle bir şey nasıl olabilir, anlamıyorum!" diye haykırdı sonunda Rachel. "Zaman her daim olmak zorundadır. Zaman hep var! Zamanın olmadığı bir durumda, herhangi bir şey nasıl olabilir ki?"

Dünyaca tanınmış fizikçi Robert Gilmore'un kaleminden, Grimm Kardeşler'in masalları kadar fantastik bir evren öyküsü. Her şey nasıl başladı, nasıl gelişti? Atomaltı parçacıklardan kara deliklere, hareketin göreceliğinden galaksilerin oluşumuna kadar merak ettiğimiz her şey fizik biliminin ulaştığı son veriler ışığında bir masal tadında anlatılıyor.

