

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>

MARCUS CHOWN

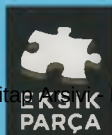
"Muhteşem bir kitap."
Richard Dawkins



AVUCUNUZUN İÇİNDEKİ SONSUZLUK



ATOMLAR ARASINDAKİ TÜM BOŞLUKLARI ÇEKİP ALSAK
İNSAN SOYUNU BİR KÜP ŞEKER KADAR KÜÇÜK BİR YERE SİĞİRİBİLİRİZ.



POPÜLER BİLİM

Ücretsiz PDF Kitap Kütüphanesi <https://irantey.org> Yüce





"Günümüzün en iyi kozmoloji yazarı."

Matt Ridley

"Marcus Chown'un yeni kitabı
Avucunuzun İçindeki Sonsuzluk'a
bir dakika ayırdığınızda bile öve öve
göklere çıkarabilirsiniz, harika bir
kitap okumanız gerek!"

Pad Cadigan,
ödüllü bilim kurgu yazarı

"Genelde bilim hakkında okumayı
pek düşünmeyecek kişiler için ideal
bir kitap, özellikle yeni başlayan
gençler için harika bir giriş.
Mükemmel bir iş."

Brian Clegg,
Popular Science

"Evren ve gizemleri üstüne dostane
bir gezi. En ağır mevzular hafif bir
şekilde ele alınmış. Tam evinizdeki
bilim meraklısına göre."

Kirkus Reviews

"Benim gibi bir bilim cahilinin bile
anlayabileceği, düşünmeyi kışkırtan,
eğlenceli bir evren rehberi."

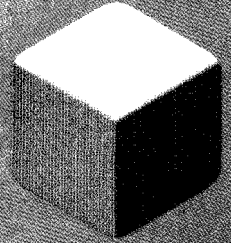
John Simpson

"Eğer hem eğlenceli hem de
aydınlatıcı bir bilim kitabı arıyorsanız,
aradığınız şey tam olarak bu kitap."

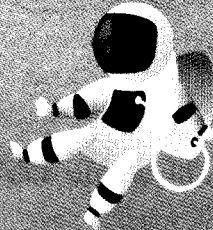
Misha Glenny



**MARCUS
CHOWN**



**AVUCUNUZUN İÇİNDEKİ
SONSUZLUK**



**EKSİK
PARÇA**



Eksik Parça Yayınları

Avucunuzun İçindeki Sonsuzluk
Marcus Chown

Michael O'Mara Books tarafından aşağıdaki isimle İngilizce basılmıştır:
Infinity In The Palm Of Your Hand
Copyright © Marcus Chown 2018

Yayın Yönetmeni: **Asiye Ademir**
Çevirmen: **Serdar Yüce**
Editör: **Kürşad Kızıltuğ**
Sayfa Tasarımı: **Esranur Gelbal**
Kapak Tasarımı: **Serkan Cenker**

Baskı ve Cilt: **MY Matbaacılık San. ve Tic. Ltd. Şti.**
Maltepe Mah. Yılanlı Ayazma Sok. No: 8/F Zeytinburnu/İstanbul
Tel: 0212 674 85 28 | mymatbaa34@gmail.com

YAYINEVİ SERTİFİKA NO: 40882
MATBAA SERTİFİKA NO: 34191

Baskı: Ekim 2019
ISBN: 978-605-7690-39-5

Türkçe yayın hakları, Ajans Letra aracılığıyla alınmış olup Eksik Parça Yayınları'na aittir. Tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Genel Dağıtım: **İKİ A YAYINCILIK VE DAĞITIM HİZMETLERİ**
Gülbahar Mah. Elif Sok. No: 4/A Mecidiyeköy/İstanbul
Tel: 0(212) 272 45 46 | Fax: 0(212) 272 45 55
www.ikiayayincilik.com.tr

www.facebook.com/eksikparcayayinlari
www.twitter.com/eksikparcayayin
www.eksikparca.com

MARCUS CHOWN

**AVUCUNUZUN İÇİNDEKİ
SONSUZSUZLUK**

Çevirmen: Serdar Yüce



**Allison, Colin, Rosie ve Ornella'ya
Sevgiyle, Marcus**

İçindekiler

Önsöz	11
-------	----

KISIM BİR: BİYOLOJİK ŞEYLER

1. Ortak Bağ	17
<i>Sen Üçte Bir Mantarsın</i>	
2. Tut Tutabilirsen	21
<i>Bazı Cıvık Mantarların On Üç Cinsiyeti Vardır</i>	
3. Oksijen Hilesi	24
<i>Bebekler Enerjisini Roket Yakıtından Alır</i>	
4. Yedinci Yıl Krizi	31
<i>Bugün Vücudunuz Yaklaşık 300 Milyar Hücre Üretecek</i>	
5. Dünya-dışı Canlılarla İç İçte Yaşamak	34
<i>Yüzde 100 İnsan Olarak Doğarız Ama Yüzde 50</i>	
<i>Yabancı Bir Canlı Olarak Ölüyoruz</i>	
6. Vazgeçilebilen Beyin	37
<i>Genç Deniz Üzümlü Tutunacak Bir Kaya Parçası Arayarak</i>	
<i>Denizde Dolaşır. Uygun Bir Yer Bulduğunda, Artık Beynine</i>	
<i>İhtiyacı Kalmamıştır. Ve... Yer Onu</i>	

KISIM İKİ: İNSANİ ŞEYLER

7. Etkileşim, Etkileşim, Etkileşim	43
<i>Taş Baltanın Tasarımı 1,4 Milyon Yıl Boyunca Hiç Değişmedi</i>	
8. Büyükanne Avantajı	46
<i>Sadece Üç Canlı Türünde Menopoz Görülür</i>	
9. Kayıp Kabile	50
<i>İnsanların Hayatta Kalma Bakımından Neandertaller</i>	
<i>Karşısındaki Belirleyici Avantajı... Dikişti</i>	
10. Kaçan Fırsat	53
<i>Ay'daki İlk İnsanın Fotoğrafı Yok</i>	

KISIM ÜÇ: DÜNYEVİ ŞEYLER

11. Doğanın Alfabetesi 59
Aldığın Her Nefeste Marilyn Monroe'nun Soluduğu Bir Atom Var
12. Kaya Süngeri 62
Deniz Gelgitle Yükseldiğinde, Kuyulardaki Su Seviyesi Alçalır
13. Derin Darbe 65
Dinozorlar Bir Asteroit Tarafından Yok Edilirken, İlk Uyarıdan Sonra On Saniyeleri Bile Yoktu
14. Güneş Işığının Sırrı 69
Tahminlerin Tersine, Dünya Bir Enerji Kriziyle Karşı Karşıya Değil

KISIM DÖRT: GÜNEŞ SİSTEMİ'NE AİT ŞEYLER

15. Kütle Meselesi 77
Güneş Muzdan Yapılmış Olsa Bir Şey Fark Etmezdi
16. Katil Güneş 82
Bir Zamanlar Yeryüzündeki İnsanlar Bir Güneş Patlamasının Elektrikliğiyle Çarpılarak Ölmüşlerdi
17. Başka Günlerin Işığı 87
Bugünkü Güneş Işığı 30.000 Yaşında
18. Düşmenin Kısa Tarihi 90
*Öyle Görünmüyor Belki,
Ama Ay Sürekli Olarak Dünya'ya Doğru Düşmekte*
19. Dünya'nın Peşindeki Gezegen 94
Bir Zamanlar Dünya'yı Çevreleyen Bir Halka Vardı
20. Lütfen Ez Beni 99
*Güneş Sistemi'nde -Ağırlık Farkı Gözardı Edilerek Karşılaştırıldığında-
En Çok Isı Üreten Cisim Güneş Değildir*
21. Altıgenin Cazibesi 103
*Satürn'ün Kuzey Kutbunda Dünya'nın İki Katı Büyüklükte
Ve Altıgen Şeklinde Bir Kasırga Var*
22. Görünmezliğin Haritası 106
Uranüs'ün İlk Adı... George'du

23. Yüzüklerin Efendisi	109
<i>Galileo Satürn'ü... Kulakları Olan Bir Gezegen Sanmıştı</i>	
24. Yıldız Geçidi	114
<i>Satürn'ün Bir Ayında Everest'in İki Katı Yüksekliğinde Bir Dağ Var, Yapılma Süresi Sadece... Bir Öğleden Sonrası</i>	

KISIM BEŞ: TEMEL ŞEYLER

25. Avucunuzun İçindeki Sonsuzluk	120
<i>Bütün İnsan Soyunu Bir Küp Şeker</i>	
<i>Kadar Küçük Bir Yere Sığdırabiliriz</i>	
26. Bungalovun Avantajları	125
<i>Bir Binanın En Üst Katında Zemin Kata</i>	
<i>Kıyasla Daha Hızlı Yaşlanırsınız</i>	
27. İnanılmaz Sivrisinek Patlaması	130
<i>Her Birimizin İçinde Hayal Edilemez Bir Kuvvet</i>	
<i>İşbaşındadır – Ama Bunun Asla Farkına Varmayız</i>	
28. Bilinemez Olan	134
<i>Çoğu Şey Bilgisayarlar Tarafından Hesaplanamaz</i>	
29. Çifte Bela	139
<i>Bir Atom Aynı Anda İki Yerde Olabilir – Sizin</i>	
<i>Hem Londra'da Hem de New York'ta Olmanız Gibi Bir Şeydir Bu</i>	
30. Çılgın Sıvı	145
<i>Bir Sıvı Var ki Hiç Donmuyor (Ve Yokuş Yukarı Akabiliyor!)</i>	
31. Kırık Kalbimi Yapıştır	149
<i>Gelecekte Zaman Geriye Doğru Akabilir</i>	
32. Bunu Kim Sipariş Etti?	153
<i>Doğa Kendi Yapı Taşlarının Üç Kopyasını Yapmıştır</i>	
33. Bir Sicim Parçası Ne Harika Şeydir	157
<i>Evrenin Belki de En Az On Boyutu Var</i>	
34. Şimdi Gibisi Yok	160
<i>Ortak Bir Geçmiş, Bugün ve Gelecek Düşüncesi Temel Olarak</i>	
<i>Gerçekliği Betimlememizin Hiçbir Yerinde Mevcut Değildir</i>	
35. Zaman Makinesi Nasıl Yapılır	163
<i>Zaman Yolculuğu Fizik Yasalarının Dışladığı Bir Şey Değildir</i>	

KISIM ALTI: DÜNYA-DIŞI ŞEYLER

36. Okyanus Dünyaları 171
Jüpiter'in Uydusu Europa'daki Buzların Altında
Güneş Sistemi'nin En Büyük Okyanusu Uzanır
37. Dünya-Dışı Atıklar 176
Eğer Başka Bir Yerlerde Uzaylılar Varsa,
Çöpleri Dünya'da Olsa Gerekir
38. Gezegenler Arası Kaçak Yolcular 180
Bir Marslı Görmek İster Misiniz? Aynaya Bakın
39. Ete Dönüşen Yıldız Tozu 184
Hepiniz Tam Anlamıyla Göklerde Oluştunuz
40. Kırılğan Mavi Nokta 188
Dünya'nın Şimdiye Kadar Çekilmiş En Muhteşem
Fotoğrafı Sadece 1 Piksel Boyutundadır

KISIM YEDİ: KOZMİK ŞEYLER

41. Dünyü Olmayan Gün 193
Evren Ezelden Beri Var Olmadı – Doğdu
42. Hayalet Kozmos 198
Teleskoplarımızla Gördüğümüz Evren Orada Yok Aslında
43. Karanlığın Kalbi 201
Evrenin Yüzde 97,5'i Görünmezdir
44. Yaratılışın Közleri 204
Evrendeki Fotonların Yüzde 99,9'u Yıldızlardan Veya
Galaksilerden Gelmez, Büyük Patlama'dan Arta Kalmışlardır
45. Evrenin Efendileri 208
Her Galaksinin Kalbinde Karadul Örümceği Gibi Pusuya Yatmış Çok
Yüksek Kütleli Bir Kara Delik Vardır – Ama Kimse Nedenini Bilmez
46. Ters Yerçekimi 214
Herkes Yerçekiminin Emici Olduğunu Sanır, Hâlbuki Evrenin
Büyük Kısmında Yerçekimi Üflelemektedir

47. Uzayın Sesi	218
<i>14 Eylül 2015 Tarihinde Meydana Getirdiği Yerçekimi Dalgaları Üzerinden Saptanan Kara Delik Birleşmesi, Evrendeki Tüm Yıldızlardan Elli Kat Daha Fazla Güç Ortaya Çıkardı</i>	
48. Cepteki Evren	222
<i>64 Milyon Evrenin Bilgisini 64 Gb'lık Tek Bir Bellek Kartına Sığdırabilirsiniz</i>	
49. Kredi Kartı Kozmosu	225
<i>İster İnan İster İnanma – Dev Bir Hologramın İçinde Yaşıyor Olabiliriz</i>	
50. Komşu Evren	230
<i>Evrenin Derinliklerinde Sizin Sonsuz Sayıda Kopyanız Var, Bu Yazının Sonsuz Sayıdaki Kopyalarını Okuyorlar</i>	
<i>Teşekkür</i>	235
<i>Notlar</i>	236

Önsöz

“Hiçbir şey gerçek olamayacak kadar mucizevi değildir.”

Michael Faraday

Partilere çağrılan komedyenler espri yapma baskısı hissedebilir. Bilim yazarları da partilere çağrıldıklarında bazen ağızları açık bırakacak bir bilimsel olgudan söz etme baskısı hissedebilir. Bana oluyor mesela. Bazen.

Nasıl şeyler anlatsam böyle durumlarda? Kısa ve etkileyici bir şey. İlgi uyandırabilmeli, insanları gülümsetmeliyim; ama gözlere perdah çekip istemeden boş konuşan biri gibi de görünmemeliyim.

Bilimsel formasyonu olmayan karımda deniyorum bunu, genellikle televizyon izlemekteyken: “Üç yüz altmış derece dönen bir elektronun artık aynı elektron olmadığını biliyor muydun?”

“Mm,” diyor, gözünü ekrandan ayırmadan.

“Şuna ne dersin: Bütün insan soyunu bir küp şeker kadar küçük bir yere sığdırabiliriz.”

“Evet, yeterli bu kadarı. Şimdi şu programı izleyebilir miyim artık?”

Karım önemli bir ses dağıtma platformudur.

Ama böyle ilgi çekici tek satırlık ifadeler bulmak için bir neden daha var: halka açık konuşmalar.

Konuşmalarımın birçoğunu kitaplarımı tanıtmak için gerçekleştirdiğim turlar sırasında yapıyorum. Mesele şu ki kırk beş dakika gibi bir sürede bütün bir kitabın hakkını vermek imkânsız. Bu yüzden birkaç ilginç olguyu seçiyorum ve bunları sırf insanların dikkatini çekmek için değil, aynı zamanda kitapta ele aldığım bilimin bir kısmını anlatmak amacıyla kullanıyorum.

Bütün bunlar *What a Wonderful World: Life, the Universe and Everything in a Nutshell*, (*Dünya'nın Tüm Dertleri: Bir İnsanın Hemen Her Şeyi Anlatma Girişimi*) adlı kitabımla başladı, isminden de anlaşılacağı gibi her şey hakkında olacaktı bu kitap – imkânsız tabii. Yine de finanstan termodinamiğe, holografiden insanın evrimine ve seksten dünya-dışı zekâ aramalarına kadar her şeyi ele almıştım. Konuşmaya neyi dâhil edip etmeyeceğimi düşünüyordum. İşte o zaman “dünya hakkında en çılgınca 10 şey” hakkında konuşabileceğim geldi aklıma.

İşin iyi yanı, bunun değişken bir sofraya olmasındı. Anlattığım bir tuhaflik dinleyenleri sıktıysa onu bir sonraki konuşmaya almayıp daha iyi karşılanacağını umduğum başka bir konuya yer verebilecektim. Bunu standup komedyenliğine benzetiyorum. Bir espri işe yaramazsa atılır ve bir sonraki performansta başka bir şeyle değiştirilir.

Bu formatın bir güzelliği de diğer konular için kullanılabilmesidir. iPad için geliştirdiğim The Solar System adlı uygulamayı *Solar System* adlı kitabım izledi ve tanıtmaya konuşmalarında “Güneş Sistemi hakkında en çılgınca 10 şeyden” söz ettim.

Ve işte böylece bu kitaba sıra geldi. Neden, diye düşündüm, yıllar içinde karşılaştığım bilimsel olguların en akıl durdurucu olanlarını –kitaplarda ve makalelerde ele aldığım veya üzerine hiçbir şey yazmadığım şeyleri– bir araya toplamayayım? Neden düşünceyi kışkırtan ve genellikle çok derine giden bazı bilimsel konuları bunlardan yararlanarak açıklamayayım?

Örneğin Dünya'daki tüm insanları ezip sıkıştırdığınızda, insan soyunu küp şeker hacminde bir yere sığdırabileceğiniz gerçeği,

* *Dünya'nın Tüm Dertleri*, Çev. Zeynep Arık Tozar, Domingo Yayınları, 2015.

maddenin akıl durdurucu boşluğunu mükemmel bir şekilde göstermektedir. Siz, ben, herkes – hepimiz aslında birer hayaletiz. Ve bu doğal olarak bizi kuantum teorisine, şimdiye kadar geliştirilmiş en başarılı ama aynı zamanda en garip fiziksel teoriye götürür ve nihayetinde atomların çok büyük ölçüde hiçlikten yapılmış olmasının nedenini açıklar. Güneş'in muzdan yapılmış olsa yine tam şu andaki kadar sıcak olacağı gerçeği de şu ilginç olguyu ortaya koyuyor: Güneş'in sıcaklığı ona neyin enerji verdiğiyle tamamen ilgisizdir. Ve evrenin yüzde 97,5'inin görünmez olduğu gerçeği ise çok şaşırtıcı –aslında aynı zamanda utanç verici bir durumu fark etmemizi sağlıyor: Bilim insanlarının son 350 yıldır sürdürdüğü araştırmalar evrenin çok küçük bir bölümünü kapsamaktadır. Ve –daha kötüsü– büyük bölümünün nasıl bir şey olduğuna dair pek bir fikrimiz yok.

Yıllar önce, bilimi halka tanıtip sevdirmek için çok çaba harcayan Amerikalı gezegen bilimci Carl Sagan'la Londra'daki Dorchester Otel'i'nde (hatırlıyorum, şahane bir Hyde Park ve Serpentine Gölü manzarası olan bir süitte kalıyordu) görüşme yapmıştım. Sagan *Kozmik Bağlantı* gibi kurgu olmayan kitaplardan ardından, ilk bilimkurgu romanı olan *Contact*'i yazmıştı (kitabın filmi de yapıldı ve Jodie Foster rol aldı). Sagan'a hangisini tercih ettiğini sordum: bilim mi yoksa bilimkurgu mu? Hiç tereddüt etmeden yanıtladı: "Bilim. Çünkü bilim, bilimkurgudan daha tuhaf." Gerçekten böyle. Hayal edebileceğimiz her şeyden daha tuhaf bir evrende bulunuyoruz. İzleyen sayfalarda bu şaşırtıcı tuhaflığı hiç değilse kısmen aktarabilmiş olmayı umuyorum.

Kitabı yazmaktan gerçekten keyif aldım. Sizin de okumaktan hoşlanacağınızı umarım. En azından, evrene dair, partilerde hava atabileceğiniz bazı ilginç bilgilerle donanmanızı sağlar.

Marcus Chown, Londra, 2018

* *Mesaj*, çev. Mehmet Harmancı, Say Yayınları, 2016.

KISIM BİR

Biyolojik Şeyler

Ortak Bağ

SEN ÜÇTE BİR MANTARSIN

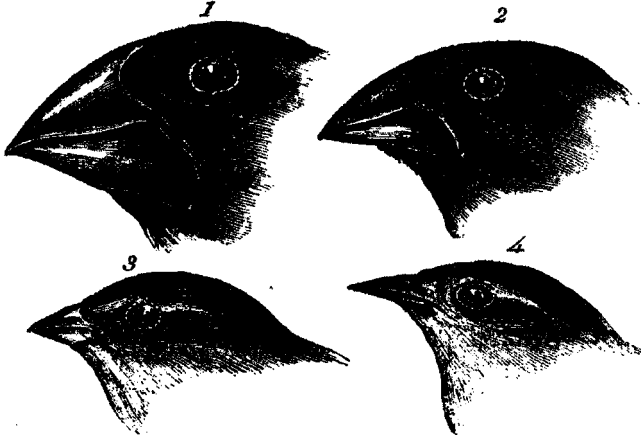
"Bunu düşünmemiş olmak ne büyük aptallık."

Thomas Huxley tarafından Darwin'in doğal seçilime dayalı evrim teorisini duyunca söylenmiştir.

Sen üçte bir mantarsın. Evet, doğru. Senin, benim, hepimizin DNA'sının üçte biri mantarlarla aynıdır (sanki Noel'de hediye almak gereken akrabaların listesi zaten yeterince kalabalık değilmiş gibi!). Bu durum insanlarla mantarların –ve aslında günümüzde yeryüzünü paylaşan tüm yaratıkların– ortak bir atası olduğuna dair güçlü bir kanıttır. Bunu ilk fark eden kişi, İngiliz doğa araştırmacısı Charles Darwin'di.

1831'de henüz yirmi iki yaşında bir genç olan Darwin, HMS *Beagle*'de gemi doğa bilimcisi görevine getirildi. Beş yıl süren yolculuk sırasında bir dizi dikkat çekici zoolojik gözlemde bulundu. Örneğin, Güney Amerika'nın batı kıyısından 1.000 kilometre açıktaki, Dünya'nın geri kalanından kopuk durumdaki Galápagos Adaları'nda yaşayan kuşların ve diğer hayvanların, anakaradaki kuş ve hayvanların küçük bir alt kümesinin varyantları olduğunu fark etti. Dahası, her

adadaki kuş ve hayvanlar da birbirinin tam aynı değildi, algılanması kolay olmayan ince farklılıklar gösteriyorlardı. Bunların en bilineni ispinozlardır: İri cevizlerin yetiştiği adalarda yaşayan ispinozların gagaları daha kısa ve kalındı.



İnce ayarlı araçlar: Darwin tarafından çizimleri yapılmış Galápagos Adaları'ndaki ispinozların gagaları, doğal seçilim yoluyla farklı adalarda yetişen cevizleri kırmaya en uygun biçimi almıştır.

Yoğun bir çalışmayla konuya odaklanan Darwin'in zihninde on sekiz ay sonra bir ışık yandı. Canlıların çevreleriyle nasıl bu kadar hassas bir uyum içinde olabildiklerini anlamıştı. Onların bir yaratıcı tarafından "tasarımlanmış" olduğu şeklindeki yaygın görüşten farklı bir düşünceydi Darwin'ininki. Ona göre, tam anlamıyla doğal bir mekanizma bu "tasarım yanılsamasına" yol açıyordu.

Darwin çoğu canlının mevcut yiyeceklerle beslenemeyecek kadar çok sayıda yavru yaptığını fark etmişti. Dolayısıyla bir kısmının aç kalıp ölmesi kaçınılmaz bir sonuçtu. Diğer yandan, hayatta kalma mücadelesi içindeki bireyler arasında çevrenin sunduğu kaynaklardan yararlanmaya en uygun olanlar varlığını sürdürebiliyor, en

az uygun olanlar ise yok oluyordu. Ölenlerin sayısı çarpıcı ölçüde yüksekti. Ama doğal seçim yoluyla gerçekleşen bu evrim sürecinde canlılar kuşaktan kuşağa giderek değişiyor, çevrelerine daha iyi uyum sağlar hale geliyorlardı.

Darwin şöyle düşünüyordu: Milyonlarca yıl önce, volkanik Galápagos Adaları denizden yükseldiğinde, bir avuç canlı –uçarak gelen kuşlar ve okyanus akıntılarının yüzen bitkilerle birlikte sürüklediği diğer canlılar– Güney Amerika anakarasından buraya ulaştı. Neredeyse bomboş bir dünya bulmuşlardı, adalara yayılarak bütün ekolojik nişleri doldurdular. Farklı adalarda yalıtık olarak yaşayan Darwin’in ispinozları da doğal seçim baskısı altındaydı: Yeterince uyum sağlayamayanlar acımasız bir eleme süreciyle ortadan kalktı, buna karşılık iyi uyum sağlayanlar yaşamını sürdürdü. İri cevizlerin yetiştiği bir adada, ancak bunları kırıp açmayı mümkün kılan sağlam, kısa ve kalın gagalara sahip ispinozların hayatta kalması kaçınılmaz bir sonuçtu.

Darwin cesur davranmıştı, çünkü doğal seçilime dayanan kendi evrim teorisini ortaya atarken, iki temel bilgiye sahip değildi: birincisi, özelliklerin kuşaktan kuşağa nasıl geçtiği ya da devralındığı; ikincisi, yavrular arasındaki farklılıklara –doğal seçilimin üzerinde çalıştığı malzemeye– neyin yol açtığı. Bu ikisinin birbirine derinlemesine bağlı olduğunu artık biliyoruz. Bir organizmanın ayrıntılı planı, her hücrede bulunan deoksiribonükleik asit veya kısaca DNA adlı büyük bir biyolojik molekülde kayıtlıdır.^{1,2} Canlıların yavrularında birbirinden farklı ve yeni bireysel özelliklerin ortaya çıkmasına yol açan şey, DNA’da meydana gelen ve genellikle hücrelerin çoğalması sırasındaki kopyalama sürecinden kaynaklanan mutasyonlardır. Amerikalı biyolog Lewis Thomas “Hafifçe hataya düşme kapasitesi DNA’nın asıl mucizesidir,” demişti. “Bu kendine has özellik olmasa, şimdi biz hâlâ anaerobik bakterilerdik ve müzik diye bir şey yoktu.”

Darwin'e göre bugün Dünya'da bulunan tüm canlılar, ortak ata olan basit bir organizmadan doğal seçim süreciyle evrimleşmiştir. İşte DNA'larımızın üçte birinin mantarlarla aynı olmasının nedeni de budur. Gerçekten de, aşağıdaki şu DNA dizilişi, insan vücudundaki 100 trilyon hücre de dâhil olmak üzere, yeryüzündeki her canlının her hücresinde bulunur: GTGCCAGCAGCCGCGGTA-ATTCCAGCTCCAATAGCGTATATTAAAGTTGCTGCAGT-TAAAAAG.³ Bütün canlıların akraba olduğu ve tam da Darwin'in iddia ettiği gibi ortak bir atadan evrimleştiğine dair bundan daha çarpıcı bir kanıt olabilir mi? Thomas'ın ifadesiyle: "Bugün Dünya'daki bütün hücrelerde dizili bulunan DNA'nın tümü, ilk molekülün bir uzantısı ve ayrıntılaşmasından ibarettir."⁴

Darwin doğal seçim yoluyla olan evrimin müthiş yavaş bir süreç olduğunu, yeryüzünde yaşamın bugünkü bolluğa ulaşmasının milyonlarca, hatta belki milyarlarca yılda gerçekleştiğini biliyordu. Gezegenimizde yaşama dair belli belirsiz en eski kanıt 3,8 milyar yıl öncesine uzanır. Muhtemelen –"son evrensel ortak ata" veya kısaca SEOA adı verilen– ilk hücre bundan yaklaşık 4 milyar yıl önce, yani Dünya'nın oluşumundan sadece yarım milyar yıl sonra ortaya çıkmıştı. Bunun tam olarak nasıl gerçekleştiği –ve yaşam-dışı olandan yaşama giden adımın nasıl atıldığı– bilimin yanıtlanamamış en büyük sorularından biri olmayı sürdürmektedir.

Tut Tutabilirsen

BAZI CIVIK MANTARLARIN ON ÜÇ CİNSİYETİ VARDIR

*"İtiraf ederim ki cinsel dürtüm çok büyük.
Erkek arkadaşım kırk mil uzakta oturuyor."*

Phyllis Diller

Bazı civik mantarların on üç cinsiyeti vardır (bir de siz bir partner bulmanın ve elde tutmanın zor olduğunu sanıyorsunuz). Bu canlıların cinsiyet hücreleri, boyutları büyük farklılık gösteren insan spermleri ve yumurtalarının tersine, sadece tek boydadır. Böyle bir hücrenin cinsiyetini belirleyen boyut değil, değişik biçimlerde ortaya çıkan ve MatA, MatB ve MatC adı verilen genlerdir. Aslında mümkün çeşitlemeler öyle fazla ki potansiyel cinsiyet miktarı 500'ü aşıyor. Bir civik mantar sporunun üreme için tek yapması gereken, bu üç genin farklı çeşitlemelerine sahip bir partner bulmaktan ibarettir.¹

Neden bazı civik mantarların on üç, bazılarının ise 500'den fazla cinsiyeti olduğunu kimse bilmiyor. Ama zaten bizim neden iki cinsiyetimiz olduğunu bilen de yok. Hatta aslında neden cinsiyetimiz olduğu bile meçhul.

Evrım açısından bakıldığında, bu oyunun amacı kendi genlerimizi sonraki kuşağa aktarmaktır.² Hem de sadece bir kısmını değil, hepsini. Bu nedenle yapılacak en akıllıca şey, kendimizi klonlamak olurdu, çünkü böylece genlerimizin yüzde 100'ünü herhangi bir yavruya kesinlikle aktarmış olurduk. Nitekim yeryüzündeki canlıların çoğu bu aseksüel yoldan üremektedir. Buna karşılık cinsiyeti olan organizmalar genlerinin ancak yüzde 50'sini gelecek kuşağa aktarabilir. Dolayısıyla, aseksüel organizmalarla aynı sonuca ulaşmak için hem onların iki katı yavru yapmaları gerekir, hem de partner bulmak için fazladan bir enerji harcamak zorundadırlar. Yani görünüşe bakılırsa, cinsiyet hiç de anlamlı bir şey değil gibi.

Bu konuda pek çok açıklama öne sürüldü ve yakın zamana kadar hiçbirisi ikna edici değildi. Ama içlerinden biri giderek daha çok kabul görüyor – ve işin tuhafı, parazitlerle bağlantılı bir görüş bu.

Maalesef bütün Dünya'da parazit bulaşmış –bağırsak kurtlarından sıtma parazitlerine kadar– insan sayısı her an iki milyarın üstündedir. Bu parazitler genellikle küçüktür ve çok hızlı çoğalabildikleri için konakladıkları kişi yaşadığı sürece, birçok kez kuşaktan kuşağa geçebilirler. Böyle olunca, ev sahibi bedene çabucak uyum sağlayarak onun kaynaklarını verimli bir şekilde kullanırlar. Ne var ki kaynakları sömürülen ev sahibi bu yüzden zayıf düşer, hatta ölebilir.

Cinsiyet farklılığının parazitlerle ne ilgisi olduğunu anlamak için bir miktar arka plan bilgisine ihtiyaç var. Bir organizmanın DNA'sını bir kart destesine benzetelim. Bu organizma kendini klonluyorsa kart destesi bütünüyle yavrusuna miras kalacak, belki rastlantısal bir mutasyon nedeniyle bir veya iki kartta çok küçük değişiklikler olacaktır. Buna karşılık eşeyli çoğalmada yavru, eşlerden birinin destesindeki kartların ancak yarısını devralır ve bunlar diğer eşten gelen yarım desteye karışır. Dolayısıyla yavru, annesinden de babasından da farklıdır ve üstelik benzeri olmayan bir canlıdır. Böyle olunca, ebeveynde yaşayan parazit-

ler yavrunun bedenine uyum sağlayamayarak ölürlür.

Cinsiyetin parazitleri sürekli olarak yanlış yola soktuğu düşüncesi, 1973'te Amerikalı biyolog Leigh Van Valen tarafından ortaya atıldı.³ Temel fikir şudur: Parazitler ne kadar hızlı değişebiliyor olsa da ev sahibi popülasyon daha da hızlı değişerek onların acımasız saldırısından kurtulabilir.

Lewis Carroll'ın 1871'de yayınlanan ve *Alice Harikalar Diyarında*'nın devamı olan *Aynanın İçinden* adlı kitabında, Alice Kızıl Kraliçe'nin peşinden koşar ama neden ilerleme kaydedemediğini bir türlü anlayamaz.

"Bizim ülkemizde," dedi Alice, hâlâ biraz soluk soluğa, "şimdi yaptığımız gibi uzun bir süre hızla koşarsan – genellikle başka bir yere varırsın."

"Çok yavaş bir ülkeymiş," dedi Kraliçe. "Oysa burada, görüyorsun ya işte, aynı yerde kalabilmek için var gücünle koşmak zorundasın."

Van Valen'in cinsiyeti parazitlerle ilişkilendiren ve "Kızıl Kraliçe Hipotezi" adıyla anılan açıklamasına 2011'de gözleme dayalı güçlü bir destek geldi.⁴ ABD'de biyologlar, genetik manipülasyon yoluyla *Caenorhabditis elegans* denilen ipliksi solucanlardan farklı şekilde üreyen iki popülasyon oluşturdu: kendi yumurtalarını dölleyerek eşeysiz çoğalanlar; dişi ve erkek solucanların çiftleşmesiyle cinsel yoldan çoğalanlar.⁵ Daha sonra her iki gruba da hastalık yapıcı bakteriler bulaştırıldı. *Serratia marcescens* adlı bu bakteriler kendi yumurtalarını dölleyen grubun kökünü kısa sürede kuruttu. Buna karşılık cinsel birleşme yoluyla üreyenler aynı akıbete uğramadı. Kendileriyle birlikte evrimleşen parazitleri geride bırakabildiler – hep daha hızlı değişiyorlardı. Gerçi bu *âşık* olmaya dair pek romantik bir açıklama sayılmaz; ama parazitlere karşı savunma, cinsiyet ve cinselliğin nedeni gibi görünüyor.

Oksijen Hilesi

.....

BEBEKLER ENERJİSİNİ ROKET YAKITINDAN ALIR

.....

"Her birimizde muma çok benzeyen canlı bir yanma süreci vardır."

Michael Faraday¹

Beşikte kıpırdayan bebek. Bir duman ve alev sütununun üstünde göğe tırmanan roket. Belki bunların arasında pek bağlantı yok diye düşünebilirsiniz. Ama yanılıyorsunuz. İkisine de aynı kimyasal tepkime enerji sağlar. İkisi de gücünü roket yakıtından alır.

Aslında ilk bakışta görüldüğü kadar şaşırtıcı bir şey değil bu. Ağır bir roketi yörüngeye fırlatmak için son derece güçlü bir yakıt gerekir – her gramında en fazla itiş gücü depolayan bir yakıt. Yeryüzünde yaşam yaklaşık dört milyar yıldır deneme-yanılma çabalarıyla sürüp gidiyor. Biyolojik süreçlere enerji sağlama girişiminde en güçlü kaynağa rastlanmamış olması herhalde beklenemezdi.

Bu enerji kaynağı, hidrojen ve oksijen arasında gerçekleşen kimyasal tepkimedir – ya da yaygın olarak bilinen adıyla: *yanma*. Hayvanlar hidrojeni besinlerden, oksijeni de havadan elde eder. Roketlere ise insanlar tarafından sıvı hidrojen ve sıvı oksijen konul-

maktadır. Hidrojen ile oksijen arasında meydana gelen tepkimenin nasıl olduğunu ve o muazzam enerjinin nereden çıktığını anlamak için bazı bilgiler gerekli.

Hidrojen ve oksijen atomları –aslında tüm atomlar– minik bir çekirdekten ve daha da minik elektronlardan oluşur. Elektronlar çekirdek etrafındaki yörüngelerde hareket etmektedir, onun büyük elektrik gücüne kapılmışlardır; Güneş'in çekim gücüne tutulmuş olarak yörüngelerinde dönen gezegenler gibidirler.

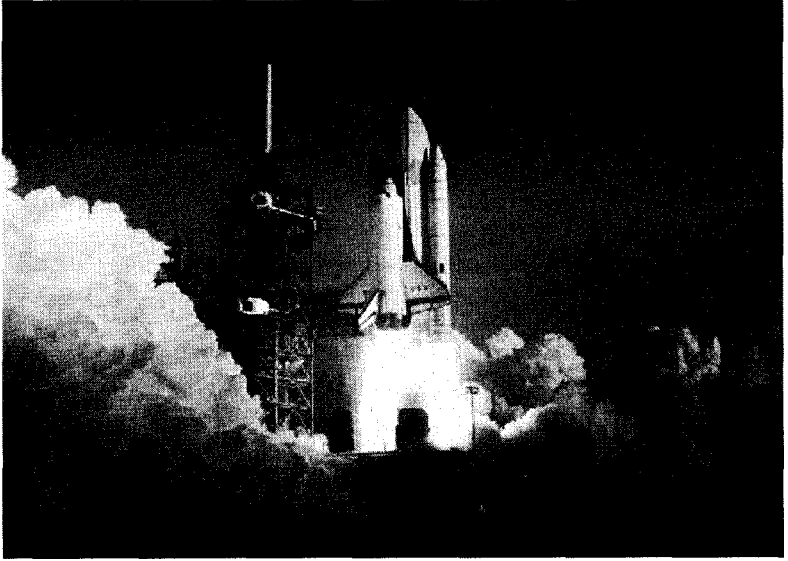
Fizikte, nesnelerin *potansiyel enerjiyi* en aza indirmesi yönünde genel bir eğilim söz konusudur, bu da o enerjiyle yararlı bir şey ya da bilimsel dille söylersek, “iş” yapmak demektir. Örneğin yüksek bir dağ yamacında duran bir top, yüksek bir kütleçekimsel potansiyel enerjiye sahiptir. Benzer şekilde, bir atomdaki elektronlar da tıpkı tepeden yuvarlanan bir top gibi enerjilerini en aza indirmeye çalışacaklardır.

İki atom bir araya geldiğinde, her birindeki elektronlar için kendi aralarında yeni düzenleme olanakları açılır. Eğer bu iki atom birbirinden ayrıyken olana kıyasla daha düşük toplam enerjiye sahip bir düzenleniş olabiliyorsa, atomlar birleşerek bir molekül oluşturur. Kısacası, kimya tümüyle şundan ibarettir: elektronların yeniden düzenlenmesi.

Molekülün enerjisi ayrı duran atomların enerjisinden daha az olduğu için geriye bir miktar enerji kalıyor demektir. Fiziğin temel taşlarından birine göre, enerji ne yaratılabilir ne de yok olabilir, sadece bir biçimden diğerine geçmesi mümkündür – örneğin elektrik enerjisi ışık enerjisine dönüşebilir. Dolayısıyla, geriye kalan fazla enerjiyle bir şeyler yapma imkânı vardır.

Roketler söz konusu olduğunda, bir hidrojen atomuyla bir oksijen atomu arasındaki tepkime –özel olarak, iki hidrojen atomunun bir oksijen atomuyla tepkimeye girmesiyle H_2O (su) oluşması– büyük bir miktarda enerjiyi serbest bırakmaktadır. Böylece su ısınır ve roketin arkasından büyük bir hızla beyaz buhar püskürür (yani

sonuç olarak roketler buhar gücüyle çalışır!). Etki ve tepki eşittir ve karşıt yöndedir, yüksek hızlı egzoz roketi ileri iter.



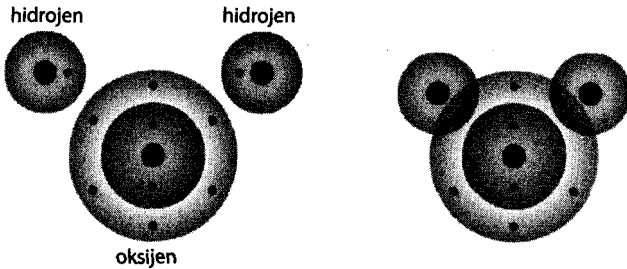
Buhar gücüyle çalışan mekik: NASA'nın yeniden kullanılabilir uzay aracı oksijen ve hidrojen arasındaki tepkimeden yararlanarak oluşturduğu suyu uzaya püskürtüyordu.

Hidrojen ve oksijen arasındaki tepkimede bu kadar çok enerjinin serbest kalması, bir roketi uzaya kadar çıkarabilmeyi sağlayan nedendir.² Aynı zamanda da bir bebeğin –ve elbette sizin, benim ve yeryüzündeki her türden hayvanın– yaptığı şeyleri yapabilmesini sağlayan nedendir.

Bir rokette hidrojen ve oksijen bir araya gelip su oluştururken, patlamaya hazır büyük bir ısı enerjisi açığa çıkar. Tabii canlı organizmaların böyle şiddetli bir sürece başvurduğunu görmüyoruz. Bunun yerine canlılar, enerjiyi çok daha makul ve daha az yıkıcı bir şekilde, adım adım serbest bırakır.

Bir rokette hidrojen ve oksijen tepkimeye girdiğinde olanlar, bütün kimyasal reaksiyonlarda olanın aynısıdır: Elektronlar sandalye

kapmaca oynar. Özel olarak, bir oksijen atomu iki hidrojen atomundan elektron kapmaktadır.³ Oksijen ve hidrojen atomlarının kaynaşıp su molekülü halinde birleştiği bir süreçtir bu.



Muazzam bir güç kaynağı: Su molekülü (sağda) onu oluşturan hidrojen ve oksijen atomlarından (solda) daha az enerjiye sahiptir, fazla olan enerji serbest kalmaktadır.

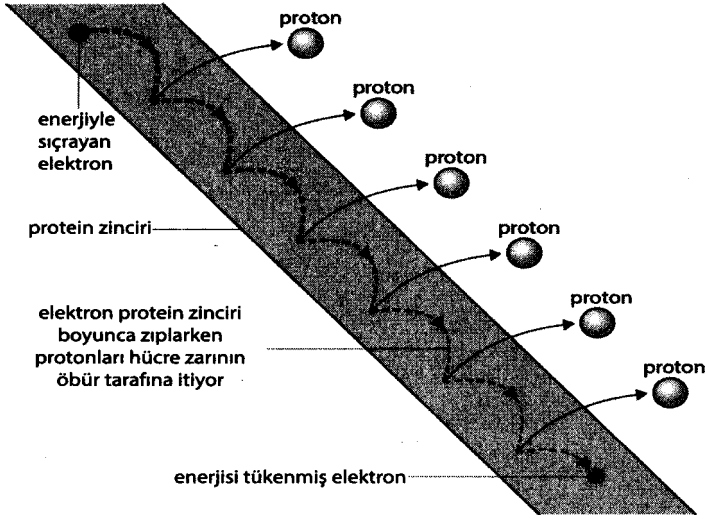
Ancak, oksijen-hidrojen tepkimesine biyoloji açısından baktığımızda şunu görüyoruz: Bir hücredeki iki hidrojen atomu oksijen atomuna elektron veriyor, ama bu üç atom aslında hiçbir zaman bir araya gelmiyor. Hidrojen atomları ile oksijen atomunun arasında protein komplekslerinden oluşan bir tür tel uzanır. Ve bırakılan elektronlar, fazla enerjinin gücüyle fırlayarak bu telin üstünde bir yerden bir yere sıçramaya başlar.

Böyle bir elektron tel boyunca sıçrarken hidrojen çekirdekleri veya *protonların* hücre zarındaki kanal veya gözeneklerden geçmesini sağlar.^{4, 5} Protonların elektrik yükü –elektronların tersine– pozitif olduğundan, bu durumda hücre zarının bir tarafı diğer taraf karşısında elektrik yüklü hale gelmektedir. Benzer bir şey pillerde de olmakta, uçların arasında bir elektrik kuvveti alanı oluşmaktadır. Böylece, yüksek enerjiye sahip elektronun protein telinde zıplayarak ilerlerken oksijen atomuna ne yaptığını anlıyoruz: hücre zarının şarj edilmiş bir pile dönüştürülmesi. Hücre zarı boyunca ortaya çıkan

bu elektrik kuvveti alanı son derece güçlüdür – havadaki atomları, parçalayarak yıldırım meydana getiren gök gürültülü bir fırtınanın kuvvet alanıyla karşılaştırılacak kadar hem de.

Neyse ki vücudumuzdaki hücreler şimşek çaktıkça çatırdamaz. Çünkü o muazzam elektrik kuvveti alanı, hücre zarının çok ince olan –bir milimetrenin yaklaşık 5 milyonda biri– yüzeyine yayılmıştır ve başka moleküller de müdahale ederek bu kuvvet alanının başına buyruk hareket etmesini engeller.

Hücre zarındaki pilin güçlü elektrik kuvveti alanı tarafından tetiklenen kimyasal tepkime sonucunda adenosin trifosfat veya kısaca ATP oluşmaktadır. Bu moleküller enerji depolarıdır – tıpkı taşınabilir piller gibi. Yani elektron, protein teli boyunca sürekli enerji kaybederek hoplarken ardında çok büyük miktarlarda enerji yüklü ATP molekülü bırakmaktadır. Ortalığa salınan bu moleküller, gerekli yer ve zamanda hücre süreçlerinin ihtiyaç duyduğu enerjiyi sağlar.



Protonlar itilerek içinden geçtikleri hücre zarını bir pile dönüştürür, bu pilin tetiklediği kimyasal reaksiyon da biyolojik enerji paketleri olan ATP moleküllerini ortaya çıkarır.

Son çözümlemede hepimiz pille çalışıyoruz! Vücudumuzda bir milyon kadar ATP molekülü var, hepsi de sadece bir veya iki dakikada kullanılıp yeniden devreye sokuluyor. Oyuncaklarda birkaç pil bulunması yeterlidir ve bunlar ancak birkaç saatte boşalır. Oysa vücudumuz her saniye 10 milyona yakın pil kullanmaktadır.

Sonunda protein telinin ucuna kadar ilerleyen elektron, enerjisini tüketmiştir. Orada kendisini bekleyen oksijen atomuyla birleşir. Ve sonra başka bir hidrojen atomuna ait ikinci bir elektron da onlara katılınca, oksijen atomu en çok istenen duruma, elektronların doldurduğu bir dış kabuğa kavuşmuş olur.⁶ Ama hikâye burada da bitmiyor.

Daha önce belirtildiği gibi canlı varlıklar hidrojeni besinlerden elde eder. Hücre içinde gerçekleşen şaşırtıcı derecede incelikli ve enerjinin çok verimli kullanıldığı, *Krebs döngüsü* denilen bir süreç sonunda, hidrojen atomları besinlerden –yani ya şeker (glikoz -

$C_6H_{12}O_6$) ya da yağ moleküllerinden— sıyrılıp çıkarılır. Bu süreçten geriye karbon atomları kalmaktadır. Eğer kabuğu elektronla dolu olan oksijen atomu bu elektronları bir karbon atomuyla paylaşacak olursa ortaya çok kararlı bir karbondioksit (CO_2) molekülü çıkacaktır. Oksijen soluyan hayvanların nefes verirken çıkardığı atık, su buharı ve karbondioksitten ibarettir.

İşte böyle. Vücudumuz besinlerden hidrojen alıp onun köpüren elektronlarındaki enerjiyi son damlasına kadar emer, sonra da gücü tükenmiş elektronları oksijene devreder. Bebeklerin ve tüm yaşamın enerji kaynağıdır bu.

Yedinci Yıl Krizi

.....

BUGÜN VÜCUDUNUZ YAKLAŞIK
300 MİLYAR HÜCRE ÜRETECEK

.....

*“Sizi oluşturan tek bir hücre bile kim olduğunuzu
bilmez ve buna aldırmaz etmez.”*

Daniel Dennett¹

Bugün vücudunuz yaklaşık 300 milyar hücre üretecek. Bu sayı, Samanyolu Galaksisi'nde yer alan yıldızlardan fazladır. Hiçbir şey yapmadığım halde kendimi bitkin hissetmem boşuna değilmiş demek ki.

Hücre minicik, sAy'dam bir balçık torbasıdır. Biyolojinin atomudur. Aslında hücresel yaşam dışında hiçbir yaşam olmadığını söylemek abartı değildir. Hücrelere işaret eden ilk fosil bulguları yaklaşık 3,5 milyar yıl öncesine aittir; yaşamın neden olduğu ilk kimyasal tepkime belirtileri ise 3,8 milyar yıl geriye gider. Dolayısıyla, yaşamın yaklaşık 4 milyar yıl önce başladığı tahmin edilebilir, yani Dünya'nın oluşumundan sadece yarım milyar yıl sonra.

Her insan devasa bir hücre topluluğudur. Amerikalı biyolog Lewis Thomas “Varlıklar olarak mevcut olmadığımız pekâlâ savunulabilir,” demişti.² Carl Sagan da “Bizler,” diyordu, “her birimiz birer çoklugu.”³ Bu çokluk, yaklaşık 100 milyon kere milyon hücreyi kapsayan

astronomik bir miktardır. Yani ben bir galaksiyim. Sen bir galaksisin. Aslında her birimiz binden fazla galaksiyiz, çünkü vücudumuzdaki hücre sayısı bin tane Samanyolu'ndaki yıldız sayısını aşıyor.

Bir insanı meydana getiren her bir hücre minyatür bir dünyadır ve büyük bir şehir kadar karmaşıktır. Milyarlarca nano makinenin faaliyetiyle fokurdamaktadır. Yönetim merkezleri, imalathaneleri, depoları, yoğun trafikli caddeleri vardır. "Hücrenin enerjisini elektrik santralleri sağlar," diyor Amerikalı gazeteci Peter Gwyne. "Fabrikalar kimyasal alışverişin hayati birimleri olan proteinleri üretir. Karmaşık taşıma sistemleri özel kimyasal maddeleri hücre içinde ve dışında bir yerden bir yere sevk eder. Barikatlarda bekleyen nöbetçiler ihracat ve ithalat hareketlerini kontrol eder, olası tehlikelere karşı dış Dünya'yı gözlerler. Disiplinli biyolojik ordular istilacılarla savaşmaya daima hazırdır. Genetik merkezi yönetim, düzenin sürmesini sağlar."⁴

Ne var ki hayatlarımız tek bir hücre halinde, vücuttaki en küçük hücre olan sperm vücuttaki en büyük hücre olan yumurtayla birleşince başlıyor. Aslında her insan yaklaşık yarım saat süreyle tek bir hücre olarak yaşar (hatırlıyorum, bunu çok sıkıcı bulmuştum – birlikte oynayacağım başka bir hücre bulmak için sabırsızlanıyordum). Sonra o tek hücre ikiye bölünür. Harikulade bir süreçtir bu. Bir hücre sadece yarım saat içinde –hızlı olması için DNA'nın birçok noktasında birden yürüyen bir süreçle– kendi DNA'sının kopyasını çıkardığı gibi bir yandan da 10 milyar kadar karmaşık protein oluşturmaktadır.⁵ Bu da neredeyse saniyede 10 milyon protein demektir. Bir saat içinde iki hücre dörde, ardından sekize bölünür ve böyle devam eder. Birkaç bölünme sonrasında, gelişmekte olan embriyondaki kimyasal değişimler hücrelerde değişikliğe neden olur. Bu süreç sayesinde hücreler karaciğer hücresi mi yoksa beyin hücresi mi olacaklarını artık "bilmektedir". Başlangıçtaki tek hücrenin çoğalmasıyla sonunda vücudun 76 milyon kere milyon hücresi ortaya çıkmıştır.

Ama hepsi bu kadar da değil. Beyin hücreleri dışında, vücudumuzda pek az kalıcı hücre bulunur. Örneğin mide duvarındaki hücreler bir tıraş bıçağını eritecek kadar güçlü olan hidroklorik asitle çevrilidir, dolayısıyla sürekli yenilenmeleri gerekir. Her üç-dört günde bir midemiz yeni bir astar edinmektedir. Kan hücreleri biraz daha uzun ömürlüdür, ama onlar da yaklaşık dört ay içinde kendi kendini yok eder. Yedi yılda bir vücuttaki hücrelerin neredeyse tamamı yenilenmektedir. Şu ünlü “yedinci-yıl krizinin” sırrı belki de burada yatıyor: Eşimize bakıp “Aa, ama benim birlikte olduğum kişi bu değildi ki!” diyoruz.

Dünya-dışı Canlılarla İç İçe Yaşamak

YÜZDE 100 İNSAN OLARAK DOĞARIZ AMA
YÜZDE 50 YABANCI BİR CANLI OLARAK ÖLÜRÜZ

"Kafamın içinde biri var ama o ben değilim."

Pink Floyd

Vücudunuzdaki hücrelerin yarısı size ait değil! Hatta eskiden on hücreden dokuzunun kendimize ait olmadığı düşünülüyordu; ama yakın zamandaki bir araştırma oranı geri çekti.¹ Yine de vücudumuzdaki hücrelerin yüzde 50'sinin –yaklaşık 38 milyon kere milyon– bize ait olmadığını bilmek oldukça ilginç.

Vücudumuzda gezinen bu yabancı hücrelerin bir kısmı mantarlardır. Bazıları da bakterilerdir. Aslında karnımızda yüzlerce çeşit bakteri yaşamasa, yediğimiz şeylerden besin maddelerini çekip alamazdık. Antibiyotik kullanınca bazen ishal olmamız da bu yüzündür. Bu tür ilaçlar ayırım yapmaz, sadece hastalığa neden olan bakterileri değil, vücudun ihtiyaç duyduğu bakterileri de öldürürler.

Ne var ki bakteriler hücrelerimizden çok daha küçüktür. Dolayısıyla, sayıları hücrelere yakın olsa da 70 kiloluk bir kişinin ancak 1,5 kilosunu oluştururlar.

ABD hükümeti İnsan Mikrobiyom Projesi (İMP) adlı beş yıllık bir araştırma başlatmıştı. İnsan vücudundaki tüm yabancı mikroorganizmaları ve bunların faaliyetini belirlemeye yönelik bu muazzam girişimin² sonuçları 2012’de yayınlandı. Vücudumuzda bulunan yabancı hücre türlerinin 10.000’den fazla olduğu saptanmıştı – bize ait hücre türleri sayısının kırk katı. Kısaca söylersek, cildimizin her santimetrekaresinde yaklaşık 5 milyon bakteri barınıyor. Ya da iğne başı büyüklüğündeki bir alanda 500 kadar bakteri. Ciltte bakteri nüfusunun en yoğun olduğu bölgeler kulaklarımız, enseimiz, burun kenarları ve göbek deliğidir. Bütün bu yabancı bakterilerin vücudumuzda ne işi olduğu bir muammadır. Örneğin burundaki bakteriler: İMP oradaki türlerden yüzde 77’sinin ne yaptığını saptayamamıştı.

İMP araştırma sonuçlarına göre, insanların yüzde 29’unun burun deliklerinde antibiyotiklere karşı dirençli bir tür olan *Staphylococcus aureus* bulunmaktadır – veya daha iyi bilinen adıyla MRSA. Bu çok kaygı verici gelebilir. Oysa sağlıklı insanlarda bu tür bakteriler kontrol altındadır, zararlı bir etkileri olmaz. Sadece bağışıklık sistemi zayıf düşmüş hastalar için tehlikelidirler. Dolayısıyla, hasta insanların çok olduğu hastanelerde bir MRSA sorunu ortaya çıkabilmektedir.

İnsan mikrobiyomundaki dengesizliğin çok çeşitli hastalıklara neden olabildiğini gösteren bulgular oldukça fazladır. Crohn’s hastalığı veya ülseratif kolit gibi bağırsak iltihabı vakaları da bunlardan. Hatta bu tür dengesizliklerin Alzheimer gibi hastalıklarda da rol oynadığı ileri sürülmüştür.³

Hiç kimse bütün bu yabancı mikroorganizmaları taşıyarak doğmaz. Bunlar doğumdan sonra anne sütüyle ve çevreden bizlere geçmektedir. Üç yaşına geldiğimizde, artık hemen hepsi vücudumuza yerleşmiştir. İşte yüzde yüz insan olarak doğup yüzde elli yabancı bir canlı olarak ölüyor olmamız bundandır.

Aslında durum daha da fena. İMP tespitlerine göre vücudumuzda yaşayan mikroorganizmaların toplam gen sayısı 8 milyondur ve bunların her biri özel bir amaca sahip belli bir protein şifresi sağlar. Buna karşılık insan genomu sadece 24.000 gen barındırmaktadır. Demek ki vücudumuza etkide bulunan mikrobiyal genlerin sayısı insan genlerinin 400 katı kadardır. Başka bir deyişle, vücudumuzdaki DNA'nın yüzde 99,75'i bize ait değildir. Bir bakıma, yüzde 50 oranında bile insan değiliz – sadece yüzde 0,25'imiz insan. Belki şöyle demek daha doğru olacak: Yüzde 100 insan olarak doğuyor, yüzde 99,75 başka bir canlı olarak ölüyoruz!

Vazgeçilebilen Beyin

.....

GENÇ DENİZ ÜZÜMÜ TUTUNACAK BİR KAYA
PARÇASI ARAYARAK DENİZDE DOLAŞIR.
UYGUN BİR YER BULDUĞUNDA,
ARTIK BEYNİNE İHTİYACI KALMAMIŞTIR.
VE... YER ONU¹

.....

"Tablo çok iç karartıcı baylar... Dünya'da iklimler değişiyor, memeliler üstünlük sağlamaya başladı ve hiçbirimizin beyni cevizden büyük değil."

Gary Larson'un *The Far Side* adlı çizgi romanındaki dinazorlar

Genç deniz üzümü tutunacak bir kaya parçası arayarak denizde dolaşır. Uygun bir yer bulduğunda, artık beynine ihtiyacı kalmamıştır. Ve... yer onu. İnsan merak ediyor, ters bir dalga gelip onu tutunduğu kayadan koparacak olsa ne yapar genç deniz üzümü? Haritası ve pusulası olmayan bir denizci gibi başıboş dolaşacak mı okyanusta? Yoksa düşünme organını yeniden canlandırıp navigasyon becerisini mucizevi bir şekilde geri kazanarak kayalar arasında yeni bir yuva mı arayacak?²

Genç deniz üzümünün kendini yiyen yamyamlığı, beyinlerin enerji açısından çok yüksek maliyetli olduğunu açıkça gösteren bir örnektir. Dünya'daki birçok canlı bu yüzden durumu beyin olmadan idare eder; hatta beyne sahip olan bazı canlılar –örneğin genç deniz üzümü– ih-

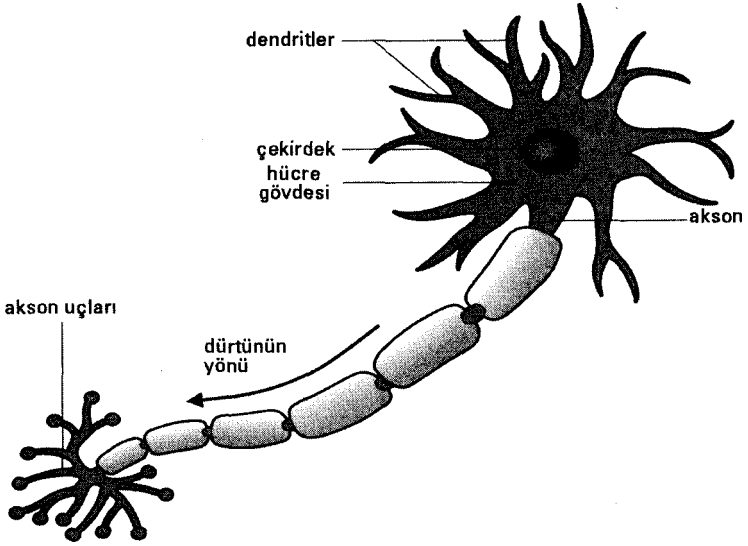
tiyacı kalmadığı anda hemen ondan kurtulmaktadır. Kolombiyalı-Amerikalı nörobilimci Rodolfo Llinás şöyle diyor: “Esas itibarıyla iki tip hayvan vardır: hayvanlar ve beyni olmayan hayvanlar. İkinci tipe bitkiler diyoruz. Bunların bir sinir sistemine ihtiyacı yoktur, çünkü aktif olarak hareket etmezler, ormanda yangın çıktığında köklerini çıkarıp koşmaya başlamazlar! Aktif olarak hareket eden her şeyin sinir sistemi olması gerekir; aksi halde çok geçmeden ölüp gidecektir.”³

Tabii insanlar çok büyük bir beyne sahip. Ve bu muhtemelen, – bitkisel besinlere kıyasla enerji bakımından daha zengin olan– etin yer aldığı bir beslenme biçimine geçmiş olmamızla ve yiyecekleri pişirmenin keşfedilmesiyle ilişkili. Nasıl yazı bir tür dış bellek olarak iş görüyorsa, tava da bir dış midedir. Etteki proteinleri parçalayarak daha kolay sindirilmelerini sağlar, aslında sindirim organlarına ait olan işlerin bir kısmını üstlenir. Böylece daha küçük bir mide daha az enerjiyle çalışabilmekte, daha büyük bir beynin kullanabileceği daha fazla enerji kalmaktadır.

İnanması zor ama insan beyni bütün o muazzam hesaplamaları yaklaşık 20 watt güç kullanarak yapıyor, yani çok cılız ışıklı bir ampulün harcadığı enerjiyle. Buna karşılık, benzer boyutlarda hesap yapan bir süper bilgisayar 200.000 watt gerektirir – başka bir deyişle, enerji verimliliği insan beyninden 10.000 kat düşüktür. Ne var ki insan beyni böyle verimli olmakla birlikte, diğer tüm dokulara kıyasla çok daha fazla enerji yutar. Ağırlık olarak bir yetişkinin ancak yüzde 2 veya 3’ünü oluşturduğu halde, vücuttaki oksijenin yüzde 20’sini tüketir.

İnsan beyninin enerji ihtiyacının vücudun geri kalanına nazaran böyle büyük olması aslında şaşırtıcı sayılmayabilir, çünkü beyindeki hücre sayısı yaklaşık 100 milyardır – Samanyolu’ndaki yıldızlar kadar. Her beyin hücresi veya diğer adıyla her nöron, *dendrit* denilen parmak benzeri uzantılar aracılığıyla diğer 10.000 hücreye bağlanabilir. Bu da potansiyel olarak 1.000 trilyon bağlantı demektir. Ve işte bil-

gileri, örneğin anıları saklayan da bu bağlantılar ve onların görelî gücüdür. Yaşadığımız her deneyim her an, her gün, beyindeki bağlantısalığı değiştirmektedir. Amerikalı bilişim bilimci Marvin Minsky'nin deyişyle: "Beyinlerin en temel faaliyeti kendilerini değiştirmektir."⁴



Beyin hücresi ya da nöron parmak benzeri dendritler aracılığıyla diğer beyin hücrelerinden sinyaller alır ve akson denilen uzun fiberler üzerinden diğer hücelere sinyaller aktarır.

Bütün bunlar enerji tüketmeyi gerektirir – çok ve yoğun düşünmenin bizi yorması da bundandır. "Ne zaman bir kitap okusanız veya bir görüşme yapsanız, bu faaliyet beyninizde fiziksel değişikliklere yol açar," diyor Amerikalı yazar George Johnson. "Bir karşılaşmanın ardından beynimizin her defasında belki de kalıcı olarak değişmiş olduğunu düşünmek, biraz ürkütücü."⁵

Ancak, beyinde durmadan yeni hatlar döşemek çok enerji çeken bir şey olduğu halde, genç deniz üzümünün tersine insanlar beyinlerine sıkı sıkıya bağlıdır.

Ya da öyleymiş gibi görünüyor.

İnsan beyninin kütlesi 15 ila 30 bin yıl önce en yüksek seviyeye ulaştıktan sonra, yüzde 10 kadar küçülmüştür.⁶ Bunun olası bir nedeni, binlerce yıl önce insanların tehlikeli yırtıcılarla dolu bir Dünya'da yaşaması, onlara karşı hayatta kalabilmek için her an zekâlarını kullanmak zorunda olmasıdır. Günümüzde artık etkili bir şekilde evcilleşmiş bulunuyoruz. Hayatta kalmak için gerekli işlerin pek çoğu –ölüm tehlikesinden kaçınmaktan barınak inşasına ve besin elde etmeye kadar– toplumun geneli tarafından hallediliyor.⁷ Vücut olarak da atalarımızdan daha küçüğüz. Zaten evcil hayvanlar da genellikle yabanıl akrabalarından küçüktür. Ama bütün bunlar artık daha aptal olduğumuz anlamına gelmez – beyin büyüklüğü insan zekâsının kesin bir göstergesi değildir; ama bugünkü beyinlerimizin atalarımızın beyinlerine göre farklı ve belki daha verimli bağlantılara sahip olduğu söylenebilir.

İnsan beyninin nasıl çalıştığını anlama çalışmalarının henüz başlarındayız. Bilim açısından son sınır –uzay değil– beyindir. Beynin beyni tam olarak anlamasının mantıksal bakımdan imkânsız olduğunu ileri sürenler vardır. Örneğin Amerikalı fizikçi Emerson M. Pugh bu görüşü şöyle dile getirir: “İnsan beyni onu anlayabileceğimiz kadar basit olsaydı, biz onu anlayamayacak kadar basit olurduk.” Ama tabii aslında beyin beyni anlamaya çalışıyor değil. Onu anlamaya çalışan birçok beyin var: uluslararası bilimsel topluluğun birleşik zihinleri. Bir İtalyan özdeyişle söylersek: “Bütün beyinler tek kafada bulunmaz.”

KISIM İKİ

İnsani Şeyler

Etkileşim, Etkileşim, Etkileşim

TAŞ BALTANIN TASARIMI 1,4 MİLYON YIL
BOYUNCA HİÇ DEĞİŞMEDİ

“Değişmeyen tek şey değişimdir.”

Herakleitos

Taş baltanın tasarımı 1,4 milyon yıl boyunca hiç değişmedi. Bu şaşırtıcı olguyu *What a Wonderful World* adlı kitabım üzerinde çalıştığım sırada, Londra’daki Doğal Tarih Müzesi’nde insanın kökeni araştırmaları uzmanı olan Chris Stringer’den işittim. Stringer paleoantropologların o dönemden “1,4 milyon yıllık can sıkıntısı” diye söz ettiğini söylemişti.

Tabii *hominin* atalarımız hızla çürüyüp toprağa karışmış tahta aletler de geliştirmiş olabilirler. Ya da kemik aletler yapmışlardır ama bunlar benzerlikleri nedeniyle doğal kemik parçalarından ayırt edilememektedir.¹ Ayrıca, atalarımızın toplumlarında derin değişiklikler gerçekleştiği halde bunların fosil kayıtlarında belirgin izler bırakmamış olması da çok muhtemeldir – örneğin ateşi kullanma, dilin gelişmesi ve sosyal etkileşimin durmaksızın daha karmaşık hale gelmesi.

Yine de, neredeyse 60.000 kuşak boyunca kimsenin taş el baltasını geliştirmeyi düşünmemiş olduğu bir gerçek. Oysa artık iPho-

ne'un, değil bir kuşak sonra, hemen önümüzdeki yıl yenilenmesini beklediğimiz bir Dünya'da yaşıyoruz. Diğer yandan, bunun nasıl benzersiz bir çağ olduğunu düşünmekten de nadiren geri durmaktayız. Çünkü insanlık tarihinin büyük kısmında hiçbir değişiklik olmamıştı – ya da olduysa bile, değişim ancak tam anlamıyla “buzul hızındaydı” (zaten son bir milyon yılın yüzde 90'ı buzul çağıydı).

Besin üretiminin geliştirilmesiyle birlikte, her şey değişmiştir. Son buzul çağının bitmesinden kısa süre sonra, bundan yaklaşık 13.000 yıl önce insanlar bitki yetiştirme, ekip biçme denemelerine giriştiler. Orta Doğu'daki Verimli Hilal denilen bölgede yaşayanlar 8.500 yıl önce evcilleştirilmiş buğday, bezelye ve zeytin yetiştirmeyi başarmıştı. 8.000 yıl önce de koyun ve keçiler evcilleştirildi. MÖ 7.500'de Çin'de pirinç ve darının yanında evcil domuz ve ipek böcekleri bulunuyordu. Besin fazlasının ortaya çıkması daha önce olmayan bir şeyi, insanların orta boy yerleşim yerlerinde yaşamaya başlamasını mümkün kılmıştı ve artık bu yerlerde bireyler, avcılık ve meyve toplamayla bağlantılı olmayan özel “meslekler” edinebiliyordu.

Oysa tarihlerinin büyük kısmında insanlar, nüfusu muhtemelen elliye pek aşmayan küçük gruplar halinde yaşamıştı. Aralarından biri herhangi bir şey icat edecek olsa, örneğin farklı bir taş balta tasarlasa, bu buluşun o grubun dışına çıkma olasılığı hayli düşüktü, herhalde olduğu yerde kalır ve unutulup giderdi. Mesela ateş belki defalarca kontrol altına alınmış, ama bu sır her defasında genel bir bilgi halinde yayılamadan kaybolmuştu.

Ama çiftçilik ürünlerinin desteklediği büyük toplulukların gelişmesiyle birlikte, ilk kez yeni fikirlerin ve buluşların yaşayıp yayılması mümkün oldu. Besin üretimi her tarafta insan nüfusunun artmasını sağladıkça, etkileşim fırsatları da hiç durmadan büyüyüp çoğaldı.² Eğer insan soyunun son 13.000 yıllık tarihini üç kelimeyle anlatacak olursak, şunu söylemeliyiz: etkileşim, etkileşim, etkileşim.

Günümüzde pek çok şeyin eskiye göre daha hızlı değişiyor olmasının başta gelen nedeni, daha fazla insanın var olmasıdır; etkileşim fırsatlarının yanı sıra yeni fikirlerin ve buluşların virüs gibi yayılma şansı daha önce hiç olmadığı kadar çoktur. Özellikle son zamanlarda internetin birbirinden uzak yerlerde bulunan milyarlarca insan arasında sosyal alışverişi mümkün hale getirmesiyle, insan etkileşimi müthiş bir hızla artmaktadır.

Başlı başına bu bile heyecan verici bir şey. Son 13.000 yıl nasıl insan tarihinde benzeri görülmemiş bir dönem olduysa yaklaşık son yarım yüzyıl da teknolojik değişim bakımından benzersizdir. Bunun nedeni, neredeyse her on sekiz Ay'da bir bilgisayarların gücünün iki katına çıkıyor olmasıdır, ilk kez 1965'te bilgisayar çipleri üreten Intel firmasının kurucusu Gordon Moore'un işaret ettiği bu durum, ona atfen "Moore yasası" olarak anılır. Elbette böyle yinelenen –ve devam edecek olursa bilgisayarların gücünü elli yıl içinde 1000 kat arttıracak olan– bir katlanma sonsuza dek süremez. Bilgisayar bileşenlerinin ne kadar küçülebileceğinin ve ne kadar hızlı olabileceğinin fiziksel sınırları vardır. Yani bizler insanlık tarihinin benzeri bir daha görülmeyecek olağanüstü bir döneminde yaşıyoruz: hesaplama gücünün üstel büyüme içinde olduğu bir çağda. Ve bunun insan toplumuna getireceği değişiklikleri tahmin bile edemiyoruz.

Ama şimdi tekrar ayaklarımızı toprağa basalım – hem de kelimenin doğrudan, yalın anlamıyla. Modern dünyamızı yaratmış olan ve iPhone'un değil 1,4 milyon yıl, sadece 1,4 yıl bile değişmeden kalmayacağından emin olmamıza yol açan "etkileşim, etkileşim, etkileşim" yalnız ve yalnız tek bir şey sayesinde mümkün oldu: tarım. Anonim bir yazar bunu şöyle vurgulamıştır: "Bütün sanatsal iddialarına, incelmeliğine ve onca başarısına rağmen, insan varlığını toprağın 15 santimetrelik üst katmanına yağmur yağması olgusuna borçludur."

Büyükanne Avantajı

SADECE ÜÇ CANLI TÜRÜNDE MENOPOZ GÖRÜLÜR

*"Bir araştırmaya göre, bir köpeğinizin olması sizi on yaş gençleştiriyor.
Hemen aklıma iki köpek daha almak geldi, ama bir kez daha
menopoza girmek istemiyorum."*

Joan Rivers

Menopoz, bir kadının yumurtaları tükendiğinde oluşan bir durumdur. Yumurtalıklardan genellikle her ay bir veya daha fazla yumurta çıkar ya da başka bir deyişle *yumurtlanır*. Bu süreç kadının yaşamı boyunca yaklaşık 400 kez tekrarlanır ve çoğunlukla elli yaş civarında yumurtalar artık tükenmiş olur. (Şunu da belirtmeden geçmeyelim: Annenizin yumurtaları kendisi henüz annesinin karnında bir embriyonken, yumurtalıklarında mevcuttur; dolayısıyla bir anlamda hayatınıza annenizin değil büyükkannenizin içinde başlıyorsunuz.)

İşin ilginç, insanlar, ölmeden önce üreme potansiyeli son bulduğu bilinen sadece üç türden biridir. Diğer iki tür katil balinalar ile kısa yüzgeçli pilot balinalardır. (Kısa yüzgeçli pilot balinanın dişilerinin halini düşünün – menopozun sıkıcı semptomlarına katlandıkları gibi sıcak bastığında ancak kısa yüzgeçlerle kendilerini yelpazeleyebiliyorlar.)

Kadının üreme potansiyelinin ölümden önce son bulması yadırgatıcı bir olgudur, çünkü Darwin'in sözünü ettiği mücadeleyi kazananlar, en büyük sayıda yavru yaparak genlerini geleceğe en çok aktaranlardır. Yani ilk bakışta, evrimin son perde inmeden önce bir fazlasını yapabilen kadını avantajlı kılması beklenirdi. Öyleyse kadınlar neden 400'den fazla yumurta çıkarmıyor? Neden yaşamlarının sonuna kadar yetecek sayıda yumurta yapmıyorlar?

Bu bağlamda başka etkenler rol oynuyor olabilir. Hayatın ileri aşamalarında hem doğum yapmak daha risklidir hem de çocuğun genetik hastalıklar devralma ihtimali daha yüksektir. Ayrıca, bir çocuğu başarıyla büyütme çok enerji harcamayı gerektirir. Yaşlı bir kadın bu enerjiye yeterince sahip olamayabilir, hatta ölüp çocuğu annesiz bırakabilir. Birçok biyolog, kendi üreme yeteneğini sonlandıran kadının böylece çocuklarının çocuk yetiştirmesine yardımcı olma imkânı kazandığını düşünüyor. Bu yardım, torunlarının hayatta kalma şansını artırır ve kadının genlerini sonraki kuşağa ulaştırma olasılığını yükseltir. Kısacası, her şey bir maliyet ve kazanç hesabından ibaret: Kadının kendi gebeliği ve bunu izleyen çocuk yetiştirme sürecinin maliyetine karşılık torununun yetişmesine yardım etmenin kazancı. Belki de ikincisi ağır basmakta. Biyologlara göre büyükanneler özverili bir şey yapıyor – ama aslında bencillik nedeniyle.

Ancak, büyükanne hipotezini bu şekliyle kabul etmeyenler de var. Hipoteze itiraz edenler çocuklarının çocuklarını büyütme yardım eden ve genlerinin sadece dörtte birini aktarmış olan büyükannenin kazancının, genlerinin yarısını aktaracağı kendi çocuğundan vazgeçmeden doğan maliyeti aşmayacağını ileri sürüyor.

Kuşkusuz insan olmayan primat türlerinde dişiler yüksek yaşlara kadar üremeyi sürdürürken, onların kızları bebeklerin büyütülmesine yardım eder ve üreme sürecinden alıkonulmuş olur. Bu anlaşılır bir şey, çünkü kız çocuklar genlerin aktarıldığı bireylerin hayatta kal-

masını sağlamış oluyor. Ne var ki birçok insan toplumunda dişilerin içine doğdukları aileden ayrılması yaygın bir durumdur. Evrimsel açıdan kaynanalarına yardım etmeleri anlamlı değildir, çünkü kaynanalarının çocuklarıyla paylaştıkları genler yoktur. Diğer yandan, bir büyükanne gelininin çocuklarını büyötmeye yardım ettiğinde, kendi genlerini sonraki kuşağa aktarmaya yardımcı olacaktır. İngiltere'deki Exeter Üniversitesi'nden evrim biyoloğu Michael Cant şöyle diyor: "Kaynananın en iyi stratejisi üremeyi durdurmak, rekabette kaçınmak ve gelinin üremesine izin verip ona yardım etmektir."¹

Bilim insanları eşcinselliğin yaygınlığını açıklamak için de büyükanne argümanının bir benzerine başvurmaktadır. Genlerin ve onların kodladığı özelliklerin kuşaklar boyunca devam edip çoğalması ancak bir erkek ile bir dişi arasında gerçekleşen üreme yoluyla mümkün olduğuna göre, aynı cinsten eşler arasında cinselliği teşvik eden genlerin aslında hızla yok olması beklenebilirdi. Oysa eşcinsellik bütün kültürlerde sabit bir oranda –erkeklerde yaklaşık yüzde 3, kadınlarda yaklaşık yüzde 2– mevcut görünüyor.

Eşcinselliğin sürüyor olmasına dair bir açıklama, genetik bir bileşenle ilgilidir; bu bileşen bencil genlerin hedefi için doğrudan yarar sağlamadığı halde, böyle yararı olan bir genle birlikte bulunur. Doğal Dünya'da pek de nadir olmayan bir durum bu. Örneğin, insana sıtmaya karşı bağışıklık kazandıran bir gen vardır; eğer bir birey bu genin –fAy'dalı olan– bir kopyasına değil de biri anneden diğeri babadan gelen iki kopyasına sahipse, bunlar orak hücre anemisi denilen, kan hücrelerinin yassılaşıarak kılcal damarları tıkadığı çok ağırlı bir hastalığa yol açar. Orak hücre anemisi sürüp gitmektedir, çünkü onun nedeni olan gen, insan nüfusunun büyük kısmı için yararlıdır ve hayatta kalma şansını arttırmaktadır.

Tabii eşcinselliğin sürmesini mümkün kılan şey, eşcinsellerin genlerini sonraki kuşaklara aktarabiliyor olmasıdır. Her ne kadar

cinselliği birkaç farklı davranışla sınırlı sayma eğilimi olsa da aslında cinsellik yüzde 100 heteroseksüellikten ve biseksüellikten yüzde 100 eşcinselliğe kadar geniş bir yelpaze oluşturur. Tamamen eşcinsel olmayan kişiler de hayatlarının sadece belli bir bölümünde eşcinsel olanlar da vardır. Dolayısıyla, çocuk sahibi olabilirler. Eğer bu yeterince sık gerçekleşiyorsa, genlerinin sürekliliği sağlanacak ve eşcinsellik ortadan kalkmayacaktır.

Ama eşcinsellerin genlerini geleceğe aktarmasının daha akla yakın bir yolu da mevcuttur – ve bu noktada menopozun büyükanne-lik üzerinden açıklanmasına paralel bir durum söz konusudur. Eşcinseller genetik olarak kendileriyle bağlantılı çocukların –mesela erkek veya kız kardeşlerinin çocuklarının– büyütülüp yetiştirilmesine yardım ettiklerinde, aslında genlerinin geleceğe aktarılmasını garantiye almak üzere bencilce hareket ediyor sayılırlar. Biyologlar benzer bir argümana başka bir biyolojik gizemi anlamak için de başvuruyor: fedakârlık. Bireyler neden kendi hayatları pahasına başkalarının yaşamasını sağlıyor? Bu hususta da teori, fedakârlık gösteren kişinin daha büyük bir ihtimalle genetik bakımdan kendisiyle bağlantılı kişiler, yani yakın akrabalar için böyle davrandığını öne sürüyor. Bir kez daha: diğerkâmlığın açıklaması bencillik!

Kayıp Kabile

.....

İNSANLARIN HAYATTA KALMA BAKIMINDAN
NEANDERTALLER KARŞISINDAKİ
BELİRLEYİCİ AVANTAJI... DİKİŞTİ

.....

"Birçok çizgi filmde mağaralarda yaşayan maymun benzeri canlılar gibi tasvir edilseler de, Neandertallerin beyinleri bizimkinden biraz daha büyüktü. Onlar aynı zamanda ölümlerini gömdüklerine ve hastalara baktıklarına dair güçlü kanıtlar bırakmış ilk insanlardı."

Jared Diamond¹

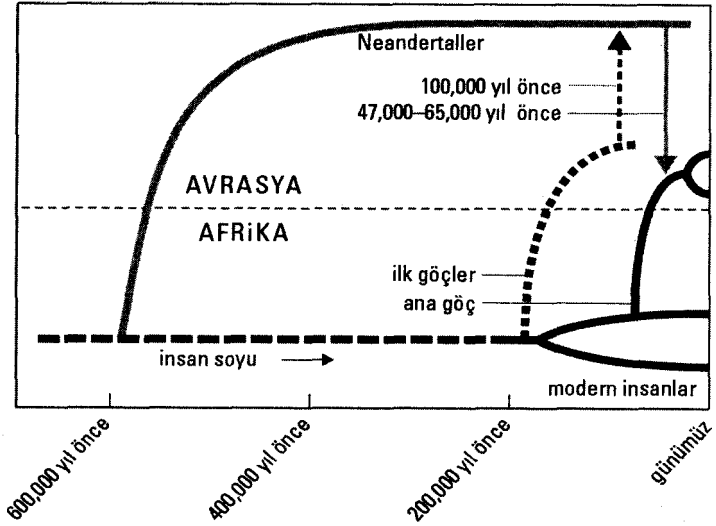
İnsanların hayatta kalma bakımından Neandertaller karşısındaki belirleyici avantajı... dikişti. Bu görüşü Londra Doğal Tarih Müzesi'nden Chris Stringer'den dinlemiştim. Stringer ilk insanların kemikten yaptığı pek çok iğne bulunmuş olduğuna ama Neandertallerden kalma bir iğneye hiçbir kazıda rastlamadığına dikkat çekiyor. Korkunç soğuk geçen buzul çağı kışlarında bebek elbisesi dikme becerisi sayesinde insan bebeklerinin yaşama şansı Neandertal akranlarından bir parça daha yüksek olduysa, bu fark Neandertellerin 40.000 yıl önce ortadan kalkmasına karşılık bizim atalarımızın hayatta kalmasını açıklayabilir mi?²

Neandertallere ait ilk fosiller 1829'da Belçika'da, Engis'te bulunmuştu. Ama Neandertallerin eski bir hominin türü olduğu ancak 1856'da, Almanya'nın Düsseldorf kenti yakınında buluna Neander Vadisi'ndeki bir taşocağında 40.000 yıllık bir örneğin bulunmasıyla anlaşılabildi.

Diğer homininler gibi Neandertallerin de kökeni Afrika'dadır. Ama Avrupa ve Asya'ya gelişleri modern insanlardan çok daha öncedir. Avrupa'da ve Asya'nın batısında yaşadılar, doğuda güney Sibirya'ya, güneyde Orta Doğu'ya kadar yayıldılar. Yeryüzünde var oldukları dönem 250.000 yıl öncesinden 40.000 yıl öncesine kadardır. Bu sürenin bir kısmını yaklaşık 130.000 yıl veya belki daha da önce sahneye çıkan modern insanlarla birlikte geçirdiler.³ Aslında DNA bulguları insanlarla Neandertallerin 600.000 yıl kadar önce ortak bir atadan geldiğine işaret etmektedir.⁴

Neandertaller genellikle mankafa görünümlü olarak betimlenmiştir, çünkü kafaları iri, alnın kaş kısmı öne çıkık, burunları kocamandır. Ancak beyinleri aslında bizimkinden çok az da olsa daha büyüktü. Bulgular hiç de aptal olmadıklarını, tersine, insanınkiyle boy ölçüşecek becerilere sahip olduklarını ortaya koyuyor. Alet yapıyor, yiyeceklerini pişiriyor, sanat eserleri yaratıyor, ölülerini törenle gömüyorlardı.⁵ Yani bize çok benzeyen insanlardı, ama daha tıknaz ve kaslıydılar. Bunun buzul çağındaki sert koşullarda hayatta kalmaya yarayan bir uyum sağlama biçimi olduğu sanılıyor, çünkü bir kişinin vücut yapısı ne kadar yoğunsa, çok değerli vücut ısısının cildinden dışarı kaçabileceği alan da o kadar küçük olacaktı.

Son Neandertallerin yeryüzünden silinişi 40.000 yıl önce olmuştu.⁶ Bu yok oluşa neyin neden olduğu, paleo-arkeolojin en dikkat çekici sorularından biridir. Pek çok olası cevaptan biri de Neandertallerin bebek giysisi dikemediğini öne çıkaran teoridir. Belki iklim değişikliklerine uyum sağlamada modern insan kadar başarılı olamamışlardı. Ya da belki modern insana karşı araziler ve av hayvanları için yürüttükleri rekabette kaybeden taraf oldular.



Buzul çağı kardeşleri: insanlar ve Neandertaller uzun bir dönem boyunca yan yana yaşadı ve melezleşerek ürediler.

Neandertallerin son derece sert olan buzul çağı koşullarında çok uzun süre başarıyla yaşadığı gerçeği, soruyu daha da çetrefil kılmaktadır. Görünen o ki mamut, bizon veya ren geyiği gibi büyük av hayvanlarını pusuya düşürüp öldürmekte ustaydılar. Ama işte bize en yakın insan akrabamız olan bu çok başarılı tür bir şekilde yeryüzünden silinip gitti – hem de hominin evrimi tarihi açısından göz açıp kapayana kadar denebilecek ölçüde kısa bir süre önce.

Ne var ki bu anlatılanlara eklemek gereken bir şey daha var: Afrika dışında yaşayan insanlarda % 2'ye yakın Neandertal DNA'sı olduğu saptanmış bulunuyor.⁷ Yani Neandertaller tamamen yok olmuş değil, insanlarla karışıp melezleşmişler. Şu anda bizimle birlikteler, aramızda dolaşıyorlar.

Kaçan Fırsat

AY'DAKİ İLK İNSANIN FOTOĞRAFI YOK

"Ay'da dururken dönüp ilk kez Dünya'ya baktığımda ağladım."

Alan Shepard (Apollo 14 astronotu)

NASA'nın kendi tahminlerine göre Apollo programı için yaklaşık 25 milyar dolar harcanmıştı. Yani bugünkü parayla 100 milyar dolardan fazla. Gel gör ki bu arada Amerikan uzay kuruluşu herhalde bütün zamanların en büyük fotoğraf fırsatını kaçırmıştı. Ay'daki ilk insan olan Neil Armstrong'un fotoğrafı yoktur. İkinci pilot ve Ay'a ayak basan ikinci insan Buzz Aldrin, Armstrong'un fotoğrafını çekmemişti.

Aslında tam da böyle değil. Ay'daki Neil Armstrong'un bir resmi mevcut – ama kameraya sırtı dönük olarak!¹ Ayrıca, Armstrong'un çekmiş olduğu, Aldrin'i Ay yüzeyinde gösteren ikonik fotoğrafta, kendisi de Aldrin'in kaskının siperliğinde küçük, beyaz bir görüntü olarak yansıyor. Ve tabii bir de Armstrong ile Aldrin'in Ay'da geçirdiği zamanı Dünya'ya aktaran siyah-beyaz televizyonların bulanık görüntüleri var. Ama işte hepsi bu. Başka bir Dünya'ya adım atmış –belki de sürünerek denizden karaya çıkmış ilk balık kadar önemli bir birey sayılabilecek– ilk insan, esas itibarıyla fotoğraflanmadan kalmıştır.



Kamera utangaçlığı: Başka bir Dünya'ya ilk adım atan insan olan Neil Armstrong yüzünü göstermiyor.

Aldrin bundan dolayı kınanmış değildir. Çünkü Armstrong'la birlikte Ay yüzeyinde geçirdikleri iki saat otuz bir dakikanın büyük kısmında, program gereği kamera Armstrong'da bulunuyordu. Motorlu Hasselblad 500 EL'den özel olarak uyarlanmış bir Hasselblad Electric Data Camera'ydı bu.² 70 milimetrelilik film ve bir polarizasyon filtresi kullanılıyordu. Astronotlar bu kamerayı göğüslerine takılmış halde taşımaktaydı. Vizör olmadığı için mercekten kadrāja giren görüntüyü tahmin etmek zorundaydılar.

Apollo 11 Ay uçuşu görevine çıkmadan önce Armstrong ve Aldrin'e evde alıştırma yapmaları için birer kamera verilmişti. Diğer yandan, Ay yüzeyi fotoğrafçılık açısından bazı özel zorluklar çıkar-maktaydı. Dünya'da güneş ışığı hava molekülleri tarafından dağıtılır, böylece keskinliği azaldığı gibi gölgelere doğru da biraz yayılabilir, gölgelik kısımlar tamamen siyah görünmez. Oysa Ay'da hava yoktur tabii. Kamera bir yanda göz kamaştıran aydınlık, diğer yanda mutlak

siyahlık ile mücadele etmek zorundadır ve bu ikisi arasındaki sınır bıçak gibi keskindir. Dolayısıyla pozometrenin işi hiç de kolay değildir.

Ama Ay yüzeyinin öyle tuhaf görünmesinin sebebi sadece ışık ile gölge arasındaki bu keskin tezettan ibaret değildir. Yeryüzünde ışığın havadaki tozlar üzerinden saçılması, uzaktaki nesnelerin soluk ve bulanık görünmesine yol açar. Bu durum bize nelerin uzak, nele-
rin yakın olduğuna dair çoğunun bilincinde olmadığımız çok önemli ipuçları sağlamaktadır. Ay'da atmosfer olmadığı için böyle ipuçları da bulunmaz. Ancak 20 metre ilerideki 20 metrelik bir tepecik ile 2 kilometre uzaktaki yüksekliği 2.000 metreyi bulan bir dağı ayırt etmek imkânsızdır. İşlem görmemiş fotoğraflar kavranması güç bir şekilde yadırgatıcı gelir bize.

Ay yüzeyinden alınan görüntülerin aktaramadığı bir diğer özellik de renklerdir: Fotoğraflanan Ay manzaraları sanılanın tersine hiç de gri ve donuk değil, ışıltılı gümüş, kahve ve altın renkleriyle bezeliler; ayrıca renkler kameranın açısına göre bir hayli değişiyor. Bütün bunlar Ay tozuyla ilişkili durumlar. Kıyılardaki taşlar ve kum taneleri durmadan yuvarlanıp birbirine sürtünür, perdahlanıp kayganlaşırlar ve minicik pürüzsüz çakıllara dönüşürler. Oysa Ay yüzeyinde böyle bir süreç gerçekleşmez. Onun yerine yüzey kesintisizce yağın çok küçük meteorların bombardımanına maruzdur. Bu minik toz taneleri çok yüksek bir hıza sahip olduğu için kayaları parçalar ve ısıtırlar, çakılardan çok eriyen kar tanelerini andıran toz zerreleri oluştururlar. Ay tozunun çentikli yapısı farklı açılardan gelen güneş ışığını çok farklı şekillerde yansıtır ve açığa göre çok farklı renklere görünmesine neden olur.

Bir zamanlar Ay'ın bazı kısımlarının çok kalın bir toz tabakasıyla kaplı olduğu düşünülüyor ve oraya inen bir uzay aracının gerçekten de ardında iz bile bırakmadan toza gömülüp kaybolacağından korkuluyordu. Örneğin Arthur C. Clarke'ın 1961 tarihli romanı *A Fall*

of Moondust'ta, Ay gemisi *Selene* tüm yolcularıyla birlikte Ay tozu denizine batar. Neyse ki Ay'daki kum bataklığına ilişkin korkular asılsız çıkmıştır.

Apollo ekiplerinin bildirdiğine göre Ay tozu barut gibi kokmaktadır. Üstlerindeki uzay giysilerine yapışan bu toz onların astronottan çok kömür madencileri gibi görünmelerine yol açıyordu. Maa- lesef Ay'a giden yegâne jeologun –son Ay uçuşu olan *Apollo 17*'ye katılan Harrison Schmitt– Ay tozuna karşı alerjisi olduğu anlaşıldı.³ Herhalde eve dönene kadar hapşırıp durmuştu!

Ay yüzeyinin mikro-meteorlar tarafından durmadan dövülüyor olması, Ay'daki “toprağın” yaklaşık 10 milyon yılda bir altüst olmasıyla sonuçlanmaktadır. Yani Ay'da gerçekleşen bu doğal “çiftçilik” nedeniyle, astronotların bıraktıkları ayak izleri her ne kadar muhtemelen insan soyundan daha uzun ömürlü olacaksa da sonsuza dek orada kalamaz.

Armstrong ve Aldrin ayak izlerini 20 Temmuz 1969'da Ay'daki Huzur Denizi'nde bırakmışlardı. Bundan 3,6 milyon yıl kadar önce de küçük bir hominin grubu, Tanzanya'da yer alan Laetoli bölgesindeki volkanik tozlarda ayak izlerini bırakmıştı.⁴ Başka hiçbir şey, insanların ne büyük bir mesafe kat ettiğini bu kadar çarpıcı bir şekilde gözler önüne seremez – ve tabii, eğer insanlığı yok olma tehlikesiyle karşı karşıya getiren küresel sorunlara çözüm bulamazsak, ne çok şey kaybedeceğimizi de.

KISIM ÜÇ

Dünyevi Şeyler

Doğanın Alfabesi

ALDIĞIN HER NEFESTE MARILYN MONROE'NUN
SOLUDUĞU BİR ATOM VAR

*"Bir afet sonucu tüm bilimsel bilgi ortadan kalksa ve sonraki canlı
kuşaklarına sadece tek bir cümle kalacak olsa, en az
sözcükle en çok bilgiyi ihtiva eden cümle hangisi olurdu?
Her şey atomlardan oluşmuştur."*

Richard Feynman¹

Yaklaşık MÖ 440'ta Yunan filozof Demokritos eline bir taş veya bir dal (veya belki de kırık bir çömlek parçası) alıp sordu kendine: Bunu ikiye ayırsam, sonra tekrar bölsem, böyle sonsuza kadar devam edebilir miyim? Yanıtın ne olduğu konusunda en ufak bir şüphesi yoktu. Maddenin sonsuzca bölünebileceği tasavvuru onun için kesinlikle aklın alamayacağı bir şeydi. Eninde sonunda ikiye bölünmesi imkânsız bir madde parçacığına varacağını düşünüyordu Demokritos. Ve Yunancada *a-tomos* sözcüğü "bölünemez" anlamına geldiğinden, bu parçalanamayan zerrelere *atomlar* adını verdi.

Aslında atomlar bölünemeyen zerrelerden ibaret değildi. Demokritos onların az sayıda farklı türlerinin olduğunu kabul ediyor-

du. Atomları değişik şekillerde kombine ederek bir gül, bir iskemle veya yeni doğmuş bir bebek oluşturmak mümkündü. “Öyle uzlaşıldığı için tatlı şeyler var, uzlaş gereği acı şeyler, sıcak ve soğuk şeyler, uzlaş gereği renkler var” diye yazmıştı Demokritos. “Ama gerçeklikte sadece atomlar ve boşluk vardır.”

Bu olağanüstü güçlü bir fikirdir. Etrafımızdaki şeylerin karmaşıklığının bir yanılsama olduğunu kabul eder. Dünya'nın kılıfının altında, her şey basittir aslında. Karmaşıklık sadece bir avuç temel yapıtaşının sonsuz sayıda farklı biçimde kombine edilmesiyle yaratılmaktadır. Her şey bu kombinasyonlarda yatar. Atomlar doğanın Lego parçalarıdır.

Demokritos'un doğanın temelde basit olduğu fikri, modern bilimi yönlendiren inanış olmuştur. Evrenin derinlerde neden basit olması gerektiğini kimse bilmez. Ama pastanın ispatı onun yenmesidir. Nitekim son birkaç yüzyılda bilim insanları Dünya'nın dayanağı olarak giderek daha basit ve temel fizik yasaları buldular.

Demokritos atomların çok küçük olması gerektiğini biliyordu, çünkü çıplak gözle görülmeleri imkânsızdı. Artık biliyoruz ki şu cümlelerin sonundaki noktayı meydana getirmek için 10 milyon atomu uç uca eklemek gerekli. Yirminci yüzyılın başında atomların varlığına dair pek çok dolaylı kanıt mevcuttu. Örneğin bir gazın uyguladığı basınç, kabın duvarlarına sayısız minik parçacığın –teneke bir dama düşen yağmur damlaları gibi– çarpmasıyla açıklanabilir. Ne var ki yakın bir zamana kadar kimse bir atomu görmüş değildi.³

1980'de Zürih'teki IBM firmasında çalışan Heinrich Rohrer ve Gerd Binnig bir taramalı tünelleme mikroskobu [scanning tunneling microscope] ya da kısa adıyla bir STM yaptı. Tıpkı kör bir insanın başka birinin yüzünde parmaklarını gezdirerek o yüzün resmini çıkarması gibi STM de bir yüzeydeki atomların yapısını resmetmek için o yüzey boyunca dolaştırdığı çok ince bir iğnenin yukarı-aşağı

hareketlerini kaydeder. Bu bilgilere dayanarak oluşturulan bilgisayar görüntülerinde atomlar minik futbol topları ya da sandıklarda istiflenmiş portakallar gibi görünmektedir.

Rohrer ve Binnig STM'yi icat ettikleri için 1986'da Nobel Fizik Ödülü'nü kazandı. Tabii Demokritos'un yaşadığı devirde Nobel Ödülleri verilmiyordu. Yine de Demokritos doğrulanmasından en uzun zaman önce öngöründe bulunmuş kişi olarak *Guinness Rekorder Kitabı*'na girmeyi kesinlikle hak ediyor.

Ama bütün bunların asıl özeti şu: Her nefes alışımızda içimize belli bir miktar hava çekeriz. Basit olsun diye bu miktara bir avuç diyelim. Böyle kaç avuç dolusu havayı bir araya yığarsak, Dünya atmosferinin hacmi kadar eder? Belli ki cevap çok yüksek bir sayıdır. Ama şunu da biliyoruz ki tek bir avuç dolusu havada bulunan atomların sayısı, atmosferi dolduracak hava dolu avuç sayısından fazladır. Ve böyle olunca, aldığınız her nefeste Marilyn Monroe'nun solumuş olduğu bir atom var demektir. Ya da Julius Caesar'ın. Ya da yeryüzünde yaşamış en son Tyrannosaurus rex'in.

Kaya Süngeri

DENİZ GELGİTLE YÜKSELDİĞİNDE,
KUYULARDAKİ SU SEVİYESİ ALÇALIR

*"İnsanların meselelerinde bir gelgit var, kabardığı zaman talihe götürüyor.
Gel gör ki hayatlarının tüm yolculuğu sığıklara ve sefaletle gömülü."*

William Shakespeare, *Julius Caesar*

Bir kuyudaki suyun seviyesinin denizde gelgit kabarması olduğunda düştüğünü, deniz çekildiğinde ise yükseldiğini biliyor muydunuz? Bu durum yaklaşık MÖ 100'den beri biniyor. O zamanlar Yunan filozof Poseidonios bunu İspanya'nın Atlas Okyanusu kıyısında fark etmişti. Yaptığı gözlemlere ait özgün notlar kayıptır. Ama Yunan coğrafyacı Strabon *Geographica* adlı eserinde o bilgileri aktarır: "Gades'teki [Cádiz] Heracleium [tapınağında] bir kuyu var, sadece birkaç basamak inince suya ulaşılıyor (içilebilen güzel bir su) ve bu su denizin kabarıp alçalmasına ters yönde hareket ediyor, çünkü met zamanı kuyunun suyu çekilirken cezir zamanı dolup yükseliyor."

İnanması zor, ama Poseidonios'un bu gözlemi iki binyıl boyunca açıklanamadı. Ancak 1940'ta Amerikalı jeofizikçi Chaim Leib Pekeris bu duruma yol açan olguyu fark edebildi: Ay'ın çekimi sadece

denizlerde değil kayalarda da gelgit yaratmaktadır (daha kesin ifade etmek gerekirse, gelgitin nedeni hem Ay'ın hem de Güneş'in çekim gücüdür, ama ayın Güneş'in çekiminin iki katıdır).

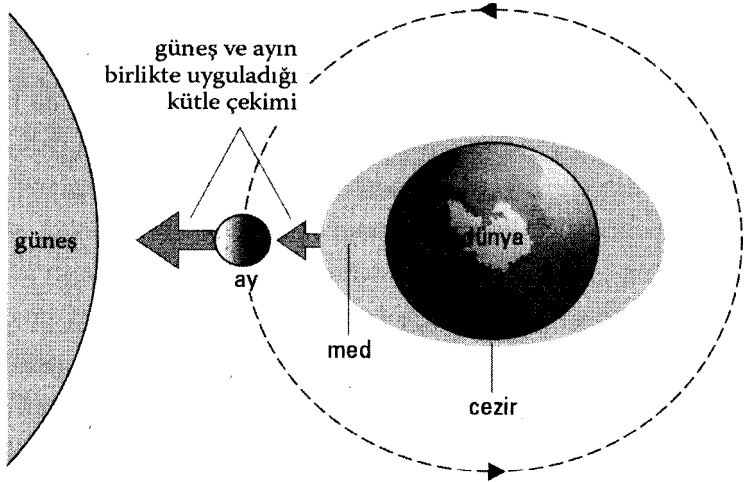
Yeryüzünün Ay'a daha yakın kısımlarında Ay'ın çekim gücü nedeniyle gelgitlerin Dünya'nın şeklinde bir bozulma meydana getirdiğini ilk kez Isaac Newton fark etmişti. Okyanusun tam Ay'ın altında kalan kısmını düşünün. Yüzeydeki su deniz yatağındaki sudan daha fazla çekilecektir. Bu fark denizin Ay'a doğru kabarmasına neden olur. Benzer bir etki de, Dünya'nın tam ters tarafında, Ay'a en uzak kısımda meydana gelmektedir. Ve Dünya iki kabarıklık arasında dönmeye devam ederken, deniz sularının yukarı çekilip tekrar aşağıya dönmesiyle her noktada günde iki defa gelgit olur.

Ancak, Ay aynı zamanda yeryüzünün katı kısımlarında da bir gelgit kabarmasına yol açar. Kayalar sulardan çok daha sert olduğu için bu kabarmayı fark etmek güçtür. Poseidonios'un yaptığı gözlemin açıklaması şöyledir: Bir kuyunun çevresindeki zeminin içi, kolayca tahmin edilebileceği gibi suya doygunudur. Islak bir sünger gibi. Sünger met zamanı yukarıya doğru uzadığında kuyudan su emer, böylece kuyudaki su seviyesi düşer; cezir zamanı yeniden aşağıya doğru büzüldüğünde ise suları kuyuya geri iterek seviyeyi yükseltir.

Kaya gelgitlerinin günümüze ait bir örneği, Cenevre yakınında yer alan Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'dır [Large Hadron Collider – LHC]. Kısa adıyla LHC atom-altı parçacıklar için 26,7 kilometre uzunluğunda, halka şeklinde bir yarış pistidir. Bu halkada ters yönde dönen proton demetleri ışık hızının yüzde 99,9999991'i büyüklüğünde bir hızla çarpıştırılmaktadır. Böylece Temmuz 2012'de ortaya Higgs alanının "kuantumu" olan ve diğer tüm atom-altı parçacıklarına kütle kazandıran efsanevi Higgs parçacığını oluşturdular.

LHC daha eski bir hızlandırıcı olan Büyük Elektron-Pozitron Çarpıştırıcısı'yla [Large Electron-Positron Collider – LEP] aynı

tüneli kullanmaktadır. LEP'de çalışan fizikçiler 1992'de tuhaf bir durumla karşılaşmıştı. Dönen elektron ve pozitronları tünelde tutabilmek için bunların enerjisini günde iki defa yeniden ayarlamak zorunda kalıyorlardı. Halkanın çevre uzunluğu günde iki defa 1 milimetre kadar değişmekteydi. Bir süre akıl karışıklığı yaşayan fizikçiler sonunda bunun nedenini buldular: halkanın altındaki kayanın Ay tarafından bir çekiliyor, bir sıkıştırılıyor olması!



Hem Ay'ın hem de Güneş'in çekimiyle yeryüzündeki denizler gelgit sırasında kabarır. Ay'ın etkisi Güneş'ininkinin iki katı büyüklüğündedir.

Derin Darbe

.....

DİNOZORLAR BİR ASTEROİT TARAFINDAN
YOK EDİLİRKEN, İLK UYARIDAN SONRA ON
SANİYELERİ BİLE YOKTU

.....

"Dinozorlar yok olup gitti, çünkü bir uzay programına sahip değillerdi."

Larry Niven

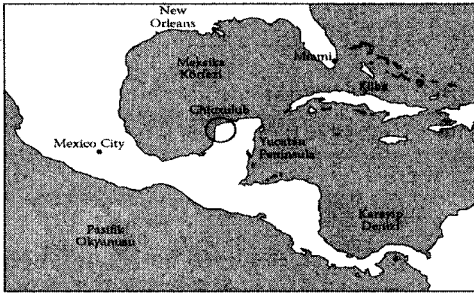
66 milyon yıl önce Dünya'ya çarparak dinozorları silip süpüren şehir büyüklüğündeki asteroit hem küçüktü hem de kömür gibi siyahtı.¹ Yaklaşmakta olduğuna dair gökyüzünde hiçbir belirti yoktu, ancak atmosferin en üst katmanına girdikten sonra hava sürtünmesi nedeniyle ısınıp akkor haline gelince görülmesi mümkündü. Saniyede yaklaşık 17 kilometre hızla yol alıyordu, dolayısıyla yere çarpması için gereken zaman 10 saniye bile değildi. İşte dinozorlar ancak bu kadar uyarı alabilmişti.

Dünya'nın dışarıdan aldığı darbeler aslında şaşırtıcı derecede çoktur. 1908'de birkaç ev büyüklüğünde bir cisim Sibirya'daki Tunguska Nehri'nin 5 kilometre kadar yukarısında patlamış, 2.000 kilometrekarelik orman alanını yerle bir etmişti. Patlamanın gücü yaklaşık 1.000 Hiroşima'ya eşdeğerdi. Daha yakın zamandaki bir olay

da 2013'te, Rusya'daki Çelyabinsk'in üstünde gerçekleşen, 7 megatonluk bir H-bombası gücündeki patlamaydı.² Öte yandan, bu gibi cisimlerin Dünya'ya her yüzyılda belki bir kez, çapı bir kilometre kadar olanların ise ancak yarım milyon yılda bir çarpması beklenirken, neyse ki 66 milyon yıl önce düşmüş asteroit kadar büyük olanların sadece yüz milyon yılda bir defa yolumuza çıkacağı düşünülüyor.

Sözü geçen dönemde felakete yol açmış bir çarpmaya dair ilk kanıtlar, Amerikalı fizikçi Luis Alvarez'in yönetimindeki bir ekip tarafından elde edildi. 1980'de bu ekip bir iridyum tabakası keşfettiğini bildirmişti. İridyum elementi bütün yerkürede yaşı yaklaşık 66 milyon yıl olan katmanlarda karşımıza çıkar.³ Yeryüzünde fazla bulunmayan iridyuma meteoritler gibi dünya-dışı maddelerde tersine bolca rastlanmaktadır. Bu nedenle Alvarez ve ekibi 66 milyon yıl önce Dünya'ya bir asteroidin çarptığı ve dinazorların sonunu getirdiği sonucuna varmıştı.

Daha sonra Orta Amerika'da, Yucatán Yarımadası kıyısındaki Chicxulub'da çapı 180 kilometreye varan yarı-gömülü bir kraterin keşfedilmesi, bu görüşe destek sağladı. Bulunan parçaların incelenmesi ve önceki hallerinin araştırılması orada bir çarpma olduğunu doğrulamıştı ve tarihleme iridyum tabakasıyla örtüşüyordu.



Öğle karanlığı: 66 milyon yıl önce Chicxulub'a çarpan asteroit fosil yakıt yataklarını ateşlemiş, çıkan dumanlar günü geceye döndürmüştü.

Ama hâlâ yanıt bekleyen sorular var. Çarpma olayından önce de dinazorlar milyonlarca yıldır gerileme halindeydi. Muhtemelen bu durum, bugünkü Hindistan'da bulunan Deccan Tuzakları'ndaki dev patlamayla bağlantılıydı. O dönemde püsküren lavlar 500.000 kilometrekareye dağılmıştır ve kalınlığı yer yer 2 kilometreyi bulmaktadır. Patlamayla açığa çıkıp atmosfere karışan sülfür dioksit güneş ışınlarını atmosfere geri yansıtmış olmalıdır; bu yüzden gezegen soğumuş, dinazorların içinde yaşadığı ekosistem zorlanmıştır. Yani görüldüğü kadarıyla dinazorların soyu 66 milyon yıl önce zaten tükenme yolundaydı. Chicxulub'a çarpan asteroit öldürücü son vuruşu yaptı.

İşin tuhafı, çoğu dinazor türü silinip giderken –bugünkü kuşlara varan kol bunun istisnasıdır– genellikle çevresel bozulmanın barometresi olarak görülen amfibiler hayatta kalabilmiştir.⁴ Asteroidin Dünya'ya çarpmasından sonra dinazorları tam olarak neyin öldürdüğü ise bir tartışma konusudur. Her ne kadar çarpmayla ortaya çıkan enerji en büyük hidrojen bombasından bir milyon kat fazla olsa da sonuçta bölgesel bir olaydı. Bir teoriye göre, bu büyük gücün okyanusa çarpmasıyla muazzam bir tsunami oluştu. Ve asteroitlerde çok bulunan nikel gibi metaller de herhalde toksik yağmurlara neden olmuştu. Ne var ki en son araştırmalara bakılırsa, dinazorlar düpedüz şanssızdı.

Chicxulub'daki çarpma bölgesi petrol ve benzeri hidrokarbonlar bakımından oldukça zengindi. Bu, Dünya yüzeyinin sadece yüzde 13'ünde görülen bir özelliktir. Büyük bir ihtimalle bölgedeki yağlı maddeler çarpma sonucunda alev almış, stratosferi isli bir duman bulutuyla doldurmuştu.⁵ Yüksekteki bu maddenin yağmur olarak yağıp tükenmesi yıllar almış olmalıdır. Herhalde Dünya'yı bir örtü gibi kaplamış, güneş ışığını engelleyip filtrelemiş ve bütün gezegeni ölümcül bir kışa sürüklemişti.

Bugün bizler, tarihte ilk defa Dünya dışından kaynaklanan çarpmaların yarattığı tehlikeyi fark etmiş bulunuyoruz. Araştırmalar, yö-

rüngeleri yeryüzününkinden geçen ve potansiyel olarak felakete yol açabilecek on binlerce cismin varlığını saptadı. Ama doğruca üstümüze gelmekte olan bir asteroide karşı koyabilecek bir teknolojiye sahip değiliz. Öyle bir asteroidi parçalamayı amaçlayan bir uzay operasyonu, ortaya aynı ölümcül uçuş yolunu izleyen bir yığın daha küçük parçanın çıkmasından başka işe yaramaz. Asteroide iniş yapmak daha iyi bir stratejidir. Belli bir yöne madde fırlatılırsa, asteroit ters yöne itilmiş olur. Bu roket etkisi aylar veya yıllar sonra cismi bir miktar iterek tehlikeli rotadan saptırabilir. Böyle bir uzay teknolojisi henüz ufukta görünmediği için dinazorlar kadar şanssız olmamayı ummak zorundayız. Ve bir de, eğer birden yaşayacak on saniyemiz kaldığını fark edecek olursak ne yapacağımızı düşünmeye başlayabiliriz!

Güneş Işığının Sırrı

TAHMINLERİN TERSİNE,
DÜNYA BİR ENERJİ KRİZİYLE KARŞI KARŞIYA DEĞİL

"Kolay olan tek şey entropidir."

Anton Çehov

Dünya ne kadar güneş enerjisi yakalıyor? Cevap şaşırtıcı: hiç. Gezenimiz tarafından yolu kesilen güneş enerjisinin tümü, ışın halinde geri gitmekte.¹ Eğer böyle olmasaydı, Dünya durmadan ısınır ve yüzeyi erimiş, yapışkan bir çamura dönüşürdü.

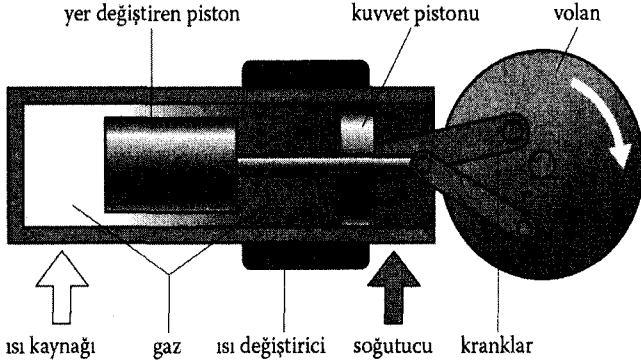
Peki Dünya'daki her şeyin, özellikle de bizim küreselleşmiş teknolojik uygarlığımızın güç kaynağı güneş enerjisi değilse, nedir? Sorunun cevabı, "güneş enerjisinin *kullanılabilir* olanı" şeklindedir – ve bu ikisi arasındaki ayrım hem ince hem de derindir. Nitekim Dünya'nın Güneş'ten gelen enerjiyi nasıl kullanıp sonra geri tükürdüğünü anlamaya yönelik çabalar, fiziğin en önemli konularından birini oluşturuyor: *termodinamik*.

Dikkate almak gereken ilk nokta, Güneş'ten gelen ışık parçacıklarının, yani fotonların, Güneş yüzeyindeki olağan sıcaklığa (5.500 °C), buna karşılık Dünya tarafından uzaya geri gönderilen fotonların ise Dünya yüzeyinin olağan ortalama sıcaklığına (20 °C) sahip olduğudur.

Bu fotonların enerjisini doğrudan ve anlaşılır bir şekilde karşılaştırmak için Kelvin sıcaklık skalasını kullanmamız gerek. Mümkün en düşük sıcaklık olan 0 Kelvin, -273°C 'a tekabül eder.² Güneş fotonları yaklaşık 5.800 Kelvin, Dünya'nınkiler ise yaklaşık 300 Kelvin'dir. Yani Dünya'nın gönderdiği fotonların enerjisi, Güneş'ten gelenlerin enerjisinin $300/5.800$ 'ü –kabaca yirmide biri– kadardır. Dünya net olarak hiç enerji emmediğine göre, demek ki Güneş'ten aldığı her bir yüksek enerjili fotona karşılık olarak yirmi düşük enerjili foton yayar.

Tek bir şeyle uğraşmak, birçok şeyle uğraşmaktan daha kolaydır. Dolayısıyla, tek bir fotonun yirmi fotona kıyasla daha basit, daha düzenli bir şey olduğunu söyleyebiliriz. Ve bir düzene sahip enerji kaynaklarının bir şeyler yapmak –ya da fizik diliyle konuşursak, “iş” yapmak– için düzensiz kaynaklardan daha iyi olduğu görülmüştür. Başka bir deyişle, Güneş'ten alınan bir foton, Dünya'nın geri yolladığı yirmi fotondan daha yararlıdır.

Tam bu noktada buhar makineleri dünyasında küçük bir yolculuk yapmamız gerekecek. Sanılanın aksine, buhar makineleri sadece on dokuzuncu yüzyılda Sanayi Devrimi'ne güç katmış olmakla kalmaz, aynı zamanda gerçekten evrensel bir öneme sahiplerdir. “Buhar makinesinin çalışma esası, sindirimden sanatsal yaratıcılığa kadar tüm edimlerimizin özünü yakalamaktadır.”³ Kimyacı Peter Atkins'in böyle söylemesinin nedeni, buhar makinelerinin çok temel bir düzeyde enerjinin nasıl iş gördüğünü gözler önüne seriyor olmasıdır. O kadar iyi çalışırlar ki termodinamik konusu başlangıçta onları inceleyerek gelişmiştir.



Evrendeki her süreç son kertede buhar makinesinin işleyişine indirgenebilir. Yüksek sıcaklıktaki ısı bir pistonu veya başka herhangi bir şeyi hareket ettirerek “iş” görür – ve sonunda sıcaklığı düşer.

Bir buhar makinesinde, yüksek sıcaklıktaki buhar hareketli bir duvarı, yani bir “pistonu” hava basıncına karşı iter. İşini tamamlayan buhar yoğunlaşarak daha düşük sıcaklıkta suya dönüşür. Esas itibarıyla olan şudur: Yüksek enerjiye sahip bir şey (bu durumda yüksek sıcaklık) iş yapıp sonunda düşük enerjili hale (düşük sıcaklık) gelmektedir.

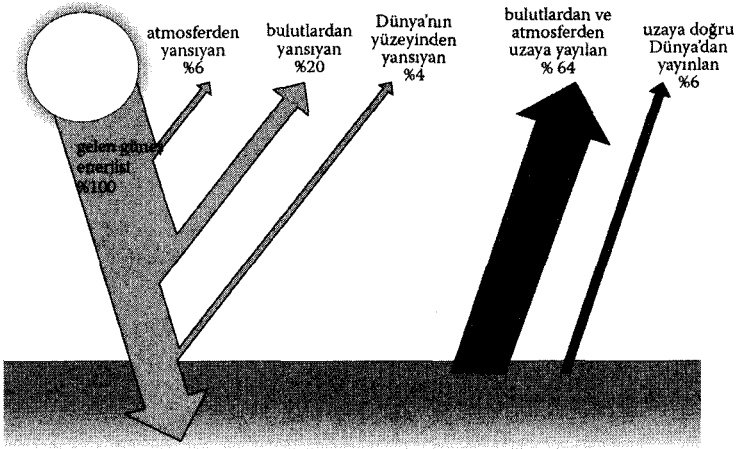
Aslında sıcaklık dediğimiz, mikroskobik boyuttaki rastgele hareketin bir ölçümüdür. Buhar (su) molekülleri çok öfkeli bir arı sürüsü gibi büyük bir hızla her tarafa uçmaktadır: sıcak buharın basınç oluşturmasının nedeni işte budur. Moleküller pistona çarparak onu ileri iterken, rastgele hareketlerinin bir kısmını pistona aktarmış olurlar ve bu yüzden giderek yavaşlarlar. Böylece sıcaklık azalır ve sonunda buhar suya döner.

Eğer buharın ısı enerjisinin tümüyle işe dönüştüğünü düşündüyseniz, yanıldınız demektir. Çünkü moleküllerin bir kısmı pistonla aynı yönde hareket edip onu iterken bir kısmı böyle yapmaz. Bu noktada temel bir sonuca varmış bulunuyoruz: Enerji hiçbir zaman

yüzde 100 verimlilikle yararlı işe dönüştürülemez.

Enerjinin yararlı iş yapabilen, kullanılabilen kısmına *ekserji* diyoruz. Düşük sıcaklıktaki enerji, aynı miktarda yüksek sıcaklıktaki enerjiye kıyasla daha az ekserjiye sahiptir. Değersizdir, bir şey yapma yeteneği kalmamıştır. Bir buhar makinesindeki yoğunlaşmış su için olduğu kadar, Dünya'dan uzaya geri yansınan fotonlar için de durum budur. Kısaca söylersek yeryüzünde Güneş'in yüksek ekserjili fotonları alınıp sayısız biyolojik ve teknolojik süreçte –ki bunların her biri temelde küçük bir buhar makinesiyle aynı şey sayılır– kullanılmaktadır, böylece yararlı iş yapma yetenekleri emilip tüketilir ve sonunda çok daha yararsız olan düşük ekserjili bir biçimde uzaya geri gönderilirler.

Entropi kavramını belki duymuşsunuzdur. Entropi bir sistemdeki örneğin belli bir hacme sahip buhardaki dağınıklığın, düzensizliğin bir ölçümüdür. Şöyle düşünelim. Yüksek sıcaklıktaki ısı enerjisi gürültülü bir restoran gibidir. Buna yeni enerji eklemek, lokantanın kapısında durup içeriye doğru bağırarak olacaktır. Seslenişimiz dikkat çekmeden kalır, yani gürültülü düzensizliği pek arttırmış olmaz. Buna karşılık düşük sıcaklıktaki ısı enerjisi sessiz bir kütüphaneye benzer. Restorandakiyle aynı miktarda enerji eklediğimizde, bu defa kapı aralığında durarak kitap okuyan birine seslenmiş oluruz. Aynı şiddetteki bir bağırış, kütüphanenin sessizliğini bozar, büyük bir düzensizliğe yol açar.



Dünya'nın Güneş'ten aldığı tüm enerji uzaya geri gönderilmektedir.

Isı enerjisi ne zaman bir buhar makinesinde (veya yeryüzünün sayısız süreçlerinden birinde) iş görse, sonuçta daha düzensiz, yani entropisi daha fazla olan düşük sıcaklıkta ısı ortaya çıkacaktır. Ve düzensiz ısının yararlı bir iş yapma yeteneği daha azdır. Bu da ekserjinin tersi, madalyonun öbür yüzüdür (yüksek entropili enerjinin ekserjisi düşüktür ve bunun tersi de geçerlidir).

Şimdi yine güneş enerjisi ile kullanılabilir güneş enerjisi arasındaki o önemli ayrıma dönelim: Dünya net olarak güneş enerjisi kullanmıyor olsa da Güneş'ten gelen enerji yeryüzünde iş *yapmaktadır*. Ve bunu her yaptığında, o enerjinin iş yapma kapasitesi tükenir. Esas itibarıyla güneş enerjisi ölümüne çalışıp sonunda iskartaya çıkarılmakta, uzaya geri fırlatılmaktadır.

KISIM DÖRT

**Güneş Sistemi'ne
Ait Şeyler**

Kütle Meselesi

.....
 GÜNEŞ MUZDAN YAPILMIŞ OLSA BİR ŞEY FARK ETMEZDİ

*"Güneş yanmakta olan bir taş küblesidir,
 Yunanistan'dan biraz daha büyüktür."*

Anaksagoras, MÖ 434

Güneş muzdan yapılmış olsa bir şey fark etmezdi. Yani fazla bir fark olmazdı. Asıl mesele, Güneş'in neden sıcak olduğu. Ve sıcak olmasının nedeni şaşırtıcı derecede basit: Çok fazla kütlesi var. Güneş çekirdeğinde bulunan her şey oradaki malzemeyi sıkıştırmaktadır. Ve bir bisiklet lastiğini şişirirken pompadaki havayı sıkıştıran herkesin bildiği gibi sıkışan şeyler ısınır. Güneş'in merkezindeki sıcaklık yaklaşık 15 milyon derecedir. Böyle bir sıcaklıkta madde eriyip dağılır, *plazma* denilen şekilsiz, belirsiz bir hal alır. Çekirdeğe karışan madde her ne olursa olsun, sonunda varacağı durum budur.

Güneş'in milyar kere milyar kere milyar ton ağırlığındaki kütlesi daha çok hidrojenden oluşmuştur. Ama bir yere milyar kere milyar kere milyar tonluk mikrodalga fırını veya milyar kere milyar kere milyar ton muz da koysanız, ortaya Güneş kadar sıcak bir şey çıkacaktır. Asıl önemli nokta şudur: Güneş'in ağırlığını belirleyen, içerdiği maddenin miktarıdır, hangi madde veya maddeler olduğu değil.

Ama bu, Güneş'in belli bir anda neden sıcak olduğunu açıklar sadece, nasıl olup da sıcak kaldığı ayrı bir sorudur. Güneş durmadan uzaya ısı gönderdiği halde sıcaklığında önemli bir değişme görülmez. Demek ki kaybettiği ısıyı aynı hızla yenileyen bir şey var.

Her şeyde buhar gücünün kullanıldığı bir çağ olan on dokuzuncu yüzyılda, Güneş'i bir kömür yığını olarak düşünmek doğal bir tasavvurdu. Ama bir problem vardı bunda: İskoç kökenli İrlandalı bilim insanı Lord Kelvin'in hesaplamalarına göre enerji kaynağı kömür olan bir Güneş'in yaklaşık 5.000 yılda yanıp kül olması gerekiyordu. Ve bu, Kutsal Kitap'ı ayrıntılı bir şekilde analiz ederek Dünya'nın (ve dolayısıyla Güneş'in) MÖ 23 Ekim 4004'te, sabah saat 9.00'da doğduğunu hesaplamış olan İrlandalı başpiskopos James Ussher için bile yeterli değildi. Jeolog ve biyologların gözünde hiç yeterli olmayacağı ise kesindi.

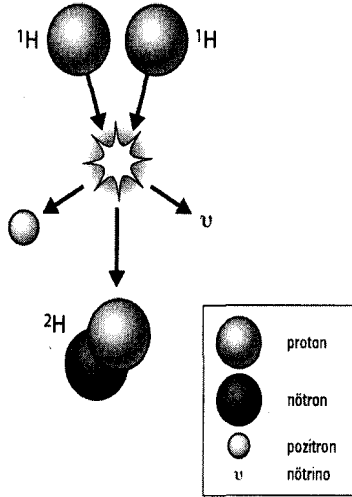
Dağ zirvelerinde deniz canlılarının fosillerini bulan jeologlar, makul bir çıkarsamayla bu dağların bir zamanlar denizlerin altında yer aldığı sonucuna varmıştı. İnsan hayatı dağların büyüdüğünü görmeye yetmiyordu, belli ki bir dağın en büyük yüksekliğe ulaşması için on milyonlarca yıl geçmesi gerekiyordu. Biyologların daha da geniş zaman aralıklarına ihtiyacı vardı. Charles Darwin bugün büyük bir bolluk arz eden canlıların bir doğal seçim süreciyle basit bir ortak atadan ayrışarak ortaya çıktığını gösteren, gözleme dayalı pek çok kanıt sunmuştu. Yaşadığı süre içinde hiç kimse bir türün biçim değiştirerek başka bir türe dönüştüğünü göremediğine göre, demek ki Darwin'in sözünü ettiği süreç özene bezene son derece yavaş ilerliyordu ve yüz milyonlarca, hatta milyarlarca yıla ihtiyacı vardı.

Güneş Sistemi'nin doğuşundan kalma inşaat molozları olan göktaşlarının *radyoaktif tarihlemesi* Dünya'nın ve bundan hareketle Güneş'in 4,5 milyar yaşında olduğunu göstermiştir. Başka bir deyişle, Güneş bir kömür yığını olsaydı sürebileceği ömrün bir milyon katı uzunluğunda bir zamandan beri vardır. Yani Güneş'e enerji

sağlayan her ne ise, kömürden bir milyon kez daha yoğun bir enerji kaynağıdır. Ve yirminci yüzyılın başlarında böyle bir kaynak gün yüzüne çıkmıştır: nükleer enerji.

Güneş en hafif atom olan hidrojenin çekirdeklerini (nuclei) ikinci en hafif atom olan helyumla kaynaştırır; ilk ve son ürün arasındaki kütle farkı, Einstein'ın ünlü formülü $E=mc^2$ 'ye uygun şekilde, güneş ışığı enerjisi olarak ortaya çıkmaktadır. Bu süreç nedeniyle Güneş, geçen her saniye içinde 1 milyon filin ağırlığı kadar hafifliyor (bir karşılaştırma yapabilmek için en büyük hidrojen bombasının yaklaşık bir kilogramlık kütle-enerjiyi –başlıca ısı olmak üzere– başka enerji formlarına dönüştürdüğünü belirtelim).

Güneş'te gerçekleşen ve güneş ışığı üreten bu nükleer tepkimeler sıcaklığa karşı son derece duyarlıdır; Güneş biraz soğuduğunda yavaşlar, ısındığında hızlanırlar. Ama çok fazla ısı üretecek olurlarsa, ısınan bütün gazlar gibi Güneş'in gazı da genişleyerek soğur ve nükleer tepkimeleri bastırıp engellemeye başlar; tersine, üretilen ısı çok azsa, gaz büzüşüp ısınır ve nükleer tepkileri hızlandırır. Yani Güneş'in bir termostatu var ve neticede nükleer reaksiyonlar Güneş'i tamı tamına yalnızca kütlesi tarafından belirlenmiş olan sıcaklıkta tutuyor. İnanması zor, ama Güneş'in sıcaklığı enerji kaynağının ayrıntılarına bağlı değil (işte bu yüzden, muzdan yapılmış bile olsa merkezdeki sıcaklığı değişmeyecekti).



Güneş'teki nükleer tepkimeler hidrojeni helyuma dönüştürür ve güneş ışığını meydana getirir; bu tepkimelerdeki proton-proton zincirinin ilk adımı için yaklaşık 10 milyar yıl gerekmektedir.

Bir helyum çekirdeğini bir araya getirmek için gerekli ilk adım, iki hidrojen çekirdeğinin Güneş'in tam ortasında çarpışması ve birbirine yapışmasıdır. Bu süreç yaklaşık 10 milyar yıl sürer, dolayısıyla Güneş toplam 10 milyar yıl parlayacaktır, yani henüz ömrünün ortalarında. Güneş'te gerçekleşen bu nükleer reaksiyon, belki de düşünülebilecek en verimsiz nükleer reaksiyondur. Midenizi bir düşünün ve Güneş çekirdeğinin midenizle aynı boyutta ve aynı biçimde olduğunu hayal edin. Mideniz daha hızlı enerji üretecektir! Öyleyse Güneş nasıl bu kadar sıcak kalabiliyor? Cevap, Güneş'in midenizle aynı boyut ve şekle sahip bir madde topağından ibaret olmadığı, ama böyle katrilyonlarca topağın yığılmasından oluştuğudur.

Bir yaz günü Güneş yeniden cildinizi ısıttığında, Güneş'teki nükleer tepkimelerin akıl almaz derecede verimsiz oluşuna şükredin. Onların bu yavaşlığı sayesinde Güneş, sizinki gibi karmaşık bir yaşamın evrimleşebilmesi için gereken milyarlarca yıl boyunca ısımaya devam edebiliyor.

Katil Güneş

.....

BİR ZAMANLAR YERYÜZÜNDEKİ İNSANLAR BİR GÜNEŞ
PATLAMASININ ELEKTRİĞİYLE ÇARPILARAK ÖLMÜŞLERDİ

.....

*"Bir güneş patlaması veya bir nükleer savaş olursa, sizi bin kavanoz
şalgam turşusu bile kurtaramaz."*

Sarah Lotz¹

Bütün Dünya'da telgraf operatörlerini elektrik çarptı ve Ekvator'a yakın yerlerde kan kırmızısı bir *aurora borealis* [kutup ışığı] görüldü, öyle parlaktı ki insanlar gece yarısı gazete okuyabiliyordu.² Carrington olayı dediğimiz, adını Londra'nın güneyinde Güneş'teki bir patlamayı fark etmiş olan amatör astronom Richard Carrington'dan alan ve Kew'daki bir manyetometrenin çılgınca hareketlenmesiyle aynı ana rastlayan bu durum, Güneş'le ilgili fikirlerimizi kalıcı olarak değiştirmiştir.³ 1 Eylül 1859'a kadar yıldızımızın yeryüzünü sadece çekim gücüyle ve tabii sıcak ışınlarıyla etkilediğini sanırdık. O tarihten itibaren Güneş yüzeyindeki ya da diğer adıyla *fotosferdeki* müthiş gerilme ve sarsılmaların gezegenimize yıkıcı etkiler yaratan manyetik roketler fırlatabildiğini biliyoruz.

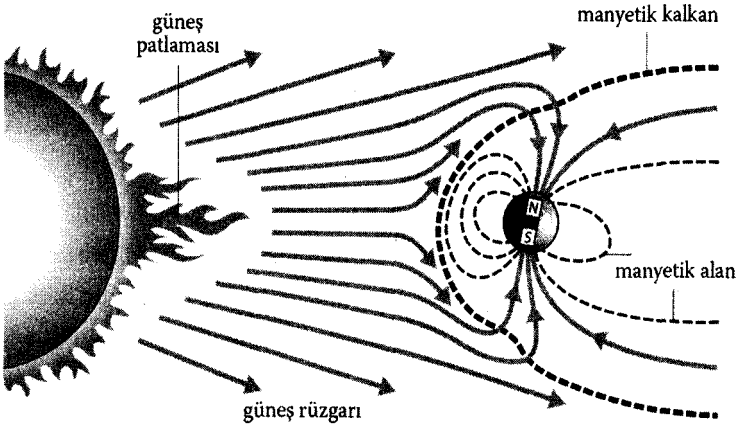
1920'lerde Britanyalı astrofizikçi Sir Arthur Eddington sadece Güneş'in dev bir gaz topu olduğunu varsayarak onun iç yapısı hakkında sonuçlar çıkarmış ve merkezindeki sıcaklığın 10 milyon dereceden fazla olduğunu belirtmişti. Bu yaklaşımın anahtarı olan düşünce şuydu: Güneş fark edilebilir ölçüde genişlemediğine veya küçülmediğine göre, içindeki her kısım tam bir denge halinde olmalıydı. Bu *hidrostatik denge* durumunda Güneş'i oluşturan maddenin her topağını çeken yerçekimi gücüne karşı, Güneş'in sıcak gazı o topağı dışarıya doğru iten eşdeğer bir kuvvet uyguluyor olsa gerekti. Gerçi artık biliyoruz ki Güneş'in sıcaklığı hidrojenin nükleer füzyon yoluyla helyuma dönüşmesinden kaynaklanır ve güneş ışığı da bu sürecin bir yan ürünüdür; ama işin ilginç, Eddington çıkarsamalarını yaparken güneş ısısının kaynağı hakkında herhangi bir bilgiye ihtiyaç duymamıştır. Bölüm 15'te Güneş merkezindeki sıcaklığın esas itibarıyla sadece Güneş'in kütlesine bağlı olduğu, aynı kütleye sahip muz, paslı bisiklet veya çöpe atılmış televizyon yığınları da olsa, sıcaklığın değişmeyeceği belirtilmişti.

Eddington'ın Güneş'i öngörülebilir, biraz donuk ve sıcak bir gaz topuydu. Ama onun bir manyetik alana sahip olduğu bilgisi her şeyi değiştiriyor. Bu olgu, bize en yakın yıldız olan Güneş'i en uç fizik deneylerinin gerçekleştiği öngörülemez, kaynayıp köpüren, patlayıcı ve son derece şaşırtıcı bir laboratuvar haline getiriyor.

Manyetik alanlar hareket eden elektrik yükleri tarafından oluşturulur. Sıradan bir çubuk mıknatista sadece atomların içindeki elektronlar hareket eder ama atomlar sabittir. Güneş'i anlamamız açısından can alıcı bir nokta, onun olağan bir gaz olmadığıdır: Güneş, atom çekirdeklerinden ve elektronlardan oluşan, elektrik yüklü bir gaz ya da plazmadır. Ve Güneş plazmasında manyetik alanlar meydana getiren hareketli elektrik yükleri, bir çubuk mıknatistaki atomların tersine, serbestçe hareket etmektedir. Bu hareket man-

yetik alanı değiştirir, o da elektrik yüklerinin hareketine karşı etkiye bulunur, bu karşı etki manyetik alanı yeniden değiştirir ve böyle sürüp gider... Güneş lekelerinin kıvrımlarından muazzam Güneş patlamalarına kadar Güneş'le ve manyetik alanlarla ilgili sayısız olgu, sıcak plazma ile manyetik alan arasındaki bu karmaşık etkileşime bağlı sonuçlardır.

Ama aslında bir önemli bileşen daha var. Güneş katı bir cisim değildir. Dış kısmı iç kısmından farklı bir hızla döner, hatta dış kısımların farklı bölgeleri de farklı hızdadır. Dolayısıyla Güneş'teki manyetik alanlar durmadan eğilip kıvrılmakta, bükülmüş lastik bantlar gibi enerji biriktirmektedir.



Bir bakıma Dünya Güneş'in atmosferinde dönmektedir. Dünya'nın manyetik kalkanı onu Güneş'in yıkıcı olabilecek aşırı etkilerinden korur.

Manyetik alan halkalarının yüzeye çıktığı yerlerde güneş lekeleri görüyoruz. Bunlar hemen daima çift halinde görülür, çünkü Güneş yüzeyinin bir noktasında ortaya çıkan halka diğer bir noktadan tekrar içeri girer. Böyle kıvrılan bir manyetik alan ani bir

hareketle yeniden diğer alanlara bağlanır, serbest kalan enerji son derece sıcak olan plazmayı on binlerce kilometre uzağa savurarak bir güneş patlaması meydana getirir. Hatta saatte bir milyon mille Güneş'ten dışarıya doğru esen kasırgalar –güneş rüzgârları– oluşturarak Güneş'in manyetik alanını Güneş Sistemi'nin içlerine taşırlar. Yani dünya, kelimenin tam anlamıyla Güneş'in atmosferi içinde dönmektedir. Aslında bu atmosferin sonu en dış gezegenin bile çok uzağındadır; orada güneş rüzgârı kar yığınlarına dalan bir kar küreme makinesi gibi yıldızlararası ortama çarpar. 25 Ağustos 2012'de, NASA'nın 1977'de fırlatmış olduğu uzay sondası *Voyager 1*, galaksimizin yüksek enerjili parçacıkları olan kozmik ışınlarda güçlü bir artış saptamıştı, böylece insan yapımı bir araç ilk kez Güneş atmosferinin dışına çıkmış ve gerçek anlamda yıldızlararası uzaya varmış oluyordu.

Güneş'i anlamak akademik bir çabadan öte bir şeydir. Yeryüzünde yaşayabilmemiz, belki de bize en yakın yıldızın uzay'da yarattığı hava durumunu doğru tahmin edebilmemize bağlı. Güneş benzeri başka yıldızlarla ilgili araştırmalar bunların –kuşkusuz çok seyrek olsa da– Dünya gibi bir gezegeni yakıp kül edebilecek muazzam patlamalar yapabildiğini ortaya koymuştur. Daha ciddi bir endişe kaynağı, Koronal Kütle Atımları'dır (KKA), aslında bunlara *koronal manyetik püskürmeler* demek daha doğru olurdu. İlk kez ancak 1970'lerde fark edilen KKA'lar, çok büyük miktarlarda güneş plazması ve manyetik alanların roketle benzeyen bir şekilde uzaya fıskırmasıdır. Yaklaşık Everest Dağı kadar kütleye sahip bir şeyin, yolcu uçaklarının 500 katı bir hızla uzaya fırlamasından söz ediyoruz. Kayıtlara geçmiş güneş olaylarının en şiddetlisi olan Carrington olayının da bir KKA olduğu artık biliniyor.

1859'da Dünya henüz elektrikli teknolojilere bağımlı değildi, do-

layısıyla KKA uygarlığa önemli bir zarar vermedi. Bir de bugüne bakın! Elektrik şebekelerine yayılan manyetik alanda olan değişimler, donanımları eritecek kadar kuvvetli akımlara yol açabilir. Nitekim 1859'da böyle bir *endüksiyon* telgraf operatörlerinin çarpılmasına neden olmuş, 13 Mart 1989'da ise Quebec'te yaşanan büyük bir elektrik kesintisi 6 milyon insanı karanlıkta bırakmıştı.⁴ Ama günümüzde asıl büyük tehdit, gezegenimizi yoğun bir halka halinde çevreleyen ve hayatlarımızın büyük ölçüde bağlı olduğu uydulara yöneliktir. İletişim uyduları, meteoroloji uyduları, Küresel Konumlandırma Sistemi –yani GPS– uyduları (ki bunlar sadece nerede olduğumuzu bilmeyi sağlamakla kalmayıp küresel finans işlemlerinde de çok önemli bir rol oynamaktadır) hep tehlike altındadır. Zengin ülkelerde gelecekteki KKA'lara karşı altyapıyı güçlendirme çabaları başlamış bulunuyor. Ne olursa olsun, hayatımızı borçlu olduğumuz Güneş'in bizi bir anda elektrik öncesi çağa döndürebileceğini bilmek, insanın aklını başına getiren uyarıcı bir düşüncedir.

Başka Günlerin Işığı

.....

BUGÜNKÜ GÜNEŞ IŞIĞI 30.000 YAŞINDA

.....

"Güzel anılar başka günlerin ışığını getiriyor yanıma."

Thomas Moore

Bilim tarihindeki en ilginç görüntülerden biri, lacivert bir arka planın önündeki kumlu, sarı-turuncu bir lekedir. Halka açık bir konferans verdiğimde bu resmi büyük bir perdede yansıtıp insanlara ne gördüklerini sorduğum olur. Patlayan bir yıldızdan bir atoma veya erimiş bir metal topa kadar çok çeşitli yanıtlar alabiliyorum böyle durumlarda. Eğer kimse doğru cevabı verememişse –neyse ki çoğu zaman veremiyorlar– olabildiğince dramatik bir havaya bürünerek diyorum ki: "Bu Güneş'in bir görüntüsü... gece çekilmiş."

Mutlaka biri çıkıp "Dur hele!" diyor. "Güneş gece ufkun altında kalmaz mı?"

"Kesinlikle. Resim yukarıya, göğe bakarak çekilmemiş. 8.000 mil boyunca katı kayaların içinden aşağıya doğru, Dünya'nın öbür tarafındaki Güneş'e bakarak çekilmiş. Işıkla değil, nötrinolarla."

Nötrinolar hayaletimsi atom-altı parçacıklardır, Güneş'in kalbinde gerçekleşen ve güneş ışığını ortaya çıkaran nükleer reaksiyonlar tarafından son derece büyük sayılarda üretilirler. Başparmağı-

nızı kaldırın: Her saniye tırnağınızın içinden geçen nötrino sayısı yaklaşık 100 milyardır. Ama bunun farkına bile varmazsınız, çünkü nötrinoların tipik özelliği, inanılmaz derecede asosyal olmalarıdır. Olağan maddelerin atomlarıyla neredeyse hiç etkileşime girmezler. Nötrinoları tespit etmenin tek yolu, çok büyük sayıda atom içeren bir detektör yaparak bu atomlardan hiç değilse bir tanesinin bir notrinoyu durdurma ihtimalini yükseltmektir.

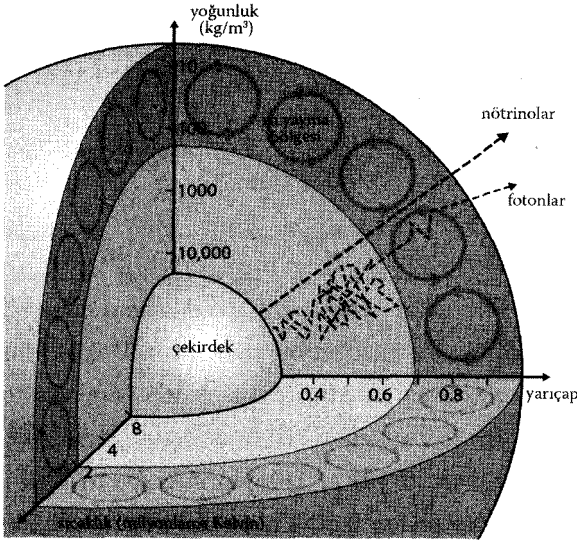
Dünya'nın içinden bakarak görülen Güneş resmi, Süper Kamio-kande nötrino detektörü tarafından kaydedilmişti. Japon Alpleri'nin derinliklerindeki bir oyukta dev bir haşlanmış fasulye konservesi düşünün, içi 50.000 ton suyla dolu olsun. Çok seyrek olarak, detektörün içinde dolaşan bir Güneş nötrinusu bir su molekülündeki hidrojen çekirdeğiyle yani bir protonla etkileşime girer. Ortaya çıkan atom-altı parça suyun içinde patlayıp süpersonik bir şok dalgasının ışık eşdeğerini oluşturur. Böyle bir "Çerenkov ışımasının" resmini görmüş olmanız oldukça muhtemel. Atom reaktörlerinin yakınındaki göletlerde depolanan radyoaktif atıklardan çıkan mavi ışıltıdır bu.

Süper Kamiokande'nin dev konserve kutusunun iç duvarı, 50 santimetre çapında ampullerle kaplanmış gibidir. Bunlar "fotoçoğaltıcı tüpler" de denilen ışık detektörleridir ve sayıları 11.146'dır. Hangilerinin hangi sırayla tetiklendiğini gözlemleyen fizikçiler, böylece Çerenkov ışıması yaratan bir nötrinonun izlediği yolu belirleyebilmektedir.

Ama detektörün ayrıntılarına girmek gerekmiyor. Önemli nokta şu: Nötrinolar maddeyle o kadar az etkileşir ki Güneş'ten çıktıktan sonra engelsizce yolculuk ederler. Güneş'in ortasından yüzeyine kaddaki yolları da düz bir çizgi şeklindedir. Ve sadece iki saniye sürer. Yüzeye ulaşan nötrinoların uzay'da ilerleyip Dünya'ya varması ise yaklaşık 8,5 dakikada gerçekleşir.

Tekrar kaldırın başparmağınızı. Şimdi parmağınızdan geçen nötrinolar 8,5 dakika kadar önce Güneş'in merkezindeydi.

Şimdi, nötrinoları yine Güneş'in ortasında nükleer tepkimeler tarafından oluşturulan ışıkla karşılaştıralım. Mermi gibi sayısız parçacığın bir akışı olan ışık, Güneş'ten çıkana kadar büyük zorluklar çeker. Fotonlar Noel zamanı kalabalık bir caddede alışverişe çıkmış insanlar gibidir. Düz bir çizgide ilerleyemezler, zikzaklar yapmak zorundadırlar. Güneş'in içindeyken, başka bir yöne saptırılmadan önce asla bir santimetreden fazla yol kat edemezler. Hatta Güneş'in içindeki yolculukları öyle zorludur ki dışarı çıkmaları nötrinolar gibi iki saniye değil, yaklaşık 30.000 yıl sürer. Sonra da 8,5 dakikada Dünya'ya ulaşırlar.



Güneş'in merkezinden yüzeyine kadar nötrinoların yolculuğu yalnızca 2 saniye sürerken fotonların (ışığın) yolculuğu yaklaşık 30.000 yıl sürer.

Dolayısıyla bugünkü güneş ışığı yaklaşık 30.000 yaşındadır. Son buz çağıının ortasında yaratılmışlardır.¹

Düşmenin Kısa Tarihi

ÖYLE GÖRÜNÜMÜYOR BELKİ, AMA AY SÜREKLİ OLARAK
DÜNYA'YA DOĞRU DÜŞMEKTE

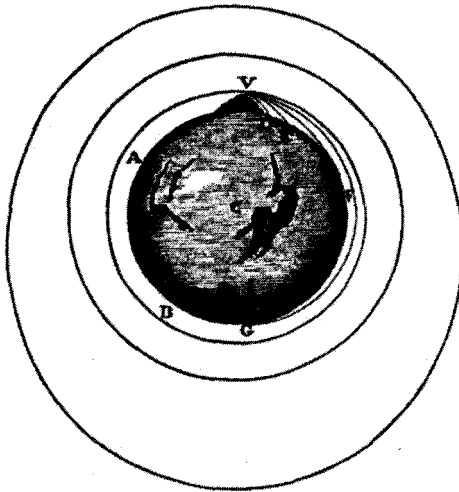
*"Uçmanın püf noktası,
kendini yere doğru bırakıp isabet ettirememeyi öğrenmektir."*

Douglas Adams¹

Uydular neden yere düşmüyor? Okul çocuklarının bana birçok kez sorduğu bir soru bu. Ve şaşırtıcı bir cevabı var: Düşüyorlar aslında – ama asla yere ulaşmıyorlar! Hiç de apaçık denemeyecek bu olguyu on yedinci yüzyılda ilk fark eden kişi Isaac Newton'du. Tabii o sırada aklında yapay uydular yoktu, Dünya'nın doğal uydusu olan Ay'ı düşünüyordu. Onun neden Dünya'nın etrafında döndüğünü sordu ve aşağıdaki açıklamalara ulaştı.

Bir topun yatay yönde bir gülle fırlattığını düşünün. Yerçekimi nedeniyle gülle aşağıya doğru bir kavis çizecek ve mesela 100 metre sonra yere çarpacaktır. Ama bir de, çok daha büyük bir topun çok daha yüksek bir hızla gülle fırlattığını hayal edin. Aşağıya doğru kavislenip zemine çarpmadan önce bu gülle daha uzağa gider – belki bir kilometre uzağa. Ve şimdi de bütün topun anası olabilecek

devasa bir top düşünün, attığı güllenin hızı saatte 28.080 kilometre olsun. Böyle muazzam bir hız söz konusu olduğunda, Dünya'nın top şeklinde olması çok büyük önem kazanır. Dünya'nın yüzeyi de güllenin yere doğru kıvrılmasıyla aynı hızda kavis çizerek ondan uzaklaşır. Bu yüzden gülle hiçbir zaman yere çarpmaz. Bir daire çizerek durmadan düşmeye devam eder.



Newton'ın Principia adlı kitabındaki gülle hareketini gösteren çizim: Yatay olarak fırlatılan bir nesne yerçekimi tarafından aşağıya çekilir. Ama eğer yeterince hızlıysa, düşme hızıyla eşit bir hızda fırlatılmışsa, Dünya ondan uzağa doğru kıvrılır ve nesne hiçbir zaman yere çarpmaz.

Newton'a göre Ay da aynı şeyi yapıyor, daire çizerek sürekli düşüyordu.² Günümüzde *Uluslararası Uzay İstasyonu* [International Space Station] tarafından Newton'ın haklı olduğunu gösteren kanıt sağlanmış bulunuyor. İşin ilginç, istasyonun yörüngesinin bulunduğu yükseklikte yerçekimi Dünya yüzeyindeki yüzde 90'ı kadardır. Oradaki astronotların kendilerini ağırlıksız hissetmesi genellikle sanıldığı gibi yerçekimi olmadığından değil, düşmekte ol-

dukları içindir.³ Eğer kablosu kopan bir asansörde olacak kadar bahtsizsanız, bu cümlemin ne kadar doğru olduğunu gayet iyi anlarsınız.

Newton Ay'ın düşmekte olduğunu kavradığında, hayal gücünü cesurca bir atılımla çalıştırdı. O zamana kadar hâkim olan anlayışa göre yeryüzünde geçerli olan yasalar bütünü ile gökyüzünün yasaları farklıydı. Newton hem göğün hem de yerin tamamen aynı yasaların hükmü altında olduğunu ileri sürdü. Özel olarak, bir elmanın ağaçtan yere düşmesine neden olan aynı yerçekiminin, Ay'ın da Dünya'ya doğru düşmesine neden olduğunu iddia etti.

İki kuvveti karşılaştırarak evrensel yerçekimi yasasının nasıl işlediğini saptamayı başardı. Yerçekiminin *ters kare kanununa* uyduğunu keşfetti. Yani iki kütle arasındaki çekim kuvveti, aralarındaki mesafe iki katına çıkarıldığında dört kat, üç katına çıkarıldığında dokuz kat azalıyordu, vb.

Newton evrensel çekim yasasını 1665 ve 1666 arasındaki “muzcize yılda” bulmuştur. Cambridge veba tehdidi altındayken üniversiteyi bırakıp Woolsthorpe, Lincolnshire'deki güvenli aile evine sığındı. Oradaki bu mecburi sürgün sırasında sadece yerçekiminin sırrına ermekle kalmadı, aynı zamanda güneş ışığının tüm gökkuşağı renklerinden oluştuğunu keşfetti ve kalkülüs matematiğini bulup geliştirdi.

Gariptir ama Newton çekim yasasından neredeyse yirmi yıl kimseye söz etmemiştir. Bu keşfi kamuoyuyla paylaşmaya Newton'ı teşvik eden kişi, bugün en çok kendi adı verilmiş bir kuyruklu yıldız vesilesiyle bilinen Edmund Halley'dir. Halley Londralı dostları Christopher Wren ve Robert Hooke arasında bir tartışma başlatmak istiyordu; tartışmanın konusu, ters kare kanununa tabi bir kuvvetin etkisi altında hareket eden bir cismin nasıl bir yol izleyeceğiydi.⁴ 1684'te Cambridge'e, Newton'ın yanına gidip bu büyük adama danıştı. Newton “Nasıl olacak,” dedi hiç duraksamadan, “böyle bir

cisim elips şeklinde ilerler. Ben kanıtladım bunu.”

Ancak ne kadar uğraşırsa uğraşsın, Newton bu ispatı odasındaki kâğıt yığınlarının içinde bir türlü bulamıyordu. Halley’e hesaplama-yı yeniden yapıp Londra’da kendisine göndereceğine dair söz verdi. Ve sözünü tuttu. Halley birkaç ay sonra adresine ulaşan dokuz sayfalık risaleyi –*On The Motion Of Bodies In Orbit* [Yörüngedeki Cisimlerin Hareketi Üzerine]– görünce serseme dönmüştü, çalış-masını derhal yayınlaması için Newton’a ısrar etti. Ama Newton buna yanaşmıyor, yerçekimi ve hareketle ilgili bütün fikirlerini bir kitapta sunacağını söylüyordu. Böylece, on sekiz aylık muazzam bir çabanın sonunda, bilim tarihindeki yegâne rakibi Charles Darwin’in *Türlerin Kökeni* adlı kitabı olacak *Principia* ortaya çıktı.⁵

Dünya'nın Peşindeki Gezegen

BİR ZAMANLAR DÜNYA'YI ÇEVRELEYEN BİR HALKA VARDI

*"Hangisi daha önemli: Güneş mi, Ay mı?
Elbette Ay – Güneş gündüz parlar, ortalık zaten aydınlıkken."*

Rus bilmecesi

Ayın kökeni, uzun zaman çözölemeyen bir bilmece olmuştur. Güneş Sistemi'ndeki tüm gezegenler arasında sadece Dünya, büyüklüğü kendi büyüklüğüne bu denli yaklaşan bir uyduya sahiptir. Ay'ın çapı Dünya'nınkinin dörtte biri kadardır, böyle olunca Dünya ve Ay daha çok bir çift-gezegen sistemine benzemektedir.

Görünen o ki Güneş Sistemi'ndeki gezegen uydularının iki farklı kökeni var. Bir kısmı sadece gezegenlerden birine fazla yaklaşıp onun çekim gücüne kapılmış uzay döküntüleri. Diğerleri ise tıpkı gezegenlerin yeni doğmuş Güneş'in etrafında dönüp duran kendi artıklarının yoğunlaşıp sıkışmasından oluşması gibi yeni doğmuş gezegenlerden kalan toz disklerinin donup katılaşmasıyla ortaya çıkmıştır. Bu iki sürecin ürünü olan uydular bağlı oldukları gezegenden çok daha küçüktür, Ay da Dünya'dan küçüktür ama aradaki fark diğer gezegenler ve uydularına kıyasla çok daha azdır. İşte bu

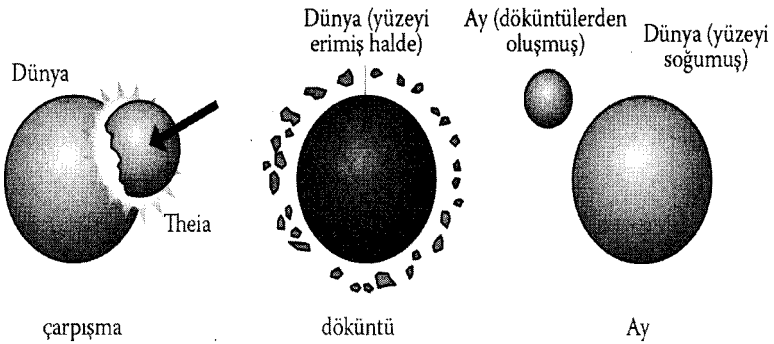
nedenle, gezegenleri araştıran bilim insanları Ay'ın oluşumu hakkında tümüyle farklı ve benzersiz bir mekanizma varsaymaktadır.

Dünya'nın 4,55 milyar yıl önce ortaya çıkışından kısa bir süre sonraki halini tasavvur edin. Güneş Sistemi tehlikeli bir yer. Dev uzay kayaları –gezegenlerin yapıtaşlarıdır bunlar– hâlâ ortalıkta dolaşüyor, etrafta uçuşuyorlar. Bu *gezegenimsi cisimlerden* biri –yani bugünkü Mars boyutlarında bir kütle– diğer hepsinden daha tehlikeli. Doğruca Dünya'nın üstüne doğru geliyor. Olası bir çarpışma öyle şiddetli olur ki Dünya'nın bütün dış yüzeyi eriyip uzaya saçılır ve Dünya'nın etrafında bir halka oluşturur.

Ayin işte böyle ortaya çıktığını düşünenler çoktur. Bu yönde en önemli kanıt da Apollo astronotları sağlamıştı. Uzay gemilerine alıp getirdikleri Ay kayaları, Ay'ı oluşturan malzemenin yerkabuğuna dikkat çekici ölçüde benzediğini gösteriyordu ve bu kayalar yeryüzündeki en kuru kayalardan bile daha kuruydu, sanki çok yüksek bir ısı içerdikleri tüm suyu çekip almıştı. Bütün bunlar mega-çarpışma fikriyle bağdaşan şeylerdir. Ama bir sorun vardı: Mars boyutunda bir cisim Dünya'ya böyle bir darbe indirdiğinde, ortaya Ay'ın çıkması için bu darbenin çok düşük bir hızda gerçekleşmesi gerekiyordu, aksi takdirde Dünya paramparça olurdu. Oysa Güneş'in etrafında dönen yakın veya uzak cisimler bunun olamayacağı kadar hızlı hareket eder.

Yine de Büyük Sıçrama teorisi denilen söz konusu açıklama geçerli olabilir, bunun için Mars kütleesindeki –Theia adıyla anılan– o cismin dünyayla aynı yörüngede yer almış olması gerekmektedir. Eğer cismin yörüngesi sabit bir *Lagrange noktası*'nda, Dünya'nın 60 derece arkasında veya 60 derece önünde bulunmuşsa, bu mümkündür.¹ Oradan geçmekte olan bir cismin uyguladığı yerçekimi yüzünden dünyayla çarpışacağı bir yörüngeye girene kadar geçen milyonlarca yıl boyunca, Theia sırasının gelmesini bekledi. Dünya'nın peşindeki onun izini süren bir gezegen olarak.

Theia'nın çarpmasıyla Dünya'nın etrafında ortaya çıkan halka uzun ömürlü olmamıştı. Halkayı oluşturan yıkıntılar hızla soğudu ve gittikçe katılaşarak yepyeni bir gök cismine dönüştü: ay. Yeni uydu ilk zamanlar gezegenimize bugün olduğundan on kat daha yakındı ve 1.000 kat daha yüksek gelgitlere neden oluyordu. Ama böyle gelgitler meydana gelirken dünya-ay sisteminden enerji çekilmekteydi.² Bu durum Dünya'nın dönüşünü yavaşlattı ve Ay bugünkü konumuna ulaşana kadar Dünya'dan uzaklaştı.



Büyük sıçrama: Doğumundan kısa süre sonra Dünya'ya bir gök cismi çarptı. Theia Dünya'nın dış kısmını sıvılaştırarak bir miktar maddenin dışarıya savrulmasına yol açtı, daha sonra bu parçalar birleşerek Ay'ı meydana getirdi.

Dünya ve Ay'dan enerji çekilmeye devam ediyor. Ve Ay hâlâ Dünya'dan uzaklaşmakta – yılda 3,8 santimetre kadar. Yani yaşadığınız süre zarfında bir otomobil boyu kadar uzağa gitmiş olacak. Bunu biliyoruz, çünkü Amerikan ve Rus uzay araçlarının Ay yüzeyine bıraktığı yansıtıcılara lazer ışığı gönderebiliyoruz. “Köşe-küp” denilen bu yansıtıcılar, ışığı tamı tamına geldiği yönde geri yansıtma özelliğine sahip. Dolayısıyla, ışığın yerden Ay'a gidiş süresi bilindiğinde, ışık hızı da belli olduğu için Ay'ın Dünya'ya olan mesafesi hesaplanabilir.

Ay yüzeyine bırakılmış olan köşe-küpler, insanların Ay'a hiç gitmediğini iddia eden komplo teorisyenlerini açıkça yalanlamaktadır. Bunlar Amerikalıların insanlı *Apollo 11, 14 ve 15* uçuşları ile Rusların gerçekleştirdiği insansız *Lunokhod 1 ve 2* seferleri sırasında yerleştirilmişti.

Lunokhod 2'nin yansıtıcısı arada sırada iş görmektedir. *Lunokhod 1*'in taşıdığı yansıtıcı ise neredeyse kırk yıldır kayıptı. Ama bir süre önce Lunar Reconnaissance Observer tarafından bir görüntüsü kaydedildi. Yansıtıcının koordinatları New Mexico'daki bilim insanlarına bildirildi. Onlar da 22 Nisan 2010'da iniş bölgesine bir lazer ışığı fırlattı; sonuç şaşırtıcıydı: 2.000 ışık parçacığı, yani foton geri dönmüştü.

İstisnai ölçüde büyük olan ayımız, Dünya'daki yaşam için son derece önemliydi. Böyle büyük bir uydunun uyguladığı yerçekimi, Dünya'nın dönüşünü dengelemektedir. Dünya –dönen bir topaç gibi– devrilmeye yüz tuttuğunda Ay onu çekip doğrultur. Bu tür yalpalamalar yeryüzüne düşen güneş ışığında da değişiklik yaratacağından, Ay Dünya'nın ikliminde de istikrar sağlamaktadır. Oysa büyük bir Ay'ı bulunmayan Mars, yıkıcı iklim değişiklikleri yaşar. Milyarlarca yıl boyunca istikrarlı bir iklim olmasaydı Dünya'da yaşam asla gelişemezdi.

Gezegeneğimizin büyük uydusu aynı zamanda gelgitlere neden olarak günde iki kez deniz kenarlarında geniş toprak parçalarının yükselmesini ve kurumasını sağlar. Çok uzun bir zaman önce, kara-ya çıkıp evrimleşen balıkların akciğerleri olmuştu. Sonuçta bu gelişme canlıların karalara yayılmasını sağladı.

Hatta ayımız bilimin ilerlemesine de yardımcı olmuştur. Tam güneş tutulmaları sırasında güneş gölgelenir, güneş diskine yakın yıldızlar görünür hale gelir. Böylece 1919'da bir yıldız ışığının Gü-

neş'in çekim gücü nedeniyle büküldüğü gözlemlenebildi; Einstein'ın yerçekimi teorisinin temel bir öngörüsüydü bu bükülme. Isaac Asimov 1972'de kaleme aldığı "The Tragedy of the Moon" [Ayın Trajedisi] adlı makalesinde daha da ileri gitmiş, Ay Dünya'nın değil Venüs'ün uydusu olsaydı, bilimin 1.000 yıl önce gelişeceğini ileri sürmüştür.³ Asimov'a göre, insanlar Venüs'ün etrafında dönen bir Ay olduğunu görmüş olsaydı, Dünya'yı yaratılışın merkezi sayan yermerkezli anlayış hiçbir zaman tutunamazdı – ve Kilise farklı düşünenleri susturamazdı.

Lütfen Ez Beni

.....

GÜNEŞ SİSTEMİ'NDE –AĞIRLIK FARKI GÖZARDI EDİLEREK
KARŞILAŞTIRILDIĞINDA– EN ÇOK ISI ÜRETEN CİSİM
GÜNEŞ DEĞİLDİR

.....

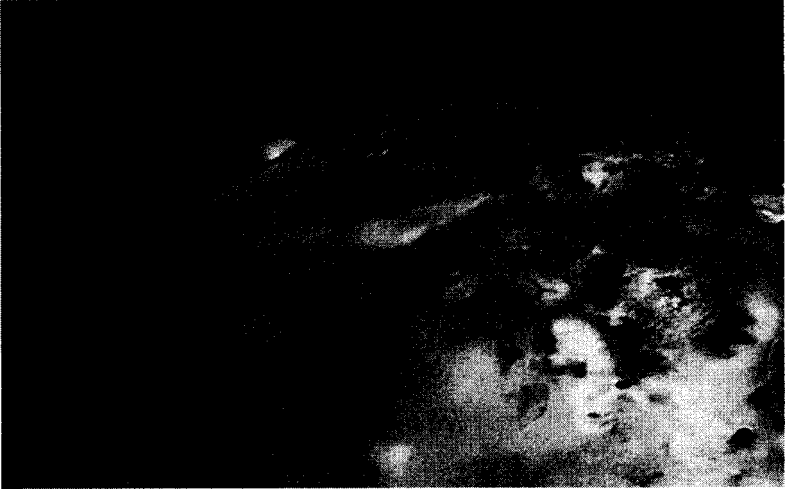
*"Bu nedenle tereddüt etmeden karar verdim ve şu sonuca
vardım ki göklerde Venüs ve Merkür'ün Güneş'in etrafında
dönmesi gibi Jüpiter'in etrafında dönen üç yıldız vardır;
bu durum çok sayıda başka gözlemlerle de uzun zamandır
gün gibi ortaya çıkmış bulunuyordu."*

Galileo

Güneş Sistemi'nde –ağırlık farkı göz ardı edilerek karşılaştırıldığında– en çok ısı üreten cisim Güneş değildir. Jüpiter'in dev bir pizzayı andıran uydusu İo'dur o cisim.

8 Mart 1979'da NASA'nın uzay sondası *Voyager 1* Jüpiter'den ayrılmış, 1980 sonlarında buluşacağı Satürn'e doğru yola çıkmıştı. Uzay sondası İo'ya veda ederken, Voyager ekibi uydunun son bir fotoğrafını çekmeye karar verdi ve kamerayı geriye, aracın geldiği yöne çevirdi. Şaşkınlık yaratan bir görüntü çıkmıştı ortaya. Arka plandaki yıldızlarla dolu gökyüzünde seçilen minik hilalden fosforlu bir gaz bulutu fişkırmaktaydı.

İzleyen günlerde ekip tam sekiz devasa püskürme saptadı. Uydudan fırlayan parçalar uzAy'da yüzlerce kilometre yükseliyordu. Böylece, 400'den fazla yanardağı bulunan İo'nun Güneş Sistemi'ndeki jeolojik bakımdan en aktif cisim olduğu görülmüştür. Aslında İo'nun pizzaya benzeyen yüzeyine biber taneleri gibi yayılan turuncu, sarı ve kahverengi noktalar insana daha çok ABD'deki Yellowstone Parkı'ndaki gayzerleri hatırlatmakta. Zaten tam da böyle: yanardağ ağızları değil, gayzer bunlar. Lav doğrudan uydunun erimiş haldeki iç kısmından çıkmayıp yüzeyin hemen altında kalan sıvı haldeki kükürt dioksiti iyice ısıtarak gaza dönüştürüyor ve bu gaz oyuklardan Dünya'daki gayzerlerin basınç altındaki buharı gibi fışkırıyor.



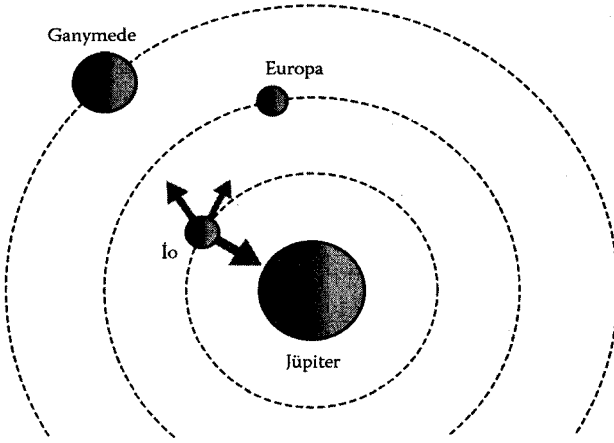
İo patlamaları: Jüpiter'in bu büyük uydusundaki devasa yanardağların (İo Güneş Sistemi'ndeki jeolojik bakımdan en aktif cisimdir) fırlattığı maddeler uzAy'da çok yükseklerle çıkmaktadır.

İo'nun her yıl uzaya püskürttüğü maddeler yaklaşık 10.000 milyon tondur. Bunlar uydunun zayıf yerçekimine kapılıp geri düştüğünde, yüzeyi kükürtle kaplarlar – tıpkı Yellowstone'daki tüten

delikleri çevreleyen birikintiler gibi. İo'nun pizza gibi görünmesi de bu yüzdendir. O çarpıcı, ürkütücü renkler kükürt elementinin farklı sıcaklıklardaki evrelerinde ortaya çıkmaktadır.

İo'nun faaliyetini anlayanın anahtarı, yakınındaki diğer cisimlerdir: Jüpiter ve Galileo uyduları. 1610'da yeni model bir teleskop kullanan Galileo tarafından keşfedildikleri için bu adla anılan dört Galileo uydusundan en içte olanıdır İo. Yörüngesinin dev gezegenden uzaklığı, yaklaşık Ay'ın Dünya'ya olan mesafesi kadardır. Ama Jüpiter'in muazzam kütleçekim gücü –kütlesi Dünya'nın kütesinin 318 katı– nedeniyle yörüngedeki turunu tamamlaması Ay gibi 27 gün değil, sadece 1,7 gün sürer.

İo'nun ısınmasında Jüpiter'in daha uzağında dönmekte olan diğer iki Galileo uydusu kritik bir rol oynamaktadır: Europa ve Ganymede. Bunlardan Ganymede Güneş Sistemi'ndeki en büyük uydudur, hatta Güneş'e en yakın gezegen olan Merkür'den daha büyüktür. İo Jüpiter'in çevresinde dört kez dönerken, aynı sürede Europa iki Ganymede ise ancak bir tur atmaktadır. Dolayısıyla iki uydu düzenli aralıklarla aynı hizaya gelir, kütleçekim kuvvetleri birbirine eklenerek İo üzerinde etkili olur. Bu güç İo'yu çekiştirir, yörüngesini çekip uzatır ve İo Jüpiter'e tekrar tekrar yaklaşır. Onun görülmemiş derecede ısınıyor olmasına yol açan da işte bu hareketlerdir.



Her taraftan çekilen bir uydur: İo Jüpiter, Ganymede ve Europa'nın uyguladığı çekme ve itme kuvvetlerine maruzdur.

İo'nun dev gezegen Jüpiter'e bakan yanı ile karşı yöndeki diğer yanı arasındaki çekim farkı, uydunun biçiminde yamulmaya neden olur. Jüpiter'e en yakın yerde bu *gelgit çıkıntısı* en uzak noktadakine kıyasla daha büyüktür.¹ Katı madde bir yukarı bir aşağı gerilip ezilir. Ve tıpkı elimizin içinde durmadan sıkıştırdığımız bir lastik top gibi İo da giderek ısınır. Hatta iç kısmında sıcaklık erime noktasında varmaktadır.

Bugün artık başka yıldızların etrafında dönen Jüpiter iriliğinde yüzlerce gezegen olduğunu biliyoruz. Ve Jüpiter'in İo'su gibi bu gezegenlerin de dev uyduları olduğunu kolaylıkla kabul edebiliriz. Güneş Sistemi'mizin dışında bulunan bu tür uyduların gelgit hareketlerinden kaynaklanan kendi merkezi ısıtmaları olsa gerektir. Dolayısıyla, bunlar kendi güneşlerinin sıcağından uzakta bulunsalar bile, yüzeylerinde yeryüzündeki biyolojik varoluşun önkoşulu olan sıvı halindeki su mevcut olabilir. Demek ki dünya-dışı yaşama rastlama ihtimali Dünya benzeri gezegenlere kıyasla böyle uydularda daha yüksektir.

Altıgenin Cazibesi

SATÜRN'ÜN KUZEY KUTBU'NDA DÜNYA'NIN İKİ KATI
BÜYÜKLÜKTE VE ALTIGEN ŞEKLİNDE BİR KASIRGA VAR

*"Doğanın hayal gücü insanınkinden öyle büyük ki.
Bizi asla rahat bırakmayacak."*

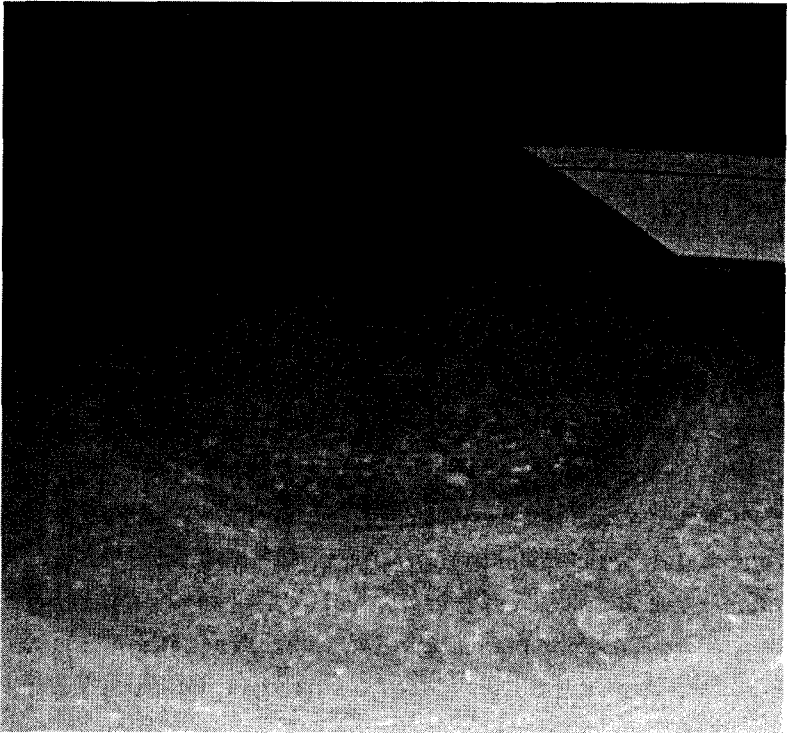
Richard Feynman

Dünya atmosferindeki hava dönerken –haliyle– daire çizerek döner. Hiç üçgen şeklinde bir kasırga gördünüz mü? Veya kare şeklinde? Veya altıgen? Görmediniz elbette. Ama Satürn'ün kuzey kutbunda durum farklı.

2007'de NASA'nın uzay sondası Cassini halkalı gezegenin üstünden uçarken akıl almaz bir fotoğraf çekti: Kutup noktasının etrafında bulutlar altıgen çizerek dönmekteydi. Dünya'nın neredeyse iki katı büyüklüğünde bir altıgen bu. İşin tuhafı, Satürn'ün güney kutbunda buna benzer bir altıgen bulunmuyor. Orada sadece bir göz çevresinde dönen bulutlar var, tıpkı Antarktika kıtasının etrafında dönen bulutlar gibi.

Satürn'ün kutup altıgeni ilk olarak çeyrek yüzyıl kadar önce NASA'nın uzay sondaları *Voyager 1* ve *2* tarafından saptanmıştı. Yani bal peteği şeklindeki bu meteorolojik olgu, epeyce sağlam ve uzun ömürlü.

Kutup altıgeninin nasıl ortaya çıktığına dair bir ipucu laboratuvar deneylerinden elde edilmiştir. Araştırmacılar bir kovanın içinde hızla döndürülen bir sıvının belli koşullar altında kendiliğinden çokgen şeklini aldığını ortaya çıkarmıştır. Bu şekil üç, dört, beş veya altı kenarlı olabilmektedir.¹ Böyle *duran dalgaların* oluşumu, sıvının kova duvarlarına çarpıp sekmesiyle açıklanıyor. Tabii bunu Satürn'e uyarlamak zor, çünkü Satürn'ün kuzey kutbundaki atmosfer bir kova değil.



Satürn'ün kutup altıgeni dikkat çekici derecede kararlıdır. İlk kez çeyrek yüzyıl kadar önce NASA'nın Voyager uzay sondası tarafından tespit edilmiştir.

Satürn'le yaklaşık aynı hızla dönen bu altıgene, Dünya'dakilere benzeyen ama onların dört katı hızında bir jet akımının neden olduğu sanılıyor. Jet akımı bir gezegenin atmosferinin yüksek kısımlarında rüzgârların dar bir şerit halinde esmesidir. Araştırmacılar şimdiye kadar altıgen bir kasırganın bütün davranışlarını kapsayan bir model geliştiremedi. Ama New Mexico Madencilik ve Teknoloji Enstitüsü'nden Raúl Morales-Juberías yönetimindeki bir ekip, gözlemlere en uygun modeli geliştirdiğini iddia ediyor.² Ekip Satürn'ün kutbunda dönen bir jet akımını simüle etmişti. Havayı *kariştirdikleri* veya çalkaladıkları zaman, jet akımı kıvrılarak bir altıgen şeklini alıyor ve Satürn'ün dönüşüne çok yakın bir devirde dönüyordu.

Problemin çözüldüğü söylenebilir mi? Henüz kimse genel kabul gören bir açıklama getirmiş olmadığı için bekleyip görmek zorundayız.

Görünmezliğin Haritası

.....

URANÜS'ÜN İLK ADI... GEORGE'DU

.....

"UzAy'da insanlığın daha önce hiç yapmadığı kadar derinlere baktım."

William Herschel

Uranüs 1781'de keşfedildi – İngiltere'nin Bath kentindeki bir arka bahçeden. Ve keşfin sahibi William Herschel adlı serbest çalışan bir Alman müzikçiydi.

Herschel on dokuz yaşındayken kız kardeşi Caroline'yle birlikte Hanover'den ayrılmış, sıcak su kaynaklarıyla Roma döneminden beri tanınan kaplıca kenti Bath'e gelerek kilise orgcusu olmuştu. Gerçi geçimini müzikten sağlıyordu ama asıl tutkusu astronomiydi. Ve yaptığı teleskoplar zamanın en güçlülerinden. İşte bunlardan biriyle bakarken, 13 Mart 1781 gecesini bulanık bir yıldız fark etti. Önce bir kuyruklu yıldız gördüğünü düşünmüştü. Ama sonraki gecelerde bu cisim arka plandaki sabit yıldızların arasından ağır ağır ilerlerken, onun kuyruklu yıldızlar gibi çok uzun bir yörüngede değil, gezegenler gibi daireye yakın bir yörüngede hareket ettiğini saptadı.

Herschel antik çağda bilinmeyen ilk gezegeni keşfetmişti, teleskop çağında keşfedilen ilk dünyaydı bu. Yörüngesi uzun süre

en uzak gezegen olarak bilinen Satürn'den çok daha uzakta, soğuk karanlıkların ortasındaydı. Herschel'in buluşuyla Güneş Sistemi'bir gece içinde iki kat büyümüştü.

Herschel bir göçmen olarak konumunun kesinlikle farkındaydı ve yaşamayı seçtiği ülke tarafından kabul görmeyi çok arzu ediyordu. Bu yüzden yeni gezegene İngiltere Kralı III. George'un adını verdi.¹ Bu isim benimsenmiş olsaydı, bugün gezegenleri Güneş'ten uzaklık sırasına göre şöyle sayacaktık: Merkür, Venüs, Dünya, Mars, Jüpiter, Satürn... ve George!

Fransızlar bir gezegenin İngiltere kralının adıyla anılmasına şiddetle karşı çıktı; yeni gezegenden "Herschel" diye söz ediyorlardı. Alman astronom Johann Bode, Roma tanrısı Satürn'ün babasının adını önerdi: Uranüs. Bu isim kabul gördü.

Sonradan anlaşıldığına göre Uranüs aslında neredeyse bir yüz yıl önce fark edilmiş, ama İngiliz astronom John Flamsteed 1690'da gördüğü cismin bir gezegen değil yıldız olduğunu sanmış, onu Taurus takımyıldızının otuz dördüncü yıldızı olarak 34 Tauri adıyla kAy'da geçirmişti.

Uranüs daha önce de gözlemlenmiş olduğu için gökteki yolu ve dolayısıyla Güneş etrafındaki yörüngesi çok çabuk tespit edildi. Ancak, on dokuzuncu yüzyıl ortalarında yanlış bir şeyler olduğu artık iyice belliydi. Uranüs Newton'ın çekim yasasına göre öngörülen yolu izlemiyordu. İlerleyen tarihlerde nerede olacağına dair tahminler hep yanlış çıkmaktaydı.

Bu noktada hikâyeye Fransız astronom Urban Le Verrier katılıyor. Şöyle bir tahminde bulunarak: Güneş'e olan uzaklığı Uranüs'ten de fazla olan ve çekim gücüyle Uranüs'ü etkileyerek onun yörüngesini bozan büyük bir gezegen daha olmalıdır. Bu varsayımsal gezegenin yerini tespit etmek için yapılması gereken hesaplamalar müthiş derecede karmaşıktı, yine de zorlu bir mücadele sonunda Le Verrier başarıya ulaştı.

Geriye kalan tek problem, Paris Rasathanesi müdürünü ikna edemiyor olmasıydı; bu yüzden kurumun astronomları söz konusu gezegeni aramakla görevlendirilmiyordu. Başka çare bulamayarak 18 Eylül 1846'da Berlin Rasathanesi'nden Johann Galle'ye bir mektup yazdı.

Galle önceki yıl Le Verrier'ye kendi tezini göndermiş ama Le Verrier metni aldığını bile bildirmemişti. Neyse ki Galle kindar biri değildi. Ama Berlin Rasathanesi müdürü Johann Encke de, Parisli meslektaşı gibi olmayacak bir iş saydığı böyle bir araştırma için teleskopunun zamanını ayırmaya yanaşmıyordu. Neyse ki 23 Eylül gecesi elli beşinci doğum gününü kutlayacak, astronomiyle ilgilenmeyecekti. Ve Galle'ye rasathanenin yirmi iki santimetrelik Fraunhofer teleskopunu kullanması için izin verdi.

24 Eylül 1846 sabahı, çalışmaya başladıktan bir saat sonra Galle ve astronomi öğrencisi Heinrich d'Arrest yeni bir gezegen bulmuştu, hem de tam Le Verrier'nin önceden söylediği yerde. Bu buluş bilim tarihinin baş döndürücü anlarından biridir. Artık evvelce hiç farkında olmadığımız şeylerin mevcudiyetini tahmin etmek mümkün hale gelmişti. Newton'ın yerçekimi teorisi astronomların gece gökte gördüğü şeyleri açıklamakla kalmıyor, göremediklerini de açığa çıkarıyordu. "Görünmeyenin haritasını" sağlamıştı.

Yeni gezegene Neptün adı verildi. Bu keşif büyük heyecan uyandırdı ve Le Verrier'yi bir süper star yaptı.² Hatta onu gerçekten olmayacak bir işe de sürükledi – Le Verrier Güneş'e Merkür'den daha yakın bir yörüngede dönen, "Vulcan" dediği bir gezegen aramaya başlamıştı.³

Newton'ın yerçekimi teorisi, altın yumurtlayan tavuk olduğunu kanıtlamıştır. Günümüzün Neptün'ü ise karanlık maddedir. Karanlık maddenin normal maddeden altı kat ağır olduğunu biliyoruz, çünkü çekim gücüyle görünür yıldız ve galaksileri çekmekte olduğunu gözlemleyebiliyoruz. Ama şimdilik, ne olduğuna dair hiçbir fikrimiz yok.

Yüzüklerin Efendisi

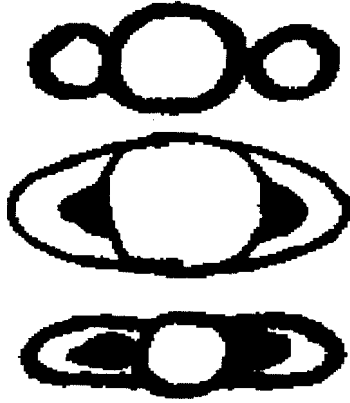
GALİLEO SATÜRN'Ü...

KULAKLARI OLAN BİR GEZEĞEN SANMIŞTI

*"En sevdiğim bilimsel teori Satürn'ün halkalarının kaybolmuş
uçak bagajlarından oluştuğunu söyleyen teoridir."*

Mark Russell

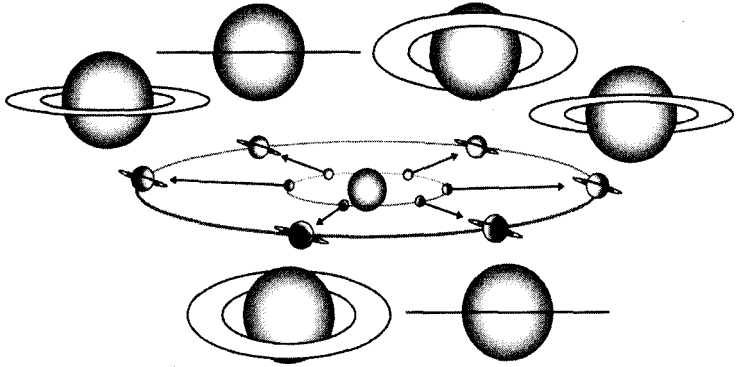
Galileo Galilei bilim tarihinin bir deviydi. Diğer keşiflerinin yanı sıra bir sarkacın tam bir düzenle salındığını ve cisimlerin kütleleri ne olursa olsun, yerçekiminin etkisi altında aynı hızla düştüğünü bulmuştu. Ama 1610'da herhalde kariyeri bir bakıma dip yaptı: Galileo yeni model teleskopunu Satürn'e çevirdi ve onun "kulakları olan bir gezegen" olduğunu açıkladı. 1611'de fikir değiştirdi, Satürn'ün iki yanda birer Ay'ı olduğunu düşünmeye başladı, ona göre iki uydu da gezegenin üçte biri büyüklüğündeydi. Ne var ki 1612'de uydular gözden kaybolunca şaşkınlık içinde kaldı. Hamisi olan Toskana Grandükü'ne "Satürn kendi çocuklarını yuttu!?" diye yazmıştı. 1613'te uydular yeniden görününce, aklı daha da karışacaktı.



Galileo'nun Satürn çizimleri: Satürn'e yeni model teleskopuyla bakan Galileo, gördükleri karşısında tam bir akıl karışıklığı yaşamıştı.

Maalesef Galileo Satürn'e ilişkin gözlemlerini anlayamadan ölmüştür. Padua gecelerinde kullandığı teleskop, bu gezegenin büyük sırrını çözebilecek kadar güçlü değildi. Bulmaca ancak yarım yüzyıl sonra 1655'te, Hollandalı bilimci Christiaan Huygens'in 50 kat büyütme gücüne sahip yeni bir teleskop yapmasıyla çözülebildi. Huygens doğru bir gözlemle Satürn'ü kuşatan bir halkalar sisteminin var olduğunu saptamıştı.

Bugün artık Satürn'ün halkalarının bizim bakış çizgimizle 26,7 derecelik bir açı oluşturduğunu biliyoruz. Halkalar uzAy'daki konumlarını tıpkı dönen bir jiroskop gibi bulmaktadır, ama Satürn Güneş'in etrafında dönerken, Dünya'ya farklı açılardan görünürler. Tam halka kenarı bize baktığında –Satürn'ün yirmi dokuz buçuk yıllık yörünge hareketi sırasında iki defa– onları hiç göremeyiz. Bakış çizgimize belli bir açı yaptıkları durumlarda ise gerçekten de iki kulağa benzerler.



Satürn'ün halkaları bakış çizgimizle bir açı oluşturduğundan, gezegen Güneş etrafında dönmekteyken onları farklı zamanlarda farklı olarak görürüz.

Güneş Sistemi'nde halkaları olan üç gezegen daha vardır (Jüpiter, Uranüs ve Neptün) ama hiçbirinin halka sistemi Satürn'ünki kadar etkileyici olmaya yaklaşamaz bile. Satürn'ün halkaları onun bulut üst sınırlarından başlayıp gezegen merkezinin 140.000 kilometre uzağına kadar yayılmaktadır. Bunu hayal edebilmek için şöyle bir kıyaslama yapabiliriz: Bu halkalar Dünya çevresinde yer alsaydı, Ay'a olan mesafenin üçte birine kadar uzanırlardı.

Satürn'ün halkaları keşfedilince ortaya büyük bir soru çıkmıştı: Halkalar nasıl bir malzemeden oluşmuştur? On dokuzuncu yüzyılda meseleyi ele alan James Clerk Maxwell, Newton ile Einstein arasındaki dönemin en büyük fizikçisiydi; en önemli başarısı da tüm elektriksel ve manyetik olguları tek bir denklemler kümesinde birleştirmek ve bu çalışma sırasında ışığın aslında elektromanyetik bir dalga olduğunu bulmaktı.¹ 1858'de, matematikçilerin yeteneklerini sergilediği bir toplantıda Maxwell halkaların katı veya sıvı bir cisim olması halinde dağılıp gideceğini gösterdi. Dolayısıyla, bunların Satürn'ün etrafında

dönen çok büyük sayıda küçük parçalardan oluştuğu sonucuna varmıştı – yani bir bakıma halkalar minik uyduların yer aldığı *sürülerdi*.

Maxwell'in görüşünün kesin olarak kanıtlanması için bir yüzyıldan uzun bir zaman geçmesi gerekmiştir. 1980 ve 1981'de NASA'nın uzay sodaları *Voyager 1* ve *Voyager 2* Satürn'ün yakınında uçuyorlardı. Dünya'daki astronomlar ancak birkaç halka ve bunların arasındaki "Cassini Ayrımı" gibi bazı açıklıkları görebiliyordu; ama uzay araçlarının kameraları daha dar on binlerce halka kaydetmişti. İç taraftaki ince halkalar Satürn'ün etrafında dıştakilere kıyasla daha hızlı dönmektedir, bu da Maxwell'in verdiği sonucu, yani bunların tek bir katı cisim olamayacağını doğrular.

Halkalar yüzde 99'u su buzu olan sayısız kırık parçadan meydana gelmiştir, parçaların güneş ışığıyla ışıldaması halkaların etkileyici derecede parlak görünmesini sağlamaktadır. Boyutları ise bir kum tanesinden küçük olabildiği gibi bir bina büyüklüğüne de varabilmektedir. En parlak halkalar geniş bir yansıtıcı alana sahip parçalardan yapılmış olmalıdır ve muhtemelen durmadan bir araya gelip yeniden dağılan, kar tanesi benzeri pofuduk yığışmalardır. Bütün parçacıklar kalınlığı muhtemelen yirmi metreden az bir tabaka halinde dönmektedir. Başka bir deyişle, bütün halkalar bir kilometre çapında bir diske indirgenebilse, en keskin jiletten bile daha ince olurlardı.

Bütün halka parçacıkları bir araya getirilse, çapı 200 veya 300 kilometre olan bir cisim ortaya çıkardı. Bu da orta boy bir Satürn uydusunun büyüklüğüdür ve belki halkaların oluşumuna dair bir ipucu sağlayabilir. Satürn'ün fazla yakınına sürüklenmiş bir uydunun gezegenin çekim gücü nedeniyle parçalanacağı, akla uygun bir düşüncedir. Veya belki de bir kuyruklu yıldızın veya bir asteroidin çarpmasıyla bir uydu parçalanmıştır.

Halkaların bu denli parlak oluşu, yaşlarının yaklaşık 400 milyon yıldan az olması gerektiğine işaret eder, çünkü meteorit çarpmalarından doğan tozların zaman içinde kararacağı öngörülmektedir. Ama 400 milyon yıl, Dünya'nın yaşının onda birinden bile azdır; demek ki halkaları görebildiğimiz bir zamanda bulunduğumuz için çok şanslı sayılırız. Bilim insanları bir şeyi şansla açıklamaktan nefret eder. Halkaların aslında yaşlı oldukları halde genç görünmeleri de mümkündür. Örneğin halkalar sürekli bir araya gelip meteorit çarpmalarıyla yeniden parçalanıyor olabilir. Bu geri dönüşüm kartoplarını açıp içindeki kirlenmemiş buzu çıkarmaya benzer.

Yüzüklerin efendisi hikâyesinde çetrefilli son bir nokta daha var, o da aslına bakılırsa Satürn'ün hiç halkası olmadığı. Halka değil bunlar, eski plaklardaki gibi spiraller aslında. Buzdan molozlarda ki –belki meteorit çarpmalarının yol açtığı– titreşimler bir spiral yoğunluk dalgasının dışa doğru hareket etmesine neden oluyor. Bu dalga geçtiği yerlerdeki parçaları bir araya sıkıştırarak geçici küçük halkalar oluşturuyor. Spiral yoğunluk dalgaları Samanyolu'nun spiral kollarını da ortaya çıkarır. Şaşırtıcı ama Satürn'ün halkaları bizim spiral galaksimizin sıkıca sarılmış bir versiyonudur.

Yıldız Geçidi

SATÜRN'ÜN BİR AYINDA EVEREST'İN İKİ KATI
YÜKSEKLİĞİNDE BİR DAĞ VAR, YAPILMA
SÜRESİ SADECE... BİR ÖĞLEDEN SONRASI

"Tanrım, her taraf yıldızlarla dolu!"

Dave Bowman, 2001: *Uzay Destanı*

2001: *Uzay Destanı* adlı romanda Iapetus, "yıldız geçidinin" –galaksinin başka bir bölümüne açılan kapı– olduğu yerdir. Yazar Arthur C. Clarke Satürn'ün bu buz kaplı uydusunu seçmiştir, çünkü her nedense Iapetus'un bir yüzü diğerinden on kat daha parlaktır. Uzaya ait yapay bir nesne için kendisi de yapay gibi görünen bir Ay'dan daha uygun yer olabilir mi, diye düşünmüştü Clarke seçimini yaparken.

Iapetus'un neden böyle Janus yüzlü olduğu, astronomiyi en uzun süre uğraştırmış sorulardan biridir. 1671'de Giovanni Domenico Cassini'nin bu uyduyu keşfetmesinden beri gündemden düşmedi. Ama en olası açıklama, bilinmeyen bir yabancı gök cismiyle değil, Satürn'ün o göz alıcı halka sistemiyle olan bir karşılaşmayla bağlantılıdır.

Gizemin çözüm anahtarını 31 Aralık 2004'te Iapetus'un yakınında uçan NASA'nın uzay sondası *Cassini* sağladı. Aracın kamerası

kraterlerle kaplı uydunun görüntülerini daha önce görülmemiş derecede ayrıntılı olarak kaydetmişti. Ve bu görüntüler gezegen bilimcilerini şaşkına çeviren bir özellik sergiliyordu.

Iapetus'ta tam 1.300 kilometre –ayın çevresinin neredeyse üçte biri– boyunca uzanan olağanüstü bir dağ sırası bulunuyor. Bazı yerlerde dağların yüksekliği 20 kilometre, yani Everest'in iki mislinden fazla. Üstelik bu dağlar, çapı sadece 1.436 kilometre olan, yani bizim ayımızın yarısından epeyce daha küçük bir uyduda yer alıyor. Dağ sırası uydunun ekvatorunu oldukça yakından izlemekte. Güneş Sistemi'nde hiçbir yerde benzeri görülmeyen bir şey bu.



Muazzam sıradağlar: Dev dağ sırası Iapetus'un çevresinin üçte biri boyunca uzanır.

Gerçi Iapetus'ta böyle bir dağ sırasının bulunması, uydunun iki renk tonuna sahip olmasından doğan gizeme eklenen ayrı bir bulmacadır. Ama belki tam da bu dağlar, uydunun karanlık yüzünü ikiye bölüyor olabilir. Acaba bu iki özellik arasında bir bağ kurulabilir mi? *Cassini*'nin görüntüleme ekibini yöneten gezegen bilimci Carolyn Porco işte bu ihtimal üzerinde durmuştu.

Porto Riko'daki Arecibo Rasathanesi'nden astronom Paulo Freire'ye göre, Satürn'ün halkaları bize bu bağlantıyı verebilir. Bir zamanlar, diye düşünüyor Freire, Iapetus Satürn'ün halka sistemi-ne çok fazla yaklaştı. Halkalar muhtemelen bir veya daha fazla parçalanmış Ay'ın fosil artıklarıdır. Halkalar her ne kadar sadece 20 metre kalınlığında olsa da boyutları toz tanesinden ev bloklarına kadar değişen ve durmadan yuvarlanan buz parçalarıyla doludurlar. Iapetus'un hata edip halkaların dış kenarına girmesi, bir çim biçme makinesinin taşla denk gelmesi gibi oldu. Yolu halkalarla her kesiştiğinde, yüzeyi acımasız bir bombardımana uğruyordu.²

Freire'ye göre bu bombardıman nedeniyle görece kısa bir sürede muazzam bir malzeme yığılması olmuştu. Freire bu yığının hacmini de hesapladı. İlk olarak, Iapetus ile Satürn halkalarının ancak birkaç saat temas etmiş olacağını varsaydı. Uydunun gezegen etrafındaki turunu tamamlaması için gereken yetmiş iki günün küçük bir parçasından ibarettir bu süre. Satürn halkalarındaki malzeme yoğunluğundan ve uydu ile halkaların yüksek hızından –bir jumbo jetin on katı kadar– hareketle Freire, dağ sırasının her metresine 25 milyon metreküp gibi şaşırtıcı bir miktarda halka malzemesinin düşmüş olması gerektiği sonucuna vardı. Bu da yüksekliği 5, taban genişliği 10 kilometre olan bir sıradağın oluşması için yeterliydi.

Iapetus halka sistemini boydan boya geçmiş olsa, ortaya çıkacak dağ sırası çevresinin üçte biri değil yarısı kadar uzun olurdu. Dolayısıyla Freire uydunun halkaları sadece sıyırdığı görüşündedir.

Ama bu senaryoyu doğru kabul etsek ve Satürn halkalarıyla çarpışma sonucu bir öğleden sonra Everest'in iki katı yüksekliğe sahip bir dağ sırası ortaya çıkmış olsa bile, Iapetus'un ortasında bu dağların bulunduğu yüzünün neden böyle kapkara olduğu sorusu hâlâ cevaplanmış değil. Gerçi Satürn'ün halkaları yüzde 99 oranında saf buzdur ve bu nedenle pırıl pırıl parlarlar, ama aynı zamanda tam

anlamıyla karartıcı bir malzeme de içerirler – çok ince toz taneleri. Peki, bu toz dağ sırasından nasıl başka yerlere taşınmış ve uydunun neredeyse bütün bir yarıküresini kaplamıştır? Freire bu sorunun cevabının Iapetus'u oluşturan buzun bileşiminde yattığını öne sürüyor. Buzların bir kısmı karbon dioksit, yani "kuru" buzdur ve halkalarda da bulunan bir malzemedir. Çarpışmanın şiddetiyle buhara dönmüş, küçük uydunun üstünde geçici bir atmosfer yaratmış olmalıdır.

Aslında karbon dioksit *süblimleşir*, katı halden bir patlama şeklinde doğruca gaz haline geçer. Dolayısıyla, geçici atmosferin içinde, dağ sırasından başlayan ince ama son derece hızlı rüzgârlar esmiş, tozları Iapetus'un geniş bir alanına yaymışlardır. Eğer böyleyse, toz miktarı –ve Iapetus yüzeyinin siyahlığı– dağ sırasından uzaklaştıkça azalıyor olmalıdır. Ve gözlemlenen durum tam da budur.

Iapetus'un Satürn halka sistemiyle çarpışması, ancak yörüngesinin halkalarla aynı düzlemde yer almasıyla mümkündür. Ancak o zaman, ekvatoru boyunca uzanan dağ sırası oluşacaktır. Oysa günümüzde Iapetus artık halkalarla aynı düzlemde hareket etmiyor. Demek ki bir şey onu bugünkü yörüngesine itmiş olmalı; bu da büyük ihtimalle başka bir uyuyla gerçekleşmiş bir çarpışmadır.

Böyle bir çarpışmanın mümkün olması, bir zamanlar Satürn'ün etrafında karmakarışık yörüngelerde dönen çok sayıda Ay'ın varlığına bağlıdır. İmkânsız bir senaryo değil bu. Güneş Sistemi'ndeki kayalık gezegenler, karışık yörüngelerde dönen çok sayıda küçük gök cisminin çarpışıp birbirine yapışmaları sonucu ortaya çıkmıştır. Benzer şekilde, Satürn'ün ayları da onun etrafında dönen pek çok küçük cismin çarpışmasından doğmuş olabilir. Satürn'ün durumunda bunların hepsi parçalanmış, başka aylar halinde birleşmiş veya Satürn'den ayrılmıştı. Hepsi, ama görece iri olan tek bir istisnaya: Iapetus.

Ancak, Iapetus'taki siyah-beyaz renkler ve devasa dağ sırasına ilişkin açıklama getiren tek bilim insanı Freire değildir. Bazı kuram-

cılara göre uzak geçmişte buzlu bir cisim Iapetus'a çarptı, ondan kopan malzemedan yeni bir Ay oluştu, yani bir uydunun etrafında başka bir uydu dönmeye başladı. Zamanla bu mini uydu spiraller çizerek Iapetus'a yaklaştı, sonunda ona çarpıp paramparça oldu ve bu parçalar yüzeye yığılarak o muazzam dağ sırasını oluşturdu.³ Kimi kuramcılar da Iapetus'un çok yüksek bir dönme hızıyla ortaya çıkmış olduğu, bu nedenle dışarıya doğru fırlayan malzemenin ekvator bölgesinde bir dağ sırası meydana getirdiği şeklindeki açıklamayı yeğlemektedir.⁴ Ama ne yazık ki rakip teorilerden hiçbirini bir yıldız geçidinin varlığından söz etmiyor!

KISIM BEŞ

Temel Şeyler

Avucunuzun İçindeki Sonsuzluk

BÜTÜN İNSAN SOYUNU BİR KÜP ŞEKER
KADAR KÜÇÜK BİR YERE SİĞDIRABİLİRİZ

*"Bir kum tanesinde bir dünya görmek
Ve yabani bir çiçekte bir cennet
Tutmak avucunda sonsuzluğu
Ve ebediyeti bir tek saat içinde"*

William Blake, "Masumiyet Kehanetleri"

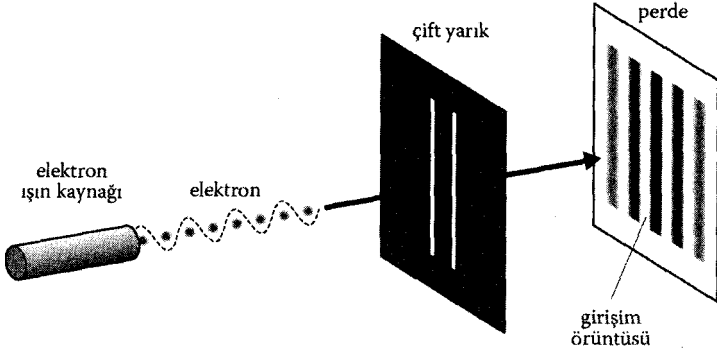
Bütün insan soyunu bir küp şeker kadar küçük bir yere sığdırabiliriz. Bunun nedeni, maddenin akıl almaz derecede boş olmasıdır. Herhalde okul günlerinden aklınızda bütün maddelerin yapıtaşı olan atomlara dair görüntüler kalmıştır. Muhtemelen minyatür bir Güneş Sistemi'ne benzer bu görüntüler. Güneş gibi tam ortada duran bir çekirdeğin etrafında gezegenler gibi elektronlar dönmektedir. Ne var ki bu resimler bir atomun içinde ne çok boşluk olduğunu göstermekten uzaktır aslında. Oyun yazarı Tom Stoppard durumu gayet iyi ifade eder: "Şimdi, elinizi yumruk yapın, yumruğunuz bir atom çekirdeğiye, atomun tamamı St. Paul katedrali kadardır. Ve eğer bu bir hidrojen atomuysa, sadece bir tek elektronu vardır, o da bomboş katedralde bir güve gibi uçuşur, kâh kubbenin altında, kâh sunağın

Peki ama atomlar neden böyle boş? Cevabı kuantum teorisi veriyor. Kuantum teorisi atomların ve onların bileşenlerinin mikroskobik dünyasına ilişkin sahip olduğumuz en iyi betimlemedir. Ve hayret uyandıracak kadar başarılıdır. Bize lazerler, bilgisayarlar, nükleer reaktörler kazandırdı. Güneş'in neden ısıdığını, bastığımız yerin neden katı olduğunu açıkladı. Aslında şimdiye kadar geliştirilmiş fizik teorilerinin en başarılısıdır, deneylerde gözlediğimiz sonuçları virgülden sonraki şaşırtıcı sayıda basamaklara kadar tahmin edebilmektedir. Ama icatlar ve tahminler yapmak için harika olmanın yanı sıra, kuantum teorisi aynı zamanda görünür gerçekliğin ardına geçerek harikalar diyarındaki Alice'in dünyasına eşsiz bir pencere açmıştır. Tek bir atomun aynı anda iki yerde birden olabildiği (insanın aynı saniiyede hem Londra'da hem de New York'ta olması gibi) bir dünyadır bu; olaylar kesinlikle bir nedene bağlı olarak gerçekleşmez; iki atom evrenin iki ucunda bile olsalar birbirlerini anında etkileyebilirler.

Bütün bu kuantum çılgınlığı basit bir gözlemsel olgudan kaynaklanmaktadır: Maddenin temel yapıtaşları tuhaf bir ikili doğaya sahiptir. Hem minik bilardo topları gibi bir konumu olan parçacıklar olarak hem de bir su birikintisindeki gibi yayılan dalgalar olarak davranabilirler.² Bunun nasıl olabildiğini tasavvur etmeye hiç yeltenmeyin bile. Yapamazsınız. Gerçek şu ki Dünya'yı oluşturan elektronlar, fotonlar vb. ne parçacıktır ne de dalga, hiç benzeri olmayan, dilimizde onları anlatabileceğimiz sözcük bulunmayan şeylerdir. Doğrudan göremediğimiz, sadece bitişik iki duvara düşen gölgesini izleyebildiğimiz nesneler gibi kuantum dünyasının varlıklarını da sadece deneylerimize vuran gölgelerinden tanıyoruz: minicik bir merminin gölgesi ve dans eden bir dalganın gölgesi.

İşin ilginç ve önemli yanı, parçacık ne kadar küçükse kuantum dalgasının o kadar büyük olmasıdır.³ Bildiğimiz madde dünyasındaki en küçük parçacık elektrondur, dolayısıyla en büyük kuantum dalga-

sına sahiptir. Ve elektron dalgası çok büyük bir hareket alanına ihtiyaç duyduğundan, atomların da kendi çekirdeklerine oranla çok büyük olması gerekir – çok fazla boşluk içermelerinin nedeni de budur.⁴



Çift yarık deneyinde elektronlar dalga gibi davranır, iki dikey yarıktan hepsi geçer; dalgaların birbirlerini dönüşümlü olarak destekleyip iptal etmesiyle perdede bir girişim örüntüsü oluşur.

Aslında elektronun dalga özelliği, atomların var olmasının nedeni-
dir. Nobel Ödülü almış olan Amerikalı fizikçi Richard Feynman, “Kla-
sik bakış açısıyla, atomlar tamamen imkânsızdır,” demişti. Feynman
şunu kastediyor: Elektromanyetizma teorisine göre bir atom çekirdeği
etrafında dönen elektronun minik bir radyo vericisi gibi sürekli olarak
“elektromanyetik dalgalar” yayması gerekirdi. Bu da onun enerji kay-
betmesine ve saniyenin yüz milyonda biri kadar bir sürede spiral çiz-
erek çekirdeğin içine düşmesine yol açardı. Yani atomlar kendi içlerine
çökerdi. Ve var olmazlardı.

Tabii gerçek bunun tersidir. Atomlar en az evrenin yaşı kadar
bir zamandır mevcut – 13,82 milyar yıldan beri. Başka bir deyişle,
elektromanyetizma teorisinin öngördüğünden birin yanına kırk sı-
fır konduğunda çıkan yıl sayısı kadar daha uzun bir süreden beri!⁵

İşte bu noktada kuantum teorisi imdada yetişiyor, çünkü elektron dalgaları yayılmıştır, daima belli bir minimum yer kaplarlar. Ezilerek bir çekirdeğin içine sıkıştırılmaları mümkün değildir. Bu durumda atomlar var olabilmektedir – iyi ki böyle, ne de olsa hepimiz atomlardan yapılmayız.

Kuantum dünyasının çılgınlığını eksiksizce özetleyen örnek bir olay aktaralım. Britanyalı fizikçi J. J. Thomson elektronun parçacık olduğunu göstererek Nobel Ödülü almıştı. Oğlu George Thomson da öyle olmadığını göstererek Nobel Ödülü aldı. Thomson ailesi bir araya geldiğinde aralarında nasıl atışmalar olduğunu hayal ediyorum da herhalde J. J. bağıyor: “Parçacık diyorum sana!” ve oğlu babasına karşılık veriyor: “Hayır, değil işte!”

Bungalovun Avantajları

BİR BİNANIN EN ÜST KATINDA ZEMİN KATA KIYASLA
DAHA HIZLI YAŞLANIRIZ

*"Seninle zamanla ilgili olarak konuşamam –
senin zamanın başka, benimki başka."*

Graham Greene

Bir binanın en üst katında zemin kata kıyasla daha hızlı yaşlanırız. Bu, Einstein'ın yerçekimi teorisinden –genel görelilik teorisinden– çıkan bir sonuçtur. Söz konusu teori yerçekiminin güçlü olduğu durumlarda zamanın daha yavaş aktığını ileri sürer. Zemin kat Dünya'nın kütesine üst katlardan daha yakın olduğuna göre, orada yerçekimi çok az farkla da olsa daha kuvvetlidir ve dolayısıyla zaman bir nebze daha yavaş akar (demek ki uzun yaşamak istiyorsan, bungalova taşınacaksın!).¹

Zamanın yerçekimi nedeniyle yavaşlaması son derece hafif bir etkidir ve saptanabilmesi için süper hassas bir atom saatine ihtiyaç vardır. İnanması zor, ama 2010'da ABD'deki Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsünde [National Institute of Standards and Technology] çalışan fizikçiler gerçekten de merdivenin bir üst basamağında duran birinin bir alt basamaktaki kişiye kıyasla daha hızlı

yaşlandığını göstermeyi başardılar. İki basamağa son derece hassas çalışan birer saat yerleştirerek yaptılar bunu.²

Peki yüksek çekim gücünün etkisi altında insan neden daha ya-
vaş yaşlanır? Aslında, Einstein'ın dehası 1915'te yerçekimi kuvveti-
nin var olmadığını fark etmişti. Evet öyle, bir yanılısana bu! Anla-
mak için kafayı biraz farklı çalıştırmak lazım. Ama diyelim ki boş
uzay'da 1g kuvvetiyle hızlanan bir roketin içinde uyandınız. Ayakla-
rınızın döşemeye yapışık olduğunu fark ediyorsunuz ve tıpkı Dünya
yüzeyindeymiş gibi yürüebiliyorsunuz. Böyle bir durumda, pen-
cerele karartılmış olsa ve bir rokette bulunduğunuzu bilmeseniz,
Dünya'daki bir kabinde olduğunuzu sanırsınız. Einstein'a göre bu,
yerçekimiyle ilgili şaşırtıcı bir gerçeği ortaya koymaktadır: Yerçeki-
mi ivmedir. Şu anda bir kuvvetin sizi yere yapıştırdığını düşünüyor
olabilirsiniz, oysa aslında ivmeleniyor, ama bunu bilmiyorsunuz.

Bir dakika. Nasıl olabilir bu?

Yine o roketi hayal edin. Roketin sol yanından sağ yanına yatay
olarak bir lazer ışını yolladığınızı kabul edelim. Dikkatle bakınca,
ışının sağ duvara çarptığı noktanın çıkış noktasına göre zemine bir
parça daha yakın olduğunu göreceksiniz. Bunun nedeni, ışık kabi-
nin içinde yol alırken zeminin yukarıya, ışına doğru 1g kuvvetiyle
ivmelenmiş olmasıdır. Ama tabii bir roketin içinde ivmelenmekte
olduğunuzu bilmiyorsunuz. Yeryüzünde bulunan bir kabinin içinde
yerçekimini hissettiğinizi sanıyorsunuz. Öyleyse, ışının zemine doğ-
ru kıvrım yapmasını nasıl açıklarsınız?

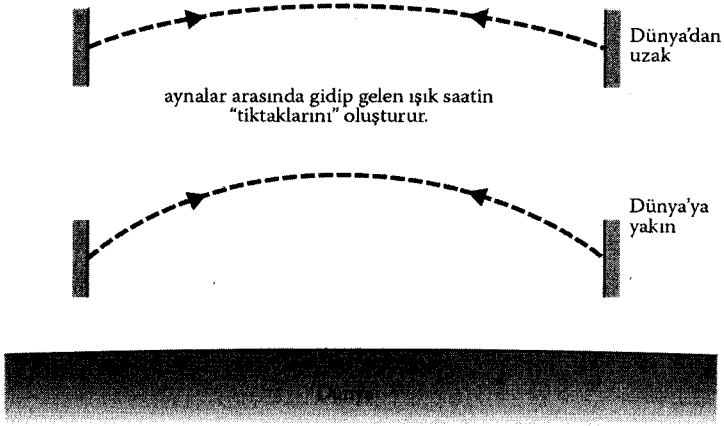
Işının iyi bilinen bir özelliği, iki nokta arasında daima en kısa
yolu seçmesidir. Düz arazide yürüyüş yapan biri için iki nokta ara-
sındaki en kısa yol, düz bir çizgidir. Ama dağlık arazide yürüyen biri
için böyle değildir. Onun durumunda en kısa yol kıvrımlıdır (yolu
yüksekten uçan bir kuşun gözünden gördüğünüzü düşünün). Lazer
ışının kıvrımlı bir yol izlemiş olmasından hareketle, olsa olsa uzayın

da yamuk veya kıvrımlı olduğu sonucuna varabilirsiniz. Ve yerçekiminin etkisi altında olduğunuza inandığınız için bu, yerçekiminin uzayı büktüğü anlamına gelecektir. Gerçekten de, Einstein'ın fark etmiş olduğu gibi yerçekimi bükülmüş uzaydır.

Aslında yerçekimi bükülmüş uzay-zamandır; çünkü Einstein daha önce 1905'te uzayın ve zamanın aslında aynı şeyin görünüşleri olduğunu keşfetmişti. Uzay-zamanın bükülmüş olduğunu fark edemeyiz, çünkü uzay-zaman dört boyutlu bir şeyken, biz zavallılar sadece üç boyutlu varlıklarız. İşte bu yüzden gerçeği anlamak Einstein gibi bir dâhinin çıkmasını gerektirmiştir.

Yani Dünya yüzeyinde ayaklarımızın neden yere yapışık olduğunun asıl açıklaması, Dünya çevresindeki uzay-zamanın kıvrık olmasıdır. Gezegenimiz bir uzay-zaman vadisinin dibinde sanki. Biz vadinin dibine doğru ivmeleniyoruz ama Dünya'nın yüzeyi yolu-muza çıkıyor. Ayaklarımızı yukarıya doğru iten bu yüzeyi yerçekimi olarak anlıyoruz.

Yerçekimi eğilmiş uzay-zaman olduğu için uzayla oyunlar oynamanın –ışık ışınlarının yolunu eğip bükmenin– yanı sıra zamanı da evirip çeviriyor. Ve işte bu noktada –nihayet!– zamanın neden yerçekimi etkisiyle yavaşladığının açıklamasına gelmiş bulunuyoruz.



Bir ışık ışınının iki ayna arasındaki her gidiş gelişinde "tıklayan" bir saat düşünün. Dünya gibi bir kütleye daha yakın olan yerde yerçekimi daha kuvvetli, uzay daha kavislidir, dolaşısıyla ışığın hareketiyle oluşan tıklar arasında geçen süre daha uzun olur. Yani yerçekimi zamanı yavaşlatmaktadır.

İki ayna arasında gidip gelen bir lazer ışınından oluşmuş ideal bir "saat" tasavvur edin. Işının aynalara her çarpışı saptansın ve bir "tıklama" olsun. Bu saat yeryüzünde bulunuyorsa, ışık aynalar arasında dümdüz bir yol izlemez – yerçekimi ışığı büktüğü için tabii.

Şimdi de böyle iki saat düşünün; biri diğerine göre yerden daha yukarıda duruyor olsun. Alttaki saat Dünya'nın kütesine daha yakın olduğu için biraz daha güçlü bir yerçekimine maruz kalacaktır. Bu da o saatin aynaları arasında hareket eden ışığın yukarıdaki saatin ışığına kıyasla daha kavisli bir yol izlediği anlamına gelir. Yol ne kadar kavisliyse, ışığın aynalar arasında kat etmesi gereken mesafe o kadar büyüktür ve tıklar arasında geçen zaman daha uzundur. Dolaşısıyla alttaki saat üsttekine göre daha yavaş tıklar. Başka bir deyişle, yerçekimi güçlüyse zaman daha yavaş akar.

Tarif ettiğim saat düşünölebilecek en temel yapıdaki saattir. Eğer yerçekimi bu saati etkiliyorsa, her saati etkiliyor demektir. Yerçekiminin zamanı yavaşlattığı sonucundan kaçınmak mümkün değildir.

Şimdi eğer bunun gündelik yaşam için bir önem taşımayan ezoterik bir etki olduğunu sanıyorsanız, bir kez daha düşünmeniz gerekecek. Uydu seyir sistemleri ve akıllı telefonlarınız yerinizi belirlemek için bir dizi GPS uydusundan yararlanır. Hayli uzun eliptik yörüngeleri olan bu uydulara saatler monte edilmiştir. Uydu geze-gene yaklaştığında daha güçlü bir çekim altında kalır ve saati yavaş-lar. Eğer elektronik cihazlarınız bu etkiyi dengeleyemiyorsa, konu-munuzu GPS uydularına göre belirlemeyi başaramaz.

Başka türlü söylersek, birçoğumuz her gün farkında olmadan Einstein'ın genel görelilik teorisini sınavan bir deneye katılıyoruz. Bu teori yanlış olsaydı, GPS sistemi konumunuzu her gün 50 metre artan bir hatayla saptardı. Ama aslında on yıl sonra sonuçlar 5 met-reyi aşmayan bir hata payıyla hâlâ doğru olacaktır ve bu da genel göreliliğin ne denli kesin olduğunu gösterir.³

Zamanın yerçekimi etkisiyle yavaşlaması yerçekiminin zayıf olduğu yerlerde az, kuvvetli olduğu yerlerde çoktur. Bildiğimiz en kuvvetli yerçekimi kaynağı ise kara deliklerdir. Kara delik uzay-za-mandaki dipsiz bir çukurdur, yaşamının sonuna gelen çok büyük bir yıldızın kıyameti andıran çöküşünden arta kalmıştır. Bir kara deliğin *olay ufku*na –ışığın ve maddenin kara deliğe düşmekten kaçamadığı dönüşü olmayan sınır– çok yakın bir yerde durup dışarıya doğru bakabilerseniz, evrenin gelecekteki tüm tarihinin hızlı oynatılan bir film gibi gözlerinizin önünden geçtiğini görürdünüz.

İnanılmaz Sivrisinek Patlaması

.....

HER BİRİMİZİN İÇİNDE HAYAL EDİLEMEZ BİR KUVVET
İŞBAŞINDADIR – AMA BUNUN ASLA FARKINA VARMA YIZ

.....

“On bin yerde on bin motor endüstri ve ev makinelerini çalıştırıyor –hepsi de elektromanyetizma bilgisi sayesinde işlemekte.”

Richard Feynman¹

Boş bir reçel kavanozum var. Halka açık konuşmalarda yanıma alırım onu ve havaya kaldırıp derim ki: “Evde beslediğim sivrisineğim Terry’yi de yanımda getirdim. Hepiniz görüyor musunuz onu? Çok ufaktır.” Toplantı bitince bazen gelip soranlar olur: “Gerçekten evcil bir sivrisinek var mı o kavanozda?” Daha az ciddi olanlar ise sözüm ona Terry’nin sağlığını dert etmiştir: “Kapakta hava alması için yeterince delik var mı?”

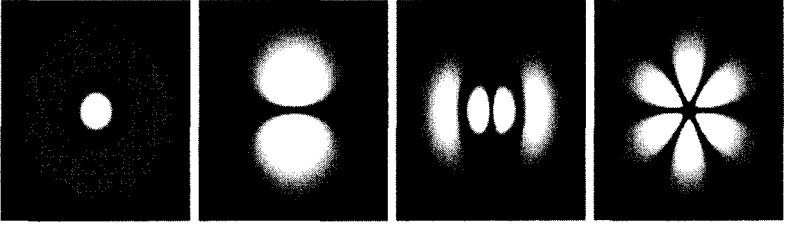
Kavanozu kaldırıp gösterdiğimde, dinleyicilere Terry’nin de hepimiz gibi atomlardan oluştuğunu söylerim. Okulda her atomun Güneş gibi merkezdeki bir çekirdek ile gezegenler gibi çekirdeğin etrafında dönen elektronlardan meydana geldiğini öğrenmiştik. Çekirdeğin elektrik yükü pozitif, elektronlarıki negatiftir. “Benzeşmeyen” elektrik yükleri birbirini çeker ve bir atomu bir arada tutan da bu çekme kuvvetidir.

Bunları söyledikten sonra dinleyicilerime bir tür büyücülükle Terry'nin bütün elektronları ondan çekilip alınsa ne olacağını sordum. Bu mümkün olsaydı, geriye sadece artı yüklü çekirdekler kalırdı – ki “benzer” elektrik yükleri birbirini itme özelliği gösterir. İşte o zaman Terry infilak ederdi. Öyleyse soru şu: Terry'yi patlatan enerji ne çaptadır? Seçenekler:

1. havai fişek
2. dinamit çubuğu
3. hidrojen bombası
4. dünya çapında bir kitlesel yok oluş

Salondakilerden genellikle pek azı havai fişek veya dinamit çubuğu cevabını vermektedir. Çoğu bunun bir tuzak soru olabileceğini düşünüp hidrojen bombası seçeneği için el kaldırır. Ama doğru yanıt 4'tür, Terry dünya çapında bir kitlesel yok oluşa neden olabilecek bir enerjiyle patlar – yani 66 milyon yıl önce Dünya'ya çarpıp dinozorları yeryüzünden silen şehir büyüklüğündeki asteroide benzer bir enerjiyle.

Bütün bu sivrisinek hikâyesinin amacı, vücutlarımızdaki atomları bir arada tutan elektromanyetik kuvvetin akıl almaz gücünü vurgulamaktır. Yerçekimi oldukça güçlü görünür. Ne de olsa, havaya sıçradığınızda daha bir metre bile yükselmemişken sizi Dünya'ya geri çeker. Ama elektromanyetik kuvvet daha güçlüdür. Hem de öyle sadece 10 kat değil. Veya 100 kat. Hatta milyon bile değil. Elektromanyetik kuvvetin yerçekimi kuvvetinden kaç kat güçlü olduğu ancak dudak uçuklatan bir sayıyla ifade edilebilir: 10.000 kere milyar kere milyar kere milyar kere milyar.²



Genellikle bir atomu minyatür bir Güneş Sistemi gibi tasavvur ederiz, oysa gerçek durum çok daha acayıptır. Örneğin hidrojen atomundaki elektron, enerjisine bağlı olarak farklılaşan olasılık bulutları halinde var olur (alan ne kadar açık renkliyse, elektronun orada bulunma ihtimali de o kadar yüksektir).

Ama madem böyle, yolda birinin yanından geçerken neden birbirimizdeki bu olağanüstü kuvveti hiç hissetmiyoruz? Yerçekimini hatırlayalım. Bu kuvvet söz konusu olduğunda sadece tek bir tip madde vardır: her zaman çekme uygulayan madde. Oysa elektromanyetik kuvvet açısından iki tip madde bulunur: çekici kuvveti mümkün kılan madde ve itici kuvveti mümkün kılan madde. Genel bir uzlaşım, bu iki tipe pozitif elektrik yükü ve negatif elektrik yükü diyoruz. Ve görüyoruz ki tüm normal madde tamı tamına aynı miktarda pozitif ve negatif yükten yapılmıştır, yani çekme ve itme mükemmel bir denge halindedir. Dolayısıyla her türlü gündelik durumda elektromanyetik kuvvet tümüyle sıfırlanır.

İşte bu yüzden, tarih boyunca böyle inanılmaz büyüklükte bir kuvvetin var olduğu yakın zamana kadar kimsenin aklından geçmemişti – her ne kadar bazı belirtiler olsa da. Örneğin yıldırımları düşünelim. Bunlar bir fırtına sırasında kuvvetle yükselen havanın elektrik yüklerini ayırmasıyla oluşur. Mekanizma hâlâ tam anlaşılmış değil; ama sonuçta bir bulutla yer arasındaki yük ayrışması o kadar büyük ki ayrışan yükler arasında ortaya çıkan kuvvet havanın atomlarını parçalar, serbest bıraktığı elektron dalgası yere akar ve böylece her şey yeniden dengeye kavuşur.

Yaklaşık son yüz yıl içinde yapay yük dengesizlikleri oluşturmayı ve böylece akıl almaz büyüklükteki elektromanyetik kuvveti serbest bırakmayı öğrendik. Aslında kısaca diyebiliriz ki yük dengesizliklerinin oluşturulması, elektriğin modern Dünya'yı nasıl harekete geçirdiğinin ardındaki sırdır.

Peki ama elektromanyetik kuvvet neden yerçekimi kuvvetinden 10.000 kere milyar kere milyar kere milyar kere milyar kat güçlüdür? 64.000 dolarlık soru bu. Madde parçacıklarını yapıştırıp bir arada tutan dört temel kuvvet olduğunu biliyoruz ve bunların belki de tek bir *süper kuvvetin* özelliklerinden ibaret olduğuna dair güçlü bir şüphemiz var. Ancak, nasıl olup da tek bir teorinin –yani tek bir denklemin– güçleri birbirinden böylesine farklı olan kuvvetler doğurabildiğini kavramak zor. Elektromanyetik kuvvetin neden kütleçekim kuvvetinden bu derece farklı olduğu, fiziğin en dikkat çekici sorularından biri olmayı sürdürüyor. Fizikçiler bunu yanıtlamaya çalışırken, tam da bilinen şeylerin mutlak sınırında duruyor ve oradan bilinmeyenin sislerine bakıyorlar.

Bilinemez Olan

.....

ÇOĞU ŞEY BİLGİSAYARLAR
TARAFINDAN HESAPLANAMAZ

.....

"Bilgisayarlar yararsızdır. Sadece cevap verir onlar."

Pablo Picasso

Bir mikrodalga daima bir mikrodalgadır. Hiçbir zaman bir elektrik süpürgesi, bir tost makinesi veya bir nükleer reaktör olamaz. Oysa bir bilgisayar bir kelime işlemci, interaktif bir video oyunu veya bir akıllı telefon olabilir. Sonsuz bir liste bu. Burada bilgisayarın benzersiz bir özelliğini görüyoruz: Bilgisayar herhangi bir makineye benzeyebilir, onun gibi çalışabilir.

Ama bilgisayarların yapabileceği şeylerin sınırı nedir öyleyse? İngiliz matematikçi Alan Turing, Nazilerin Enigma ve Fish şifrelerinin çözülmesinde oynadığı rolle tanınmıştır, bu çalışmasıyla II. Dünya Savaşı'nı birkaç yıl kısaltmış olduğu bile söylenir. 1930'larda, ortada henüz pratik anlamda bilgisayarlar yokken Turing "Bilgisayarların sınırları nelerdir?" sorusunu sormuştu. Ve bulduğu yanıt oldukça şaşırtıcıydı.

Bilgisayar en temel düzeyde bir sembol karıştırıcıdır. Bir demet sembol –örneğin bir uçağın yüksekliği, hızı, vb.– girer, başka bir demet

sembol –örneğin yakılacak jet yakıtının miktarı, kanatçık açılarında yapılması gereken değişiklikler, vb.– çıkar. Girdi olan sembolleri çıktı sembollerine dönüştüren şey, içeride depolanmış bir komutlar kümesidir. Çok önemli bir husus, bu programın yenilenerek yazılabilir olmasıdır. Bu sayede bilgisayar herhangi bir makineyi taklit edebilmektedir. Onun olağanüstü çok yönlülük ve verimliliğinin kaynağı işte budur.¹

Turing kâğıt üzerinde soyut bir makine tasarlamıştı, depolanmış bir programa dayanarak sembolleri karıştırıp yerlerini değiştiren bir makine olacaktı bu. Programı tek boyutlu bir şeritteki 0'lar ve 1'ler halinde depolanacaktı. Sayılar ve komutlar dâhil her şey sonuçta böyle ikili bir koda indirgenebilir. Makinenin tam nasıl çalıştığı – okuyucu/yazıcı bir kafanın rakamları teker teker değiştirmesi– aslında çok önemli değil. Can alıcı nokta, başka herhangi bir makineye ait betimlemenin ikili kodlama halinde Turing'in makinesine yüklenbilmesi ve böylece o makinenin işleyişinin taklit edilebilmesidir.

Turing makinesine –daha önce benzeri görülmemiş– bu becerisi nedeniyle, Evrensel Makine diyordu. Bugün de Evrensel Turing Makinesi adıyla anılıyor. Tabii günümüzde bu makineyi görüp de bir bilgisayar olduğunu anlamak imkânsız. Oysa tam anlamıyla bir bilgisayar. Bir Evrensel Turing Makinesi düşünülebilecek en basit bilgisayardır, yani programlamanın indirgenemez atomudur.

İşin tuhafı, Turing bu zihin makinesini geliştirirken, bir bilgisayarın neler yapabileceğini değil neler *yapamayacağını* göstermeyi amaçlamıştı. Bir matematikçi olarak bilgisayarların nihai sınırına ilgi duyuyordu.

Turing'in hesaplanamaz bir problem bulma çabası uzun sürmedi. Hatta denebilir ki aramaya daha yeni başlamışken, ne kadar güçlü olursa olsun hiçbir bilgisayarın halledemeyeceği basit bir meseleye takılıp kaldı. Mesele şuydu: Bir program verilen bilgisayar, onun bir çarkın içinde çılgınca koşan bir hamster gibi bir döngüye girerek

hep aynı komutlara geri mi gideceğini yoksa sonunda duracak mı olduğunu söyleyebilir mi?

İlk bakışta, Turing'i zorlayan bu "durma problemi" son derece basit görünebilir. Bir program sürekli hesaptan hesaba mı koşacak yoksa bir yerde duracak mı sorusunu yanıtlamak için o bilgisayar programını çalıştırmak yeterli değil mi? Ama ya hemen değil de bir yıl sonra sonsuz döngüye girerse? Veya bir yüzyıl sonra? Veya bir milyar yıl sonra? Herhalde problemi görmeye başladınız. Programın sonunda duracağından emin olmanın tek yolu, bunu program çalışmadan önce saptamış olmaktır. Peki bu mümkün mü? İşte Turing'in bulduğu cevap: hayır!

1936'da zekice akıl yürüten Turing, bir programın sonunda duracak mı yoksa sonsuzca çalışacak mı olduğunu bilmenin imkânsız olduğunu gösterdi; dolayısıyla düşünülebilecek hiçbir bilgisayar da bunu yapamazdı. "Hesaplanamaz" bir şeydi bu.²

Ne kadar güçlü olursa olsun hiçbir bilgisayarın altından kalkamayacağı basit bir mesele bulmanın bu kadar kolay olması, hesaplama dünyasının dikensiz gül bahçesi olmadığına işaret eden bir olguydu. Tuhaf ama çoğu problemin bilgisayarlarla hesaplanamayacağı anlaşılmıştır. Sanki kocaman bir hesaplanamaz problemler okyanusunda kaybolmuş –ve matematikçiler tarafından bulunmuş– bir hesaplanabilir problemler takımadası vardır.

Neyse ki sözü geçen bu durma problemi, çözümleri için bilgisayarları kullandığımız türde problemlerin –hesap tabloları oluşturmak, akıllı telefonları çalıştırmak, yolcu uçakları uçurmak, vb.– tipik bir örneği değildir. Bu yüzden Turing'in bilgisayarlarla ilgili olarak getirdiği sınır teknolojik bakımdan geri kalmamıza neden olmamıştır. Bilgisayarlar şaşırtıcı bir şekilde saf matematiğin soyut dünyasında doğmuş olan, hayal gücünün ürünü makinelerdir ama buna rağmen alabildiğine pratik araçlar oldukları ortadadır.

Bütün bunlara bir dipnot olarak, Turing'in keşfettiği hesaplanamazlık ile bundan sadece beş yıl önce Avusturyalı mantıkçı Kurt Gödel tarafından matematik alanında yapılan şok edici buluş arasında derin bir bağlantı olduğunu belirtelim.

Matematiğin her alanının aynı basit yapıya sahip olduğunu biliyoruz. Matematiksel doğrular ya da teoremler, aksiyom denilen doğrulukları besbelli olan önermelerden mantık kuralları uygulanarak elde edilir. 1900'de Alman matematikçi David Hilbert aksiyomlardan yola çıkıp mantık uygulayarak teoremler bulmanın mekanik bir süreç olduğuna dikkat çekti. Bunun için matematikçilerin sezgisine veya özel yeteneğine gerek yoktu. Teorik olarak tüm matematik, mantık kuralları içinde başka bir tarafa bakmadan ilerleyerek az sayıda aksiyomdan çıkarılabilirdi. Bu mekanik süreci betimleyen Hilbert, –farkında olmasa da– bir bilgisayarın işleyişini anlatmış oluyordu.

Gelelim Gödel'e. 1931'de Gödel, Hilbert'in umutlarını altüst etti. Ne doğruluğu ne de yanlışlığı kanıtlanabilecek teoremler olduğunu gösterdi. Bunlar *karar verilemez* teoremlerdi. Bir benzetmeyle konu daha kolay anlaşılabilir. Aksiyomları bir binanın temel taşları, mantığı da onları balon gibi havada duran teoremlere bağlayan iskele olarak düşünün. Gödel'e göre böyle boşlukta yüzen ve temelin üstündeki iskele aracılığıyla asla ulaşılamayan balonlar daima olacaktır. Tabii yeni temel taşları eklemek her zaman mümkündür. Ama onlar da yeni balonlar yaratır.

Gödel'in karar verilemezlik teoremi –ya da daha yaygın adıyla tamamlanmamışlık teoremi– matematik tarihinin en ünlü ve en sarsıcı sonuçlarından biridir. Çalışma yayınlandığında matematikçilerin moralini öylesine bozdu ki bir kısmı umutsuzluğa kapılarak mesleği bıraktı. Ne denebilir ki? Tıpkı çoğu problemin hesaplanamaz olması gibi matematiksel önermelerin de çoğunlukla karar verilemez oldu-

ğu görülüyor. Kanıtlanabilir matematiksel doğrular kanıtlanamaz doğrular okyanusunda kaybolmuş bir takımadadan ibaret.

Yine de her şey kaybedilmiş değil. Durma probleminin bilgisayar kullandığımız sorunların tipik örneği olmaması gibi özel olarak Gödel'in kanıtladığı karar verilemezlik teoreminin de matematikçiler tarafından başarıyla keşfedilen türden teoremlerin tipik örneği olmadığı görüldü. Matematikçiler işsiz kalmadı böylece.

Demek ki soru şu: Matematikçiler kanıtlanamaz doğruların bu muazzam okyanusu içinde kanıtlanabilir doğruları nasıl bulabiliyor? Tanım gereği, takımadadaki her bir adaya diğer adaların her birinden yola çıkıp mantık kurallarını uygulayarak varılamıyor. Belki de bu –bazılarının iddia ettiği gibi– insan beyninin bilgisayardan daha fazla bir şey olduğuna ve düşünülebilecek hiçbir bilgisayarın başaramayacağı şeyler yaptığına dair bir işaret.

Çifte Bela

.....
 BİR ATOM AYNI ANDA İKİ YERDE OLABİLİR – SİZİN HEM
 LONDRA'DA HEM DE NEW YORK'TA
 OLMANIZ GİBİ BİR ŞEYDİR BU

*"Evren sadece sandığımızdan daha garip değil,
 sanabileceğimizden de daha gariptir."*

J. B. S. Haldane

Yirminci yüzyıl başlarında atomlar ve atom bileşenleri dünyasının gündelik dünyamıza hiç mi hiç benzemediği fark edilmişti. O zamana kadarki tecrübelerle bu durum belki de kimseyi şaşırtmayacaktı. Ne de olsa bu cümlelerin sonundaki noktayı koyabilmek için 10 milyon atom gerekecek. Son derece küçük şeyler neden masaların, iskemlelerin, insanların müziğine göre dans etsin ki?

Ama fizikçiler sadece mikroskobik Dünya'nın farklı davrandığını keşfetmemişti; aynı zamanda komik denecek kadar çılgınca ve imkânsız görünen davranışlarla karşılaştılar. "Gece yaralarına kadar saatlerce sürmüş ve neredeyse hayal kırıklığıyla sona ermiş tartışmalar hatırlıyorum," demişti Alman fizikçi Werner Heisenberg. "Ve eğer tartışma sonrası yakındaki parkta tek başıma dolaşacak olursam,

tekrar tekrar soruyordum kendime: Doğa bu atom deneylerinde bize görüldüğü kadar saçma sapan olabilir mi?”

Bugünkü bilgimize göre maddenin atomlar, elektronlar ve fotonlar gibi yapıtaşları tuhaf bir ikili doğaya sahiptir. Hem konumları belli parçacıklar olarak –küçük bilardo topları gibi– hem de yayılan dalgalar –bir su birikintisindeki küçük dalgalanmalar gibi– davranabilirler. Gündelik Dünya’da böyle davranan hiçbir şey yoktur. Yani bir türlü akıl erdiremezseniz, dert etmeyin. Kimse erdiremiyor.

Kuantum dalgaları kesinlikle gariptir. Su birikintisindeki gibi fiziksel değildir bunlar, soyut matematiksel dalgalardır ve uzay’da Schrödinger’in denklemine göre yayılırlar. Kuantum dalgası büyükse –yani yukarı-aşağı hareketi ya da *genliği* büyükse– bir parçacığa rastlama şansı ya da ihtimali de yüksektir; dalga küçükse, parçacık bulma ihtimali de düşük olur.¹

Doğanın temel yapıtaşlarındaki *dalga-parçacık ikiliğinin* belirgin bir sonucu, dalgaların yapabildiği her şeyi bunların da yapabiliyor olmasıdır. Dalgalar köşeden dönebilir. Bunu yapamasalardı yan sokaktaki otomobilin gürültüsünü duyamazdınız. Ama dalgaların yapabildiği ve gündelik dünyamızda fark edilmeyen öyle bir şey var ki mikroskobik Dünya’nın tam anlamıyla altını üstüne getiren sonuçlar yaratıyor.

Denizde fırtına çıktığını, devasa dalgalar oluştuğunu kabul edelim. Ertesi gün fırtına dinsin, hafif bir esintinin yaladığı sularda minik çırpıntılar olsun. Böyle dalgaları gören herkes, bunların kombine edilebileceğini bilir: yüzeyinde çırpıntılar olan büyük dalgalar. Ve işte bu dalgaların genel bir özelliğidir: İki veya daha fazla dalga mümkünse, bunların kombinasyonu da mümkündür.

Bu üstüste binme durumu mikroskobik Dünya’da olağanüstü bir sonuç doğurur. Bir odada havadaki oksijen atomunu temsil eden bir kuantum dalgası bulunduğunu ve bu dalganın odanın sağ tarafında çok büyük olduğunu düşünelim. Demek ki atomu sağ tarafta bulma

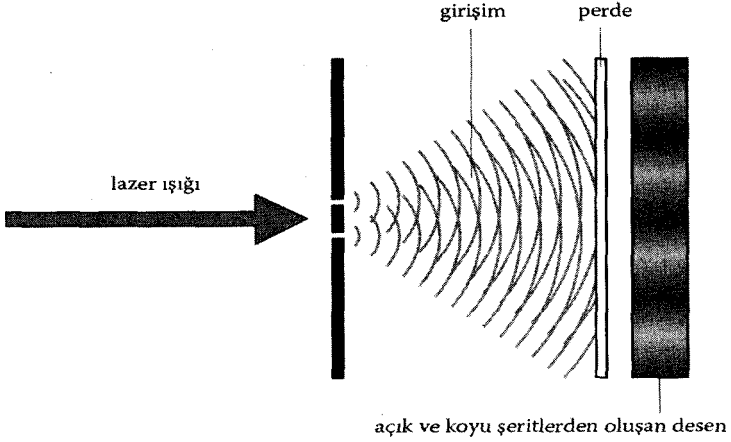
şansımız neredeyse yüzde 100'dür. Her iki dalga mümkün olduğuna göre, bu ikisinin üstüste binme de mümkündür. Ama bu, oksijen atomunun hem sol tarafta hem de sağ tarafta olduğu anlamına gelir – yani atom aynı anda iki yerde birden bulunmaktadır.

Doğa kendi yapıtaşlarının böyle akıl almaz şekilde davranmasına izin veriyor, ne var ki biz bunu hiçbir zaman gözlemleyemiyoruz. Oksijen atomu odanın bir tarafında saptanmışsa, üstüste binmenin parçacığı diğer tarafta temsil eden kısmı nasıl gerçekleştiği tam anlaşılamayan bir şekilde derhal kayboluyor veya çöküyor. Esas itibarıyla bir kuantum biriminin parçacık-benzeri konumsal yüzünü ortaya çıkarmak üzere bir deney yapmak, onun konumsal-olmayan, dalga-benzeri yüzünü ortaya çıkarmayı otomatik olarak engeller.

Ama doğa bir atomun aynı anda iki yerde birden olmasına izin verse de, biz bunu asla gözlemleyemediğimize göre, böyle olmasının bir önemi var mı? Aslında var. Çünkü bundan birtakım sonuçlar doğuyor. Üstelik her türlü kuantum tuhaflıklarına yol açan sonuçlar. Hatta içinde yaşadığımız Dünya'nın var olmasını sağlayan sonuçlar.

Ayrıca buradan dalgalarla ilgili, *girişim* denilen başka bir olguya bağlanıyoruz. Su birikintisine düşüp sıçrayan yağmur sularını hepimiz biliriz. Düşen her damlayla eşmerkezli dalgalar yayılır ve üst üste biner. Eğer iki dalganın tepesi çakışırsa, dalga daha güçlü olur; bir dalganın tepesi diğerinin çukuruyla çakıştığında ise birbirini sıfırlar. Dalgaların üst üste geldiği yere diklemesine düz bir engel koyarsak, dalganın kabardığı ve durgun kaldığı yerleri görebiliriz. 1801'de çok yönlü bilim insanı Thomas Young böyle bir deney yapmıştı. İki kaynaktan yayılan ışıkların üst üste geldiği bir düzenek hazırladı ve buna bir de beyaz perde ekledi. Perdede gördüğü şey, marketlerdeki barkodlar gibi bir koyu bir açık renk şeritlerdi. Işığın dalgalara özgü bir davranış sergilediğini göstermekle, ışığın dalga olduğunu ispatlamıştı. Bu öyle kolayca saptanacak bir şey değildir.

Çünkü ışığın dalga boyu –birbirini izleyen dalga tepeleri arasındaki mesafe– bir milimetrenin binde biri kadardır, yani çıplak gözle göremeyecek kadar küçüktür.



Girişim iki kaynaktan yayılan dalgaların üst üste geldikleri yerde birbirini ya güçlendirir ya da sıfırlaması olgusudur. Bu süreç kuantum dünyasından gündelik Dünya'nın doğmasında canalcı bir rol oynar.

Peki bir atomun aynı anda iki yerde olması girişim nedeniyle sonuçlar doğuruyorsa, nedir bu sonuçlar?

İki bowling topunun çarpışarak birbirini sektirdiğini ve ters yönlerle doğru yuvarlandığını varsayalım.² Saat kadrana benzeterek düşünersek, örneğin 1 ve 7 veya 9 ve 3 yönlerinde gidiyor olabilirler. Eğer topları binlerce defa çarpıştırırsak, kadrandaki bütün sayıların üstünden geçtiklerini görürüz.

Ama bir de atomlar ya da elektronlar gibi iki mikroskopik parçacığın çarpıştığını düşünün. Ve bunu da binlerce kez tekrarlayın. Parçacıkların kadrandaki bazı yönlerle asla gitmediğini, buna karşılık bazı yönleri özellikle tercih ettiklerini görüp şaşıracaksınız. Buna

yol açan, her parçacıkla ilişkili kuantum dalgasıdır. Kadrandaki bazı yönlerde iki dalga birbirini destekler, bazılarında ise sıfırlar. Destekleme olan yönlerde seken parçacıklar daha sık görülür, sıfırlama olan yönlerde ise hiç görülmezler.

Bu deney 1927'de ABD'den Clinton Davisson ve Lester Germer ile İskoçya'dan George Thomson tarafından gerçekleştirildi. Gerçi onlar elektronları bir kristalden sektirmişlerdi, ama temel fikir aynıydı. Elektronların bazı yönlerde sık görüldüğünü, bazılarında ise hiç bulunmadığını saptadılar. Bu durum, mermiye benzeyen elektronların dalga gibi davranabildiğini kanıtlıyordu. Ve Thomson ile Davisson'a 1937'de Nobel Fizik Ödülü'nü kazandırdı.

Yani basit parçacık çarpışmaları olduğunda bile, kuantum dalgalarının girişi, büyük boy dünyamızda hiç rastlanmayan garip davranışlar doğurmaktadır.

Ama bir kristalden seken elektronlar hiç de alışık olduğumuz bir şey değil. Kuantum dalgalarının bizim gerçek dünyamız için nasıl bir önemi var öyleyse? Önemleri şu: Bizi oluşturan atomların var olmasını açıklıyorlar.

Bölüm 25'te –on dokuzuncu yüzyıl fiziğinin doruğu olan– elektromanyetizma yasalarını tartışırken, bir atomda dönmekte olan elektronun minik bir verici gibi sürekli olarak elektromanyetik dalgalar yayması gerektiğine değinmiştik. Böyle bir durumda elektron sürekli enerji kaybedeceğinden, saniyenin yüz milyonda biri içinde spiral bir yol izleyerek atom çekirdeğine düşer. Kısacası, atomlar var olamaz.

İşte burada kurtuluşu kuantum teorisi sağlıyor, çünkü bir elektronun yayılan bir dalga olduğunu, dolayısıyla çekirdeğin içine sıkışamayacağını söylüyor. Ama fizikte bir duruma bakmanın daima birden fazla yolu vardır. Bir atomdaki elektron çekirdeğin etrafında birçok farklı yol izleyebilir. Örneğin bir daire çizer. Ya da bir kare.

Ya da en yakın yıldıza uçup onun etrafından dolanarak tekrar çekirdeğe döner. Olasılıklar sonsuzdur ve hepsinin de ilişkili olduğu bir kuantum dalgası vardır. Bir bakıma elektron, aynı anda nasıl birçok yerde olabiliyorsa, tam aynı şekilde yapar bütün bunları.

Ama işin ilginç yanı da burada. Kuantum dalgalarının sonsuzluğu toplanacak olsa, bunlar çekirdeğin yakınında birbirini götürecek, sıfırlayacaktır. Başka bir deyişle, bir elektronun çekirdeğe yaklaşma ve atomun çökerek bir hiç olmasına yol açma ihtimali kesinlikle yoktur.

Atomların –ve dolayısıyla bizlerin– var olması olgusu, elektronların aynı anda birçok yerde olabilmesi ve aynı anda birçok şey yapabilmelerinden dolayıdır. Kuantum tuhaflığı olmasa, gündelik dünya da kelimenin tam anlamıyla hiç olmayacaktı.

Çılgın Sıvı

BİR SIVI VAR Kİ HİÇ DONMUYOR
(VE YOKUŞ YUKARI AKABİLİYOR!)

"Bir bakıma lisenin ilk günlerinden itibaren şüphe ettiğiniz şey doğru: Elementler tablosu muazzam bir zaman kaybı. Evrendeki her on atomdan dokuzu, ilk element ve yıldızların en büyük bileşeni olan hidrojen. Geri kalan yüzde 10 da helyum."

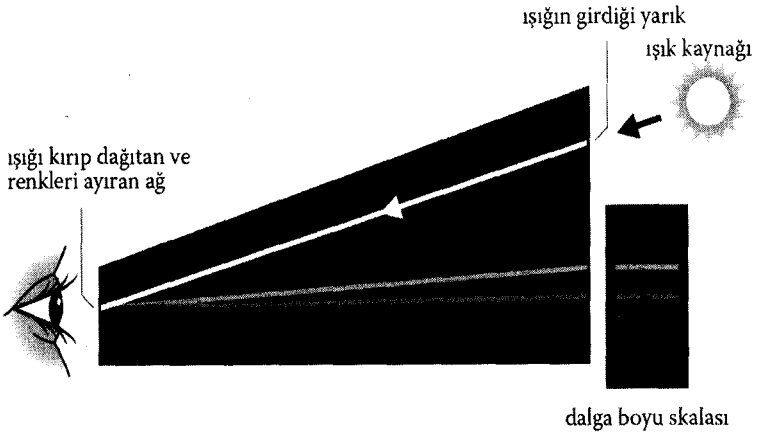
Sam Kean

İnsanların bildiği en garip elementlerden biri kuşkusuz helyumdur. Sesinizin gıcırtılı çıkmasına sebep olan ve Mickey Mouse balonlarının içine doldurulan maddedir helyum. Sıvı haldeyken asla donmaz ve yokuş yukarı akabilen yegâne sıvıdır.

Helyum en çok mevcut olan ikinci elementtir. Aslında evrendeki her on atomdan biridir. Böyle olunca, yaklaşık 125 yıl öncesine kadar bilinmiyor olmasına şaşmamak elde değil.

Helyumun gözden kaçması, onun hem kimyasal olarak eylemsiz (veya tepkisiz) hem de son derece hafif olması yüzündendir. Eylemsiz olması, başka elementlerle çok nadir olarak bileşim oluşturması anlamına gelir; hafif olduğu için de havaya bırakılır bırakılmaz uzaya doğru yükselmeye başlar. Zaten uzay bu gazın öncelikle bulunduğu yerdir.

Helyum yeryüzünde keşfedilmeden önce Güneş'te keşfedilen tek elementtir. Onu orada tespit eden Norman Lockyer başka şeylerin yanı sıra St Adrews golf kuralları üzerine ilk kitabı yazmış, Londra Bilim Müzesi'ni kurmuş ve uluslararası bilim dergisi *Nature*'ın yayınına başlatıp ilk elli yıl boyunca editörlüğünü üstlenmişti. 20 Ekim 1868'de Güney Londra'nın banliyösü Wimbledon'daki bahçesinde bulunan 6 inçlik teleskopunu Güneş'e çevirdi ve bir spektroskopla ışığı inceledi. Bir Güneş fıskiymasının –Güneş yüzeyinden fırlayan malzemenin halka şeklini alması– spektrumundan geçen ilginç bir sarı çizgi gördü.



Güneş'ten gelen ışık onu oluşturan renklere ya da dalgaboylarına ayrıştığında ilginç bir tayf çizgisi belirmişti. Sonradan buna helyum elementinin neden olduğu anlaşıldı.

Bu çizgi aynı yıl Hindistan'da Fransız astronom Pierre-Jules César Janssen tarafından da gözlemlenmişti. Hem Lockyer hem de Janssen laboratuvarlarında çeşitli maddeleri ısıtarak bu spektral du-

rumu yeniden oluşturmaya çalıştı, ama başarılı olamadılar. Bunun üzerine Lockyer 1870'te cesurca bir görüş öne sürerek sarı çizginin hiç bilinmeyen bir elementin belirtisi olduğunu söyledi. Helyumun var olduğunu savunduğu için alaya alındı ve eleştirmenlerinin mahcup olduğunu ancak yıllar sonra görebildi.

Helyumu yeryüzünde bularak Lockyer'in haklı olduğunu ispatlayan kişi İskoçyalı bilim insanı William Ramsay'di. Ramsay aynı zamanda elementler tablosundaki bütün bir grubu keşfetmiş olan tek insandır. Mart 1895'te kleveyit adlı uranyum mineralinden salınan gazların tayfini incelerken, gizemli bir sarı çizgiye rastladı. Elinde iyi bir spektroskop yoktu Ramsay'in, onun için gaz örneklerini hem Lockyer'e hem de katot ışını tüpleriyle yaptığı deneylerle ve telepati gibi psişik olgulara inanmasıyla tanınan fizikçi William Crookes'a gönderdi. Crookes bir hafta içinde bu gazın Lockyer tarafından gözlemlenmiş bulunan gazla aynı olduğunu bildirdi. Ve Lockyer gözlerini kısarak baktığı spektroskopta ilk kez çeyrek yüzyıl önce Güneş'te gördüğü "görmekli sarı parıltıyla" yeniden karşılaştığında, müthiş bir sevinç içindeydi.

Günümüzde helyum ark kaynağı donanımında, gaz soğutmalı nükleer reaktörlerde ve lazerlerde kullanılmaktadır. Derin deniz dalgıçları korkulan vurgunlardan kaçınmak için bir helyum-oksijen karışımı solur. Ama helyumun en bilinen özelliği, başka her şeyden daha etkili bir soğutucu olmasıdır. Kaynama sıcaklığı en düşük – mutlak sıfırın sadece 4,2 derece üstünde, yani -269°C – olan maddedir. Sıvı helyum astronomik detektörlerden *süper iletken* mıknatıslara kadar pek çok şeyi soğutmak için kullanılır.

Aslında sıvı haldeki helyum bilimin tanıdığı en çılgın maddelerden biridir. Sıcaklığı 2,18 Kelvin'in altına düştüğünde bir *süper sıvı*ya dönüşür, sürtünmesiz akabilir, hatta yokuş yukarı tırmanabilir.

Böyle bir süper sıvıyı ya da diğer adıyla kuantum sıvısını anlamının anahtarı, tüm atomların sımsıkı bir düzen içinde, birbirleriyle *ilintili* olarak hareket ediyor olmasıdır. Bir bakıma tek bir süper-atom gibi davranırlar. Normal bir sıvı bir yüzeyde kayarken, ona ait bireysel atomlar yüzeydeki atomlara toslayarak enerji kaybederler ve bu sürtünme ya da *viskozite* sıvıyı yavaşlatır. Oysa bir süper sıvının bireysel atomları yüzeydeki atomlara enerji veremez, çünkü bir anlamda hepsi süper sıvının diğer tüm atomlarına bağlıdır. Bu yüzden süper sıvı sürtünmesiz akar ve viskozitesi pratik olarak sıfırdır.

Yüzeyle olan sürtünme o kadar hafiftir ki en ufak bir dürtme bile –sıcaklık veya basınç değişikliği gibi– süper sıvının akması için yeterlidir. Dolayısıyla minik bir kuvvetin etkisiyle bu hafif sıklet sıvı yerçekimine karşı yönde, yokuş yukarı tırmanmaya başlayabilir.

Ayrıca, helyum hiçbir zaman katı hale geçmeyen yegâne madde-dir. Bir sıvı, çok ağır hareket eden atomları sabit bir kafes oluşturduğunda donar. *Kuantum belirsizliği* helyum atomlarının –sıcaklık mutlak sıfır noktasında olduğunda bile– en azından normal atmosfer basıncı altındayken sağlam bir kafes halinde duramayacak kadar kırırdak olmasını sağlamaktadır. Cehennem donsa, sıvı helyum hâlâ akmaya devam edecektir.²

Kırık Kalbimi Yapıştır

GELECEKTE ZAMAN GERİYE DOĞRU AKABİLİR

"Zaman geri akacak ve altın çağı getirecek."

John Milton, "On the Morning of Christ's Nativity"

Zaman geriye doğru akabilir mi? Bu soruyu yanıtlayabilmek için önce zamanın neden ileriye doğru aktığını anlamak lazım. Ama bu hiç de kolay değil. Sorun şu ki evrenimizi yöneten temel fizik yasalarında zamanın herhangi bir yönü tercih edilmiyor. Örneğin bir atom bir ışık fotonunu fırlatabilir de, yutabilir de. Dolayısıyla, bir atomun filmini izleyecek olsanız, filmin ileri doğru mu, geri doğru mu oynadığını bilemezsiniz. İkisi de aynı derecede makul görünür.

Şimdi bunu gündelik deneyimimizle karşılaştıralım. Mesela sağlam durumdaki bir şatonun fotoğrafı ile aynı şatonun yıkıntı halindeki bir fotoğrafını görüyor olalım. Ya da sağlam bir yumurta ile kırılmış bir yumurta. Ya da aynı kişinin çocukluğu ve yetişkin hali. Bunlarda zamanın yönü besbellidir. Hangi fotoğrafın daha eski hangisinin daha yeni olduğu. Yıkık bir şatonun eski sağlam haline döndüğünü, kırık yumurtanın önceki gibi oluverdiğini veya bir insanın gençleştiğini kim görmüş ki?

Peki ama neden bir atomun davranışı zaman-tersinirken, bir atom topluluğunun –örneğin bir şatonun, yumurtanın veya insanın– davranışı zaman-tersinir değil? Bunlar hep düzen ve düzensizlikle ilgili. Bütün bu senaryoların ortak yanı, düzenden düzensizliğe geçişi betimliyor olmaları. Belli ki harabeye dönmüş bir şato, sağlam bir şatodan daha düzensizdir. Ve işte temel olarak biz, düzenden düzensizliğe doğru olan bu değişikliği zamanın yönü ya da *okuyula* bağlantılı sayıyoruz.

Büyük nesnelerin –büyük atom topluluklarının– bir düzen durumundan düzensizliğe gitme eğiliminin nedeni tümüyle olasılıkla ilgilidir. Tekrar yumurtaya dönelim: aynı yumurta önce sağlam, sonra parçalara ayrılmış. Sağlam olmasının tek bir yolu var, oysa kırık olması pek çok şekilde mümkün. Örneğin iki üç veya dört parçaya bölünebilir, vb. Hatta dört parçaya bölündüğünde de parçalardan biri büyük, üçü küçük ya da ikisi büyük, ikisi küçük olabilir. Herhalde mesele anlaşıldı.

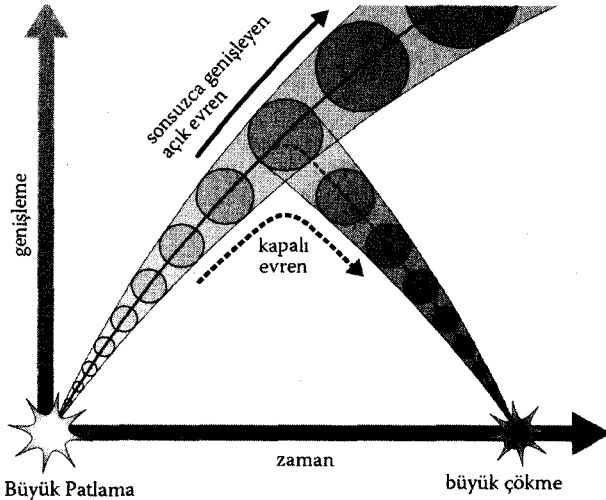
Can alıcı nokta şu: Ortaya çıkabilecek bu sonuçların her biri aynı ölçüde olasıysa, yumurtanın sonunda kırılmış olması çok daha muhtemel demektir – çünkü kırılma yolları sağlam kalma yollarından çok daha fazladır.

Bir zaman okunun olması işte bu yüzden: çünkü büyük bileşen topluluklarından oluşan cisimler söz konusu olduğunda, düzensiz durumların sayısı daima düzenli durumlardan daha fazladır. Dolayısıyla düzensizliğin artması yönünde kuvvetli bir eğilim vardır. Aslında bu son cümle fiziğin mihenk taşlarından biri: ikinci termodinamik yasası. Bölüm 14'te değinildiği gibi fizikçilerin düzensizlik için kullanmayı yeğlediği sözcük *entropidir*; entropinin asla azalmayacağını söylerler.

Tabii bir şeylerin düzensizleşebilmesi için önce düzenli olmaları gerekir. Her şeyi başlangıç durumuna geri götürecek olursak, varmamız gereken sonuç, evrenin düzenli bir halde başladığı olacaktır. Ve bu da fizikçiler için büyük bir problemdir, çünkü düzenli

bir durum “özel” bir durumla eşanlamlıdır ve bir fizikçi için herhangi bir şeyi açıklarken özel bir şeye başvurmak, Tanrı kavramına başvurmakla eşdeğerdir. Ne var ki evrenin içinden doğduğu Büyük Patlama gerçekten de çok düzenli görünüyor.

Demek ki zaman ileriye doğru akmasının nedeni son kerte de evrenin düzenli olarak başlaması ve giderek daha fazla düzensizleşme olasılığına sahip olmasıdır. Ama ya bir gün Büyük Patlama’ya simetrik bir şekilde geriye doğru büzüşüp her şeyin tek bir süper yoğun noktaya sıkıştığı bir “büyük çökmeye” dönerse? O zaman evrenin nihai varış noktası Büyük Patlama’daki gibi düzenli bir durum olacağı için büzüşmekte olan evren giderek daha düzenli hale gelecektir. Ve bunun kaçınılmaz sonucu, zamanın geri akmasıdır. Patlayan yıldızlar eski haline döner, canlılar gençleşir, vb.



Kritik yoğunluk: Belli bir kütenin altındaki evren sonsuzca genişler. BU kütle aşılmıca, sonunda yerçekiminin ezdiği evren, doğumu olan Büyük Patlama’yla bir tür simetri oluşturarak bir büyük çökmeye varır.

Ama evrenin bir büyük çökmeye varması ne kadar olası? Büyük Patlama'dan 13,82 milyar yıl sonra halen evrenin genişlemekte olduğunu biliyoruz, çünkü teleskoplarımız galaksilerin birbirinden uzaklaştığını gösteriyor. Astronomlar, eğer evrenin yeterince kütlesi varsa günün birinde bu kütlenin uyguladığı yerçekiminin genişlemeyi yavaşlatacağını, sonra da durdurup geri döndüreceğini düşünüyordu. Ama 1998'de bilim insanları *karanlık enerjiyi* keşfetti. Karanlık enerji bütün uzayı dolduran görünmez bir şeydir ve uyguladığı itici yerçekimiyle evrenin genişlemesini hızlandırmaktadır (daha fazlası için bkz. Bölüm 43). Böyle olunca, gelecekteki bir büyük çökme pek muhtemel görünmüyor. Ancak, gözlem sonuçlarına göre karanlık enerji evrenin kontrolünü kozmik tarihin görece yakın bir döneminde ele geçirmiştir. Ve neden "devreye girdiğine" dair hiçbir fikrimiz olmadığı için günün birinde yeniden devre dışı kalması da her zaman mümkündür. O durumda evrenin bir büyük çökmeye büzüşmesi ihtimali doğar.

Ama burada ilginç bir husus var. Büyük çökmeye doğru büzüşen bir evrende zaman geriye akarken, aynı şey hayatta kalmış canlıların Dünya'yı algılamasını sağlayan düşünce süreçleri için de geçerli olacaktır. Bir tas "sıcak-olmayan" olmayan çorbanın sıcak olması gibi geri giden bir evren de geriye doğru algılandığında ileri gidiyor görünecektir. Bu da şaşırtıcı bir ihtimal çıkarıyor ortaya. Biz genişleyen bir büyük patlama evreninde yaşadığımıza ne kadar kani olsak da belki de gerçek bunun tersidir: aslında büzüşen bir büyük çekme evreninde yaşıyor olabiliriz!

Bunu Kim Sipariş Etti?

DOĞA KENDİ YAPI TAŞLARININ ÜÇ KOPYASINI YAPMIŞTIR

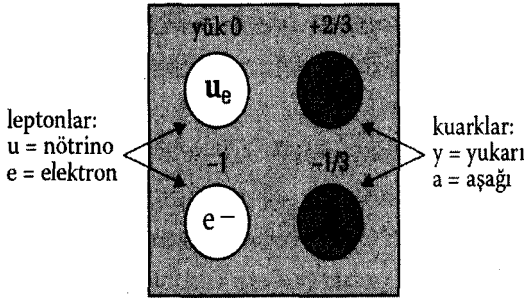
"Ramanlar her şeyi üçlü olarak yapar."

Arthur C. Clarke¹

Lego'nun güzelliği, sonlu sayıda temel yapıtaşından sonsuz çeşitlilikte nesneler yapılabiliyor olmasıdır. Ama diyelim ki Lego şirketi farklı bir Lego oyunu başlatmayı düşündü ve aynı taşların yüzlerce kez büyüklerini üretti. Sonra da bir yenilik daha duyurarak, aynı taşları bu kez binlerce defa büyütülmüş olarak imal etti. Bu delice bir iş olurdu tabii. Ama işte doğanın kendi temel yapıtaşlarıyla yapmış olduğu tam da budur.

Normal madde sadece dört temel yapıtaşından oluşmuştur: iki *lepton* ve iki *kuark*. Leptonlar elektron ile elektron-nötrinosudur. Genellikle atomlarda çekirdek etrafında dönen elektron tanıdığımız bir şey, ama nötrino pek değil, çünkü başka şeylerle temastan anlaşılmaz derecede uzak duran bir davranışı var. Güneş'in ortasındaki nükleer tepkimeler tarafından muazzam miktarlarda üretilen nötrinoların normal maddeyle *etkileşimi* öyle azdır ki ışığın bir cam levhadan geçmesi gibi kolayca Dünya'nın içinden geçip giderler.²

Normal maddenin bu iki leptonu, iki kuark tarafından birleştirilir: yukarı-kuark ve aşağı-kuark. Bunlar üçlü kümeler halinde bir araya gelerek atom çekirdeklerinin (nuclei) asli bileşenleri olan proton ve nötronları meydana getirirler. Proton iki yukarı-kuark ve bir aşağı-kuarktan, nötron ise iki aşağı-kuark ve bir yukarı-kuarktan oluşur. Kuarkların varlığı 1960'ların sonları ve 1970'lerin başlarında, parçacık fizikçilerinin yüksek hızlı elektronları protonların içine fırlatmasıyla kanıtlanmıştı. Elektronlar tam da içeride gömülü nokta benzeri üç zerreye çarpıp sıçramış gibi bir sekme hareketi yapıyordu.



Gündelik Dünya'nın bütün o sersemletici çeşitliliği netice itibarıyla dört temel kuvvet aracılığıyla etkileşen bu dört temel parçacığın eseridir.

İşin tuhafı, kuarkları bir proton veya nötrondan çekip çıkarmak ve böylece bir *serbest kuark* elde etmek imkânsızdır. Çünkü kendine has davranışıyla güçlü nükleer kuvvet, kuarkları birbirine yapıştırır. Zaten son derece güçlü olması bir yana, iki kuark birbirinden uzaklaştıkça, bu gücü daha da artar – tıpkı gerildikçe direnci artan bir lastik gibi. İki kuarkın ayrılıp serbest kalmasından çok önce, lastiğin gerilmesiyle biriken enerji –enerjinin korunumu yasasına uygun şekilde– yeni parçacıkların kütle enerjisine dönüşür.³ Özellikle parça-

cık fiziği yasaları bir kuark-karşıkuark çiftinin varlık kazanmasına neden olmaktadır. Bu durumda, deneycilerin iki yeni kuarkı daha ayırması gerekir. Ama bunu yapmaya çalıştıklarında başka iki kuark oluşturacaklar ve bu hep böyle devam edecektir.

Evrende gördüğümüz onca şeyin sadece dört yapıtaşından – elektron, nötrino, yukarı-kuark ve aşağı-kuarktan– oluştuğunun keşfedilmesi, gerçekten de bilimin olağanüstü bir başarısıdır. Ama daha önce değindiğimiz gibi işin içinde bir mesele var. Anlaşılamayan bir nedenle doğa kendi yapıtaşlarını üç kopya halinde tutmaya karar vermiş. Parçacık dördlüsü bir değil üç tane ve her birinde aynı parçacıkların bir öncekinden daha büyük bir versiyonu var. Yani elektron, elektron-nötrinosu, yukarı-kuark ve aşağı-kuarkı içeren 1. nesle ek olarak 2. nesilde daha ağır olan müon, müon-nötrinosu, garip-kuark ve tılsım-kuark, 3. nesilde ise daha da ağır olan tau, tau-nötrinosu, alt-kuark ve üst-kuark bulunuyor.

Tuhaflik şurada: Daha ağır olan iki grup, gündelik Dünya'da en ufak bir rol oynamıyor. Oysa bunları oluşturmak için büyük miktarda enerji gerekli, yani ancak evrenin varoluşunun ilk ânında, Büyük Patlama'nın muazzam bir enerjiyle yüklü olan ateş topunda yaygın olabilirlerdi. Nitekim 1936'da müon –esas itibarıyla elektronun daha ağır olanı– keşfedildiğinde, Amerikalı fizikçi I. I. Rabi “Bunu kim sipariş etti?” diye sormuştu. Aynı şey doğanın temel yapıtaşlarının tüm kopyaları için söylenebilir.

Peki temel yapıtaşları bu üç nesilden mi ibaret, yoksa başkaları da var mı? Şaşırtıcı bulunabilir belki ama cevaba yönelik ipucu parçacık fiziğinden değil kozmolojiden geliyor. Evrenin doğumunu izleyen birinci ve onuncu dakikalar arasında Büyük Patlama'nın ateş topu yeterince sıcak ve nötronlar yoğun olduğundan, protonlar (hidrojen çekirdekleri) ve nötronlar çarpışıp birleşerek ikinci en hafif element olan helyumun çekirdeklerini oluşturdular. Bu ilksel helyum büyük

ölçüde bugüne kadar kalmıştır, bütün evrende görülebilir ve tüm atomların yaklaşık yüzde 10'unu oluşturur.⁴ Öte yandan, eğer daha birçok nötrino nesli var olsaydı, bunlar Büyük Patlama ateş topunun genişlemesini hızlandırırdı ve evrenin bugün astronomların etrafımızda gözlemlediğinden daha fazla helyum oluşturmaya neden olurdu. Hesaplamalara göre, yüzde 10 helyum atomu barındıran bir evren ancak en fazla üç veya dört nötrino nesliyle mümkündür. Öyleyse, temel yapıtaşlarının daha da ağır bir dördüncü neslini keşfetme ihtimali olabilir. Ama çoğu fizikçi bu fikre karşıdır.⁵

Doğanın kendi yapıtaşlarını neden üç kopya halinde bulundurduğu sorusu fiziğin en derin gizemlerinden biri olmayı sürdürüyor. Hiç şüphesiz, olağan kuark ve leptonların ağır versiyonları etrafımızda gördüğümüz evrenin yaratılmasında kritik bir rol oynamış olmalıdır. Fizikçiler sonunda temel yapıtaşlarının ve bunları birleştiren kuvvetlerin birleşik bir betimlemesine ulaşabilirse, bu rolün anlaşılabilirliği umuluyor. Böyle bir betimleme çabası "her şeyin teorisi" adıyla ünlenmiştir.

Bir Sicim Parçası Ne Harika Şeydir

EVRENİN BELKİ DE EN AZ ON BOYUTU VAR

"Ek boyutlar teknik anlamda gereklidir. Önceleri insanların pek hoşuna gitmemiş olsalar da bunların büyük bir fAy'dası var: Sicim teorisinin temel parçacıkları ve bunların kuvvetlerini yerçekimiyle birlikte betimleyebiliyor olması, ek boyutları kullanmaya bağlıdır."

Edward Witten

Isaac Newton bütün evrenin temel bir düzeyde madde parçacıkları ve onları birbirine bağlayan kuvvetlerden ibaret olduğunu kavramış ilk kişiydi. Bugün dört temel kuvvet olduğunu biliyoruz. En tanınanları yerçekimi ile vücudumuzdaki atomları bir arada tutan ve elektrikli dünyamıza enerji sağlayan elektromanyetik kuvvet. 1915'te Einstein bu kuvvetlerle ilgili beklenmedik bir şey keşfetti: Önceki bölümde gördüğümüz gibi yerçekimi kuvveti aslında yoktur.

Newton'a göre Güneş'le Dünya arasındaki yerçekimi kuvveti bir tür görünmez halat gibi gök cisimlerini birbirine bağlar ve Dünya'yı sonsuza dek Güneş'in etrafında döner vaziyette tutar. Einstein bu görüşe katılmıyordu. Güneş gibi bir kütlelin, etrafındaki *uzay-za-*

manı bükerek bir vadi oluşturduğunu ve Dünya'nın da bu vadinin yukarı yamaçlarında yuvarlandığını gösterdi.¹

Einstein'a göre, yerçekimi bizim dört boyutlu uzay-zaman ortamındaki hareketimizi açıklamak için uydurduğumuz bir kuvvettir, çünkü üç boyutlu yaratıklar olarak bizler bu ortamın hiç farkında değiliz. Bu yaklaşım 1920'lerde birbirinden bağımsız çalışmakta olan Theodor Kaluza ve Oskar Klein adlı iki fizikçinin ilgisini çekmişti. O sırada bilinen diğer kuvvetin de –elektromanyetik kuvvet– daha fazla boyutlu bir uzayın eğriliğinin bir tezahürü olup olamayacağını soruyorlardı. Ve şaşılacak derecede öyleymiş gibi görünüyordu. Kaluza ve Klein hem yerçekimini hem de elektromanyetizmayı beş boyutlu uzay-zaman eğriliğinin sonuçları olarak açıklamayı başardılar.

Tabii uzay-zamanda beşinci bir boyut görüyor değiliz. Kaluza ve Klein'a göre bunun nedeni ek boyutun bir atomdan çok daha küçük bir şekilde kıvrılmasıdır. Yazık ki atom çekirdeklerinin incelendiği deneyler başka iki temel kuvvetin daha var olduğunu –ultra-kısa menzilli *güçlü* ve *zayıf* nükleer kuvvet– ortaya çıkarınca, Kaluza ve Klein'ın şeması rafa kalktı.

Hızla yarım yüzyıl ileri atlayalım. Güçlü kuvvetin birtakım özellikleri, doğadaki dört kuvvet tarafından bir arada tutulan maddenin temel yapıtaşlarının –altı kuark ve altı lepton– belki de minik birlardo toplarına benzeyen parçacıklar değil, tek boyutlu kütle-enerji *sicimleri* olabileceğine işaret ediyordu. Bu yaklaşımdaki fikir, sicimlerin farklı titreşimlerinin farklı temel parçacıklara tekabül ettiğidir: düşük enerjili, ağırkanlı titreşimler hafif parçacıklara, hızlı ve yüksek enerjili titreşimler ağır parçacıklara tekabül eder. *Sicim teorisine* bakılırsa, fizik son çözümlemede müziktir.

Ama yapıtaşı olan parçacıklar nasıl sicim titreşimlerine tekabül ediyorsa, aynı şey kuvvetleri aktaran parçacıklar için de geçerlidir. Atomların ve onların bileşenlerinin çok başarılı bir teorisi olarak ku-

antum teorisi, temel kuvvetlerin kuvvet-taşıyıcı parçacıklar –elektromanyetik kuvvet için fotonlar– arasındaki değiş tokuştan doğduğunu göstermiştir.² Daha fazla uzay boyutu düşüncesi bu noktada yeniden karşımıza çıkıyor – ama Kaluza ve Klein’in tasavvurundan hafifçe farklı bir şekilde. Doğanın dört temel kuvvetini açıklamak için tam on tane uzay-zaman boyutuna ihtiyaç var, yani aşına olduğumuz üç boyuta bir değil altı boyut daha eklememiz gerekecek. Hiçbirini göremediğimiz için tıpkı daha önce Kaluza ve Klein’in yaptığı gibi sicim teorisyenleri de bu boyutların bir atomdan çok daha küçük olacak şekilde *yoğunlaşmış* ya da kıvrılmış olduğunu öne sürmektedir.

Eğer farkına varmadığımız fazladan altı boyut fikrine aşırı tepki duymadıysanız, bir de sicimlerin kendilerine bakalım. Akıl almaz derecede, gülünç gelecek kadar küçüktür sicimler, hidrojen atomundan bir milyon kere milyar defa küçüktürler, bu da onları gözlemlenemez kılar. Dolayısıyla araştırılıp sınanmaları, teorinin doğrudan kanıtlanması veya çürütülmesi mümkün değildir.

Hem gözlemlenemez sonuçlara varan, hem de dört boyutlu olduğu besbelli bir Dünya’da yaşadığımız halde on boyutlu bir Dünya’dan söz eden bir teorinin neden heyecanla karşılandığına şaşıyorsunuz belki. Cevap yirminci yüzyıl fiziğinin en büyük iki başarısıyla ilgili: Einstein’ın genel görelilik teorisi diye de bilinen yerçekimi teorisi ve kuantum teorisi. Bunlardan ilki evrenin büyük ölçeğinde, ikincisi ise atomların ve onların bileşenlerinin küçük ölçeğinde hüküm sürer. Ama büyük ölçekli olan evren Büyük Patlama sırasında küçük ölçekliydi, bir atomdan bile daha küçüktü. Bu yüzden, evrenin kökenini anlayabilmek için büyük olanın teorisi ile küçük olanın teorisini birleştirmek zorundayız. Şimdilik bunu yapabilen tek çerçeveyi sicim teorisi sağlıyor. Çünkü titreşen sicimler –aslında sicim halkaları– bir *kütleçekimi* olarak, kütleçekimi kuvvetinin varsayımsal kuantum taşıyıcısı olarak görünüyor. Yani temelde bir kuantum teorisi olan sicim teorisi içinde bir yerçekimi teorisi da barınmakta.

Şimdi Gibisi Yok

.....

ORTAK BİR GEÇMİŞ, BUGÜN VE GELECEK DÜŞÜNCESİ
TEMEL OLARAK GERÇEKLİĞİ BETİMLEMEMİZİN HİÇBİR
YERİNDE MEVCUT DEĞİLDİR

.....

*"O şimdi benden biraz daha önce bu garip Dünya'dan ayrıldı.
Bir şey demek değil bu. Bizim gibi fiziğe inanan insanlar
geçmiş, şimdi ve gelecek arasındaki ayrımın inatçı bir
yanılsamadan ibaret olduğunu bilir."*

Albert Einstein¹

Gerçekliğe ilişkin temel tasavvurumuz Einstein'ın görelilik teorisidir. Bu teori şunu belirtmektedir: Bir kişi için zamanın nasıl bir hızla geçtiği, o kişinin başka birine göre olan hareketine ve her ikisi üzerinde etkili olan yerçekimi gücüne bağlıdır. Bunlardan ilki Einstein'ın 1905'te ortaya attığı özel görelilik teorisinin, ikincisi ise 1915 tarihli genel görelilik teorisinin bir sonucudur. Yeryüzünde hepimiz pratik olarak aynı yerçekiminin etkisi altında bulunduğumuz için asıl önemli olan, ilk husustur.

İnsanların zamanı deneyimlemesinin nasıl bir hızla hareket ettiklerine bağlı olması, bilinmeyen bir nedenle ışık hızının evrenimizde sonsuz hız rolünü oynaması olgusundan kaynaklanır. Eins-

tein şöyle demişti: “Bizim teorimizde ışık hızı fiziksel olarak sonsuz büyüklükte bir hız rolünü oynar.”²

Sonsuz hızla hareket eden bir şeye hiçbir şeyin yetişememesi gibi bir ışık ışınına da hiçbir şey yetişemez. Bir şey sonsuz hızla hareket ediyorsa, ne kadar hızlı hareket ederseniz edin, hızınız görelî olarak o kadar ufak kalır ki o şeyin hızını daima sonsuz olarak ölçersiniz. Şimdi buradaki “şey” yerine ışığı koyun, kimin hangi hızla hareket ettiğinden bağımsız olarak ışık hızının herkese hep aynı göründüğünü anlarsınız.

Gerçekten tuhaftır bu. Herhangi bir şeyin hızı onun belli bir zamanda aştığı mesafe kadardır – örneğin bir otomobil otobanda saatte 100 kilometreyle gidebilir. Ama bir ışık ışınının hızını herkes aynı ölçüyorsa, her birinin cetveline ve saatine bir şey oluyor demektir. İşte Einstein bunun ne olduğunu tam olarak ortaya koymuştu. Kısaca söylersek, cetveller hareket yönünde kısalır, hareket eden saatler de yavaşlar. Yani biri önünüzden geçerken, bunlar hareket yönünde kısalmış ve ağır çekimde gibi görünecektir! Aslında bu etkiyi hiçbir zaman görmezsiniz, çünkü ancak ışığa yakın hızlarda algılanması mümkündür ve ışık sestten aşağı yukarı bir milyon kez hızlıdır. Diğer yandan, uzay ve zamanın lastik gibi gerildiği bu muazzam kozmik düzende ışık hızı herkes için hep aynı kalır.

Ama eğer zaman insanların birbirlerine göre hangi hızla hareket ettiğine bağlı olarak farklı hızda akıyorsa ortak bir geçmiş, şimdi ve gelecek diye bir şey yok demektir. Öyleyse neden böyle bir şey olduğuna dair çok güçlü bir duyguya sahibiz? Cevabın bir kısmı hayatlarımızı evrenin son derece yavaş bir kulvarında yaşıyor olmamızda yatıyor, bu yüzden kimsenin ışığa yakın bir hızla önümüzden geçtiğini görmüyoruz.

Yine de bu, neden bir “şimdi” deneyimine sahip olduğumuzu açıklamıyor. Neden duyularımızın en son topladığı bilgiler üzerin-

de yoğunlaşırız? Örneğin neden gecikmeli bir şimdi yok, neden on saniye öncenin bilgisine yoğunlaşmıyoruz? Veya biri on, diğeri otuz saniye önceki bilgilere yoğunlaşmamızla oluşan iki “şimdi”ye sahip değiliz?

Fizik bizim “şimdi” deneyimimize dair bir açıklama getirmiyor. Bu yüzden, kimileri başka tür açıklamalar aramıştır. Mesela Santa Barbara’daki California Üniversitesi’nden fizikçi James Hartle bunlardan biridir. Britanyalı fizikçi Stephen Hawking’le birlikte çalışmış olan Hartle, yaşamın evriminin erken döneminde bazı organizmaların zamanı sadece şimdi bizim yaşadığımız gibi değil, pek çok farklı şekilde deneyimlemiş olabileceğini düşünmektedir. Ama bir ağaç kurbağasının gecikmeli bir şimdi yaşadığını ve on saniye öncesinin bilgisine yoğunlaştığını kabul edelim – tam önündeki yaprağa bir sinek konsa, kurbağa onu yutmak için dilini uzattığında sinek çoktan uçup gitmiş olurdu. Hartle’a göre böyle zamanı geçmiş bilgilere güvenen bir ağaç kurbağası sonunda açlıktan ölecektir.

Zaman deneyimi bizimkinden farklı olan tüm organizmaların akıbetidir bu – demek ki duyularımıza akan bilgilerin en yenilerine odaklanmak, hayati önemdedir. Yani Hartle’a göre zamanı deneyimleme tarzımızın fiziksel değil ama biyolojik bir açıklaması yapılabilir. Ve aynı sınırlamalar her türlü yaşam için geçerli olduğuna göre, evrenin neresinde olursa olsun, dünya-dışı yaratıkların zaman deneyimi herhalde bizimki gibi olmalıdır.

Zamana ilişkin en derin, en kavrayışlı, en esaslı gözlemi yapan kişi, eski ABD başkanı George W. Bush’tur: “Sanırım hepimiz geçmişin geride kaldığını kabul ederiz.” Şu dehaya bakın!

Zaman Makinesi Nasıl Yapılır

ZAMAN YOLCULUĞU FİZİK YASALARININ
DIŞLADIĞI BİR ŞEY DEĞİLDİR

“Eğer zamanın içinde geriye doğru uçuyorsanız ve ileriye, geleceğe doğru uçan başka birine rastlarsanız, herhalde yapacağınız en iyi şey göz temasından kaçınmaktır.”

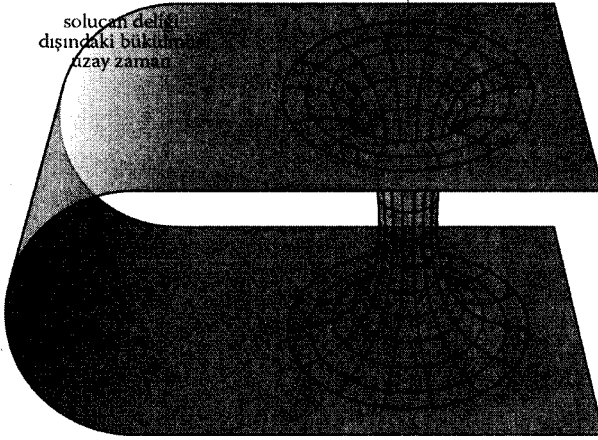
Jack Hardy

Zaman yolculuğu fizik yasalarınca reddedilmediği gibi tersine, fizik yasaları onun apaçık ve basit bir şey olarak görünmesini sağlar – en azından prensipte. Einstein’a bağlanıyor bu konu. Genel görelilik teorisi zamanın farklı yerçekimi koşullarında farklı hızda aktığını ortaya koymuştur: Zaman, yerçekimi güçlüyse yavaş, zayıfsa hızlı akar.¹ Demek ki bir zaman makinesi için gereken şey, uzay’da yerçekiminin zayıf olduğu ve zamanın normal aktığı bir yer (mesela dünya) ile yerçekiminin güçlü olduğu ve zamanın yavaş aktığı bir yerden (mesela bir kara deliğin yakınları) ibarettir.²

Şimdi, Dünya’da ve kara deliğin orada benzer birer saat olduğunu düşünün, ikisi de Pazartesi günü çalışmaya başlasın. Dünya’da günlerden Cuma olduğunda, kara delikte henüz ancak Çarşamba olacaktır. Yani eğer bir anda kara delikten Dünya’ya gitmenin bir yolu olsa,

Cuma'dan Çarşamba'ya geri dönmüş oluruz. İşin ilginç, böyle bir yol var. Einstein'ın teorisi sadece kara deliklerin mevcudiyetini öngör-müyor, aynı zamanda uzay-zamanın içinden geçen bir tüneli ya da kestirmeyi de olanaklı sayıyor. Bu geçitlere *solucan deliği* diyoruz.

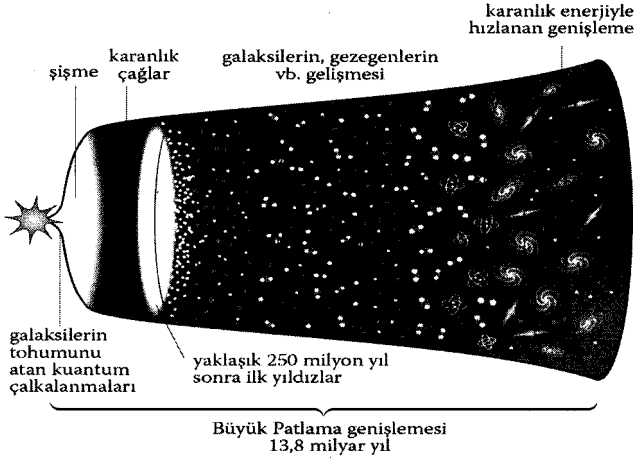
solucan deliği



Solucan deliği çok boyutlu uzay'da açılmış bir kestirme yoldur. İki boyutlu yassı bir levhanın kendi içine kıvrılıp üçüncü boyutta bir yol açmasıdır.

Öyleyse zaman makinesinin reçetesi şöyle: Dünya'da ve bir kara delik yakınında iki yer bul ve bunları bir solucan deliğiyle birleştir. Ama bir pürüz var bunda (hep olmaz mı zaten?). Solucan delikleri istikrarlı değildir. Can sıkıcı bir alışkanlığa sahiptirler, göz açıp kapayana kadar kapanıverirler. Bunun olmaması için itici yerçekimi oluşturan bir maddeyle desteklenerek açık tutulmaları gerekir – yani emmek yerine üfle-yen bir maddeyle. Ve böyle “egzotik bir madde” gerçekten mevcuttur. Hatta evrenin kütleli olarak en büyük bileşenidir.

1998'de astronomlar –Büyük Patlama'nın yaptığı vuruşla yola çıkan ve 13,82 milyar yıl sonra artık yakıtı azalmaya başlayan– evrenin aslında yakıtının azalmadığını fark etti. Evren daha da hızlanmaktaydı. Bu anormal hızlanmayı açıklayabilmek için Bölüm 31'de sözü edilen karanlık enerjinin varsayılması gerekiyordu. Bütün uzayı dolduran karanlık enerjinin görünmez olduğunu ve itici yerçekimi etkisi yarattığını biliyoruz. Kozmik genişlemenin hızlanmasını işte bu itici yerçekimi sağlıyor.



Bir solucan deliğinin açık kalması için itici yerçekimiyle desteklenmesi gerekir ve itici yerçekimi oluşturan madde halen evrenin genişlemesini hızlandırmaktadır. Yazık ki karanlık enerji kullanılamayacak kadar seyreltiktir.

Ancak, karanlık enerji itici yerçekimi oluştursa da bir solucan deliğini destekleyip açık tutamayacak kadar seyreltik ve dayanıksızdır. Bunun için bize itici yerçekimi çok daha güçlü olan bir şey gerekiyor. Aslında, mesela bir insanın sürünerek içinden geçebileceği kadar geniş bir solucan deliğini açık tutabilmek için gereken enerji, galaksimizdeki yıldızların önemli bir kısmının yaşam süreleri boyunca çıkardığı enerjiye eşdeğerdir.

Böyle bir zaman makinesi ile –örneğin– H. G. Wells’in *Zaman Makinesi* adlı romanında tasvir ettiği makine arasında iki temel fark var. Filmin Rod Taylor tarafından canlandırılan kahramanı pirinç kadranlarla dolu acayip bir alette oturur, bir kolu çekince zamanda geriye, öbür tarafa itince ileriye gider. Oysa Einstein’ın teorisi bize bir yerde durma seçeneği tanımaz. Zamanda yolculuk etmek için uzay’da da yol almak şarttır. Einstein’a has bir zaman makinesi ile Wells’in hayali makinesi arasındaki ikinci fark ise, bu makine yapılmadan önceki bir zamana geri gitmenin imkânsız olmasıdır. Yani bir dinazor safarisi yapmak isterseniz, 66 milyon yıl önce uzaylılar tarafından Dünya’da unutulmuş bir zaman makinesi bulmanız gerekir.

Toparlayacak olursak, bir zaman makinesi için gerekli bileşenler şunlar: bir kara delik; bir solucan deliği; varlığından haberdar olmadığımız, itici yerçekimine sahip bir madde türü ve Samanyolu’ndaki yıldızların önemli bir kısmının ömür boyu saldıdığı miktarda enerji. Zaten zaman makinesi yapmanın kolay olacağını kimse söylemedi ki!

Mesele, zaman makinesi yapmanın *pratikte* mümkün olup olmaması değil. Böyle bir iş akıl almaz derecede zor olurdu. Aslında alabildiğine ilerlemiş süper-teknolojik bir uygarlık olmadıkça, tamamen imkânsız görünürdü. Ama asıl önemli nokta, zaman makinesinin *prensipte* mümkün olması. Fizikçileri gece gündüz uykusuz bırakan da bu işte, çünkü her türlü çılgınca düşünceye kapı arılıyor. Örneğin zaman makinesiyle geçmişe giden bir kişi, henüz annesinin doğmuş olmadığı bir zamanda kendi büyükbabasını vurabilir. Elbette çoğu insan böyle bir şey yapmak istemez ama yapacak biri çıkabilir. Ve bu ihtimal fizikçileri alarma geçirmek için yeterlidir, çünkü şu soruyla karşı karşıya kalırlar: O kişi hiç doğmamış olduğu halde nasıl geçmişe gidip büyükbabasını vurabildi?

Bilindiği gibi büyükbaba paradoksundan kaçınmak için Stephen Hawking, Kronoloji Koruma Varsayımı’nı öne sürmüştür. Aslın-

da “zaman yolculuğu imkânsızdır” demenin süslü bir yoludur bu. Başka bir deyişle, şimdiye kadar bilinmeyen bir fizik yasası araya girerek zaman yolculuğunu ve ona bağlı paradoksları önlemelidir. Hawking’in argümanı basit bir gözleme dayanıyor: “Gelecekte gelen zaman yolcuları nerede?”

Büyükbaba paradoksundan başka bir çıkış yolu daha var, ama bunun için evrenimiz hakkında çok tuhaf bir şeyi kabul etmemiz gerekli. Kuantum teorisine göre bir atom, varlığı bir deneyde belirlenmeden önce aynı anda birçok yerde bulunabilir. Dolayısıyla fizikçiler bir atomu gözlemlediklerinde, onu neden sadece bir yerde bulmuş olduklarını açıklamak zorundadır. Bunu yapmak amacıyla kuantum teorisinin hepsi de aynı deney sonuçlarını öngören bir düzineden fazla yorumu geliştirilmiştir. Aralarında en ünlüsü, bir atomu gözlemlene ediminin onu belli bir davranışa ve sadece bir tek noktada olmaya zorladığını söyleyen Kopenhag Yorumu’dur (aslında Kopenhag Yorumunun kendisini de yorumlamak icap eder, çünkü “gözlemcinin” donanımın bir parçası mı yoksa bir insan mı olduğunu belirtmemektedir). Diğer yandan, Çoklu Dünyalar Yorumu’na göre bir atom aynı anda esas itibarıyla birçok yerde ama farklı veya paralel gerçeklikler içindedir. Biz sadece bir tek gerçekliği yaşayabildiğimiz için o atomun sadece bir versiyonunu görürüz.

Eğer Çoklu Dünyalar Yorumu doğruysa, büyükbaba paradoksundan güzelce kaçınıbiliyoruz demektir. Zaman içinde geriye gidip anneniz daha doğmamışken büyükbabanızı öldürebilirsiniz, çünkü o aslında büyükbabanız değildir. Paralel bir gerçeklikteki bir büyükbabadır!

KISIM ALTI

Dünya-dışı Şeyler

Okyanus Dünyaları

.....

JÜPİTER'İN UYDUSU EUROPA'DAKİ BUZLARIN ALTINDA
GÜNEŞ SİSTEMİ'NİN EN BÜYÜK OKYANUSU UZANIR

.....

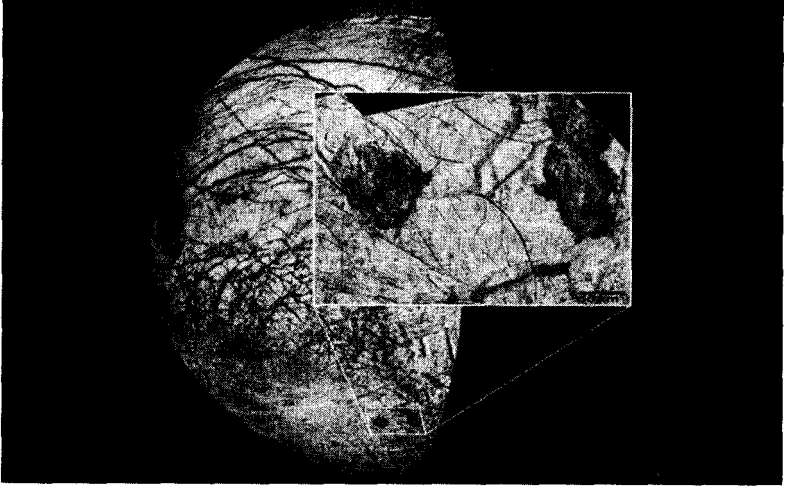
"Bu dünyaların hepsi senin, Europa hariç. Oraya inmeye kalkma."

Arthur C. Clarke¹

Jüpiter'in uydusu Europa, gazdan oluşan gezegenin dört Galileo uydusundan en uzak ikincisidir. Dağları, vadileri, hatta kraterleri yoktur, tıpkı beyaz bilardo topuna benzer. Uydunun yüzeyi o kadar düzgündür ki bir de atmosferi olsaydı, Güneş Sistemi'nin en büyük buz pateni sahası olurdu. Ancak, Europa uzaktan özelliksiz ve silik görünse de yakından bakınca bambaşka bir dünya çıkar karşımıza.

1979'da NASA'nın uzay sondası *Voyager 2* Jüpiter sisteminden geçmişti. Dünya'ya gönderdiği görüntüler, Europa'nın buzlu yüzeyinin çok geniş ve karmaşık bir yarıklar ve sırtlar ağıyla kaplı olduğunu ortaya koydu. Daha sonra 1990'larda NASA'nın diğer bir sondası olan *Galileo* Jüpiter'in etrafında yörüngeye girdi. Europa'ya ait daha ayrıntılı fotoğraflarda parçalanmış bir yüzey görünüyordu. Aslında bu yüzey, Kuzey Kutbu bölgesinde kırık dökük parçalara bölünen ve tekrar birleşip yapışmadan önce bir miktar sürüklenen deniz buzla-

rına epeyce benzemektedir. Bu da Europa'nın buzlarının altında bir okyanus bulunduğuna dair kuvvetli bir ipucudur.



Jüpiter'in uydusu Europa'nın buz tabakası kesişen çatlaklarla doludur. Bu tabakanın altında Güneş Sistemi'nin en büyük okyanusu yer alır.

Böyle bir okyanusun nasıl oluştuğunu anlamak zor değil. Europa'nın Jüpiter çevresindeki yörüngesi İo'nun yörüngesine kıyasla sadece bir parça daha uzaktadır. Dev gezegenin uyguladığı, İo'nun kayalık iç kısımlarını yapışkan bir eriyiğe çeviren ve onu Güneş Sistemi'nin en volkanik cismi haline getiren aynı gelgit kuvvetlerinin yarattığı genleşmeler, Europa'nın buzlu iç kısımlarını da sıvılaştırmış olmalıdır.² Nitekim Europa'nın dönüşüne ilişkin *Galileo* tarafından yapılan sapmalar, uydunun iç kısmının kabuğuna göre farklı bir hızla döndüğünü göstermiştir. Kabuk eğer bir sıvının üstünde yüzüyorsa, böyle olması çok normaldir. Anlaşılan 10 kilometre kalınlığındaki buz tabakasının altında derinliği belki de 100 kilometreye varan küresel bir okyanus yer almaktadır – yani Güneş Sistemi'nin en büyük okyanusu.

Acaba tam şu anda o karanlık cehennem sularında yaşam var

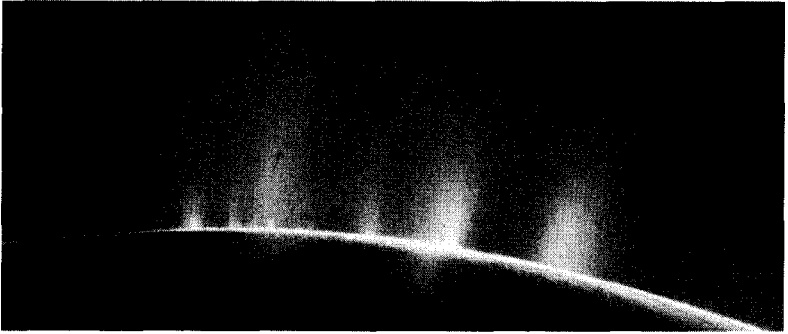
mıdır? Bir zamanlar güneş ışığının biyolojik süreçler için mutlaka gerekli olduğu düşünülüyordu. Ama 1977'de yapılan bir keşif her şeyi değiştirdi. Amerikalı oşinograf Robert Ballard yönetimindeki bir ekip *Alvin* adlı bir mini denizaltıyı kullanmaktaydı. Okyanus dibinde hidrotermal bacalardan fışkıran, mineral bakımından zengin ve çok sıcak su kaynaklarına rastladılar.³ Her bacanın çevresinde kü-kürt yiyen bakterilerin ve insan kolu uzunluğunda tuhaf boru kurtçuklarının yaşadığı bir ekosistem bulunuyordu.

Europa'daki okyanusun dibinde de benzer hidrotermal bacalar olması muhtemeldir, çünkü Jüpiter'in neden olduğu gerilme ve sıkışmalar uyduyu ısıtmaktadır. Ve Dünya'dakiler gibi bu bacaların da yaşayan organizma kolonilerini beslediği en azından düşünülebilir.

Öte yandan, Güneş Sistemi'nde yüzeyin altında bir okyanusun bulunduğu tek uydu Europa değildir. 2008'de iki yıldır Satürn'ün etrafında dönmekte olan NASA'nın uzay aracı *Cassini*, gezegen araştırmaları tarihinin en sıra dışı görüntülerini elde etmiştir. Fotoğraflar boyutları neredeyse Güney İngiltere'yi bile pek aşmayacak kadar küçük olan Enceladus adlı uyduya aitti. Cassini oradan fışkı-rıp uzAy'da yüzlerce kilometre yükselen, ışıltılı buz kristallerinden oluşmuş devasa fıskiyele keşfetmişti.⁴

Enceladus'un ölü bir ay olmadığına dair belirtiler önceden de mevcuttu. Bu uydu Güneş Sistemi'ndeki en beyaz, en parlak cisim-dir, demek ki çağlar boyunca orada biriken meteorit döküntüleri ve kirlilik, taze kar tabakalarıyla örtülmüş olmalıdır. Daha sonra, güçlü bir tahmin öne çıkmıştır: Satürn'ün ünlü "E" halkasındaki buz parçacıkları Enceladus'tan geliyor olabilir. Son olarak bir de uydunun güney yarıküresinde "kaplan çizgileri" denilen, nane renginde dört uzun çatlak vardır ki bu da yüzeyin bir hareketlilik geçirdiğini ve gö-rece sıcak olduğunu gösterir. Bu arada, kaplan çizgileri bölgesi aynı zamanda Enceladus'un fıskiyelelerinin de kaynağıdır.

Fışkırmalara yol açan ısının bir kısmı, Enceladus Satürn'ün çevresinde iki kez dönerken kendisi de bir turu tamamlayan Dione'nin yarattığı gelgit etkisinden kaynaklanıyor olabilir. Ne var ki Enceladus'un fırlattığı buz kristalleri saatte 2.000 kilometrelik hızlara ulaşabilmektedir. Bu, Dünya'daki gayzerlerde ancak sıcak suyun basınç altında bulunması durumunda olabilecek bir hızdır. Dolayısıyla gelgit gerilimlerinin yanında ikinci bir ısı kaynağı olmalıdır. Bütün belirtiler, bu ısıyı Enceladus'un buzdan kabuğunun altındaki sıcak bir denizin sağladığına işaret etmekte – Güneş Sistemi'nin en küçük okyanusudur bu.



Enceladus'un buz fışkıyeleri Satürn'ün bu minik ayının içlerinde Güneş Sistemi'nin en küçük okyanusunun bulunduğunu gösteriyor.

Böyle küçük ve soğuk bir cisimde bu kadar çok olay görülüyor olması gerçekten şaşırtıcı. Daha önce herkes gelgitten kaynaklanan ısınma etkisinin ancak büyük uydularda önemli olabileceğini sanıyordu. Enceladus gibi küçük cisimlerde bunun bir rol oynayabileceği kimsenin aklına gelmemiştir. Satürn'ün buz kaplı minik uydusu yüzeyin altındaki okyanusuyla, nerede yaşama rastlayabileceğimize dair fikirlerimizi bir anda altüst etmiştir. Yaşamın malzemesi olan organik moleküllerin kaplan çizgilerinde görülen nane rengine neden olduğu biliniyor. Yani Enceladus'un sıcak ve nemli iç kısımla-

rında ikinci bir biyolojik dünya için gerekli şeyler mevcut. Ya da belki –eğer Europa yarışta Enceladus’un önüne geçmişse– üçüncü bir biyolojik dünya için.

Enceladus bize Güneş Sistemi’nde yaşamın hiç tahmin edemeyeceğimiz yerlerde bile bulunabileceğini öğretiyor. Eğer bu uydu gerçekten de Güneş Sistemi’nin doğuşundan beri uzak karanlıklar içinde saklanmış bereketli bir mikroorganizma ekosistemi barındırıyorsa, Enceladus’un buz fıskiyelelerinden beslenen Satürn’ün E halkası da belki buzlardan ibaret bir şey değildir. Yörüngedeki bir donmuş bakteriler mezarlığı da olabilir.

Dünya-Dışı Atıklar

.....

EĞER BAŞKA BİR YERLERDE UZAYLILAR VARSA, ÇÖPLERİ
DÜNYA'DA OLSA GEREKTİR

.....

*"Uzaylıların Dünya'ya sadece çocukları işesin diye uğradığını keşfetsek,
nasıl bir şey olurdu bu?"*

Jay Leno

2001: *Bir Uzay Macerası* [Kubrick, 1968] adlı filmde astronotlar Ay'daki Tycho kraterinde gömülü buldukları, uzaylılar tarafından yapılmış bir nesneyi kazıp çıkarır. Ay'da şafak sökerken güneş ışınlarıyla temas eden bu alet, kulak tırmalayıcı bir ses yayarak yıldızlara bir mesaj göndermeye başlar. Onu yapmış olanlar üç milyon yıl önce Güneş Sistemi'nden geçmiş, Güneş'e en yakın üçüncü gezegendeki yaşam bolluğunu görerek buradaki potansiyeli fark etmişlerdir. Ama durup bakmaya zaman ayıramazlar, galakside araştıracakları daha pek çok gezegen sistemi vardır çünkü. Ay'a küçük bir ekran yerleştirmekle yetinirler; bu aygıt günün birinde üçüncü gezegende teknolojik bir uygarlık gelişerek o gezegenle dev boyutlu uydusu arasındaki uzay boşluğunu aşabilecek hale geldiğinde, kendilerini uyaracaktır.

Bu öyküde kurgudan öte bir şey olabilir mi? Ay'da, hatta yeryü-

zünde uzaylıların yapıp gömdüğü şeyler var mıdır gerçekten? Ukrayna'daki Harkov'da çalışan radyo astronomu Alexey Arkhipov'a göre cevap, Samanyolu'nda uzay yolculuğu yapabilen dünya-dışı uygarlıkların olup olmadığına bağlıdır. Eğer varsa, diyor Arkhipov, o zaman kapımızın önünde uzaylılar tarafından üretilmiş şeylere rastlamamız sadece olası değil, kesindir. Ve daha da ileri giderek, Güneş Sistemi'nin doğuşundan bu yana binlerce uzaylı ürününün Dünya'ya düşmüş olabileceği tahmininde bulunuyor.¹

Buradaki anahtar sözcük "düşmek"tir. Arkhipov yabancı ürünlerin –filmde Ay'a bırakıldığı anlatılan aygıtın tersine– Dünya'ya kasten bırakıldığını iddia etmez. Bunların şans eseri Dünya'ya düşmüş olduğu görüşündedir.

Arkhipov uzAy'daki faaliyetlerimizin kaçınılmaz olarak Güneş Sistemi'ni kirlettiğine dikkat çekmiştir. Görevi sona ermiş uydular, atılmış roket kasaları gibi şeyler darmadağın bir şekilde Dünya'nın etrafında dönüp durmaktadır. Bu uzay hurdası oldukça tehlikeli ve zararlıdır, bazen NASA'nın uzay mekiği fırlatılacakken, çarpışma endişesiyle ertelemeler yapılmasına bile neden olabilmektedir. Ama Arkhipov'a göre bu gezegenlerarası çöpler sonsuza dek gezegenlerarası çöp olarak kalmaz. İnsan yapısı bazı cisimlerin Güneş Sistemi'nden dışarı atılıp yıldızlara doğru yola çıkması kaçınılmazdır. Roketlerin egzoz gazlarındaki çok küçük parçacıklar güneş ışığının basıncı tarafından itilir; Güneş'in uzağında patlayan uzay sondaları, döküntüleri yıldızlararası uzaya fırlatır.

Ama Arkhipov bütün bunların iki yönlü işlediğini de söyler. İnsanlar nasıl Güneş Sistemi'ni kendi atıklarıyla kirletiyorsa, uzaya çıkabilen uzaylıların faaliyetleri de kendi gezegen sistemlerini çöple dolduracaktır. Ve nasıl bizim teknolojik faaliyetlerimiz birtakım yapay nesneleri sonuçta yıldızlararası uzaya saçıyorsa, aynı şey onların faaliyetleri için de geçerlidir. Başka bir deyişle, uzaylıların çöplerinden bir kısmının

karşımıza çıkması kaçınılmazdır. “Christoph Colomb’un gözünde yeni ülkelerin kanıtı,” diyor Arkhipov, “okyanusu aşır gelen tuhaf döküntülerdi. Aynı şekilde, uzay okyanusunu aşan döküntüler de bize yeni gezegenlerin ve yeni yaşamların su götürmez kanıtını sağlayabilir.”

Arkhipov 4,55 milyar yıllık tarihi boyunca Dünya’ya düşmüş olabilecek uzaylı sayısına dair tahminde bile bulunmuştur. Tabii bunlar bazı bilgilere dayalı tahminlerdir. Örneğin, Arkhipov yakın yıldızların yüzde 1’inde teknolojik uygarlıklar bulunduğunu ve bu uygarlıkların kendi asteroitlerine ait malzemenin yüzde 1’ini dünya-dışı tüketim maddesine dönüştürdüğünü varsayar. Biz Dünya’da nasıl yakın çevremizdeki tüm kaynakları kullanıp tüketiyorsak, bu gibi uygarlıkların da sonunda yakın çevredeki uzayın tüm kaynaklarını kullanmış olacağını kabul eder.

Vardığı sonuç hayret vericidir. “Dünya 4,5 milyar yıllık tarihinde,” diyor Arkhipov, “yaklaşık 4.000 adet 100 gramlık yapay cisim biriktirmiş olabilir.” Bu arada, 100 gram deyince küçük bir Marmite kavanozunu düşünebiliriz.

Tabii eğer bize yakın yıldızların sadece yüzde 0,01’inde teknolojik uygarlıklar yer alıyorsa ve bunlar kendi asteroitlerindeki malzemenin sadece yüzde 0,01’ini tüketim maddelerine dönüştürüyorsa, Arkhipov’un tahmin ettiği sayı 4.000’den 4’e düşecektir.

Dünya-dışı yapay cisimlere ait kanıtlar belki de hemen ayaklarımızın altındadır. Arkhipov bilim insanlarının jeolojik katmanlarda ve sıra dışı görünen meteoritlerde bu tür cisimleri ciddiyle araması gerektiğini söylüyor. Arthur C. Clarke ise ilk bakılacak yerin Ay olduğu görüşündedir. Ay yüzeyi meteoritlerle çok dövülmüş olsa da hava koşulları ya da jeolojik kuvvetlerin etkisiyle önemli değişikliklere uğramamıştır. Yazık ki şimdilik Ay’da böyle araştırmalar yapabilecek durumda değiliz, kendi gezegenimize bakmaktan başka seçeneğimiz yok. Bir uzaylı ürününün varması en muhtemel yer, Dünya yüzeyi-

nin neredeyse üçte ikisini kaplayan okyanuslardır. Ama en derin okyanus çukurlarının diplerindeki basınç öyle ezicidir ki oralara ancak robotlar gönderebiliriz. Dolayısıyla Marmite kavanozu boyunda bir yapay cisim bulmak hemen hemen imkânsız görünüyor.

Karalar, arama yapmaya daha uygundur. Ama tabii rüzgâr, yağmur ve buz zamanla en yüksek dağları bile aşındırıyor. Üstelik bunların etkisi, yüz milyonlarca yıl içinde yeni okyanuslar yaratan veya kıtaların altımızdaki magmaya karışıp yok olmasına neden olan jeolojik kuvvetlerle karşılaştırılmaz bile. Yani dünya-dışı bir yapay cisim bulma şansımız hiç de yüksek değil. Zaten bir milyar yıldan daha önce Dünya'ya düşmüş bir cisim çoktan aşağılara inmiş, gezegenimizin iç kısımlarındaki ısı ve basınç nedeniyle ezilip parçalanarak bambaşka bir şeye dönüşmüş olmalıdır.

Ama daha yakın zamanlarda düşen cisimler hâlâ yüzeyde bulunuyor olabilir. Ne var ki böyle bir cismi tespit etmek –en hafif deyişle– kolay bir iş değildir. Belki bizden milyonlarca yıl ileri olan gelişmiş bir uygarlığa ait bir ürün, bizim için tamamen anlaşılmaz bir şey olabilir – adeta bir bulaşık makinesinin bir karınca, hatta bir amip için anlaşılmaz, fark edilmez bir şey olması gibi. Clarke şöyle diyor: “Yeterince gelişmiş herhangi bir teknolojik uygarlığın büyüclükten farkı yoktur.”

Göründüğü kadarıyla tek umudumuz, alışılmadık bir kimyasal, hatta alışılmadık bir nükleer bileşime sahip bir taş veya metal parçası bulmak olabilir. Belki de tam şu anda, Dünya'nın bir köşesindeki tozlanmış bir müze rafında ne olduğu belirsiz yapay bir nesne durmakta. Belki de yüz yıldan uzun zamandır bunun farkına varan kimse olmamış. Veya belki de o müzede göreve yeni başlayan bir yönetici o nesneyi cam mahfazasından çıkarmış, kaşlarını çatarak merakla bakıyor ona.

Gezegenler Arası Kaçak Yolcular

.....

BİR MARSLI GÖRMEK İSTER MİSİNİZ?

AYNAYA BAKIN

.....

"Marslılar her zaman geliyor."

Philip K. Dick

1976'da Mars'ta yaşam olduğu keşfedildi. Ya da bazıları böyle olduğuna inanıyor. Hâlâ çok tartışmalı bir iddia bu. Tartışmalar NASA'nın Mars yüzeyine inen *Viking 1* ve *Viking 2* adlı araçlarının yürüttüğü, biyolojik belirtileri saptamaya yönelik deneyler etrafında dönüyor. Maalesef deneylerden çıkan sonuçlar net değildir.

Söz konusu deneyler basit bir düşünceye dayanıyordu. Bir miktar kuru Mars toprağı çekip çıkarılır. Sulanır, ısıtılır ve besin maddeleri eklenir. Eğer toprakta uyuklama halinde bekleyen mikroorganizmalar varsa, bunlar canlanacak, metabolize olmaya başlayacak ve bir yan ürün olarak karbon dioksit gazı çıkaracaktır. Viking ekibinin deneylerde karbondioksite rastlayınca nasıl heyecanlandığını bir düşünün. Sorun, gaz püskürmesinin kimsenin aklına gelmediği kadar büyük olması ve çabucak yok oluvermesiydi. Yani biyolojik bir belirtiye benzemiyordu.

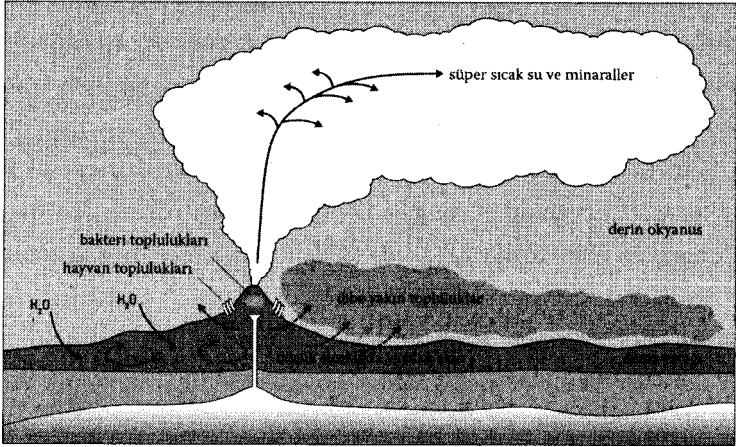
Yine de, bu önemli deneyi tasarlamış olan Kaliforniyalı eski sıhhi tesisat mühendisi Gilbert Levin, Viking araştırmalarının Mars'ta yaşam bulunduğuna inanmaktadır. Ama pek çok bilim insanı ona katılmıyor, bulunan Mars toprağının tuhaf bir kimyasal yapıya sahip olduğunu, belki çok kolay tepkimeye giren *peroksitler* içerdiğini ve bunların besin maddelerini hızla oksitleyerek ortaya karbon dioksit çıkardığını düşünüyorlar.

Mars'taki çevre koşulları görünüşte yaşama izin vermeyecek kadar serttir. Gezegenin yörüngesi Dünya'ya kıyasla Güneş'ten yüzde 50 oranında daha uzaktır; başlıca karbon dioksitten oluşan atmosfer örtüsü ise Dünya atmosferinin sadece yüzde 1'i kadar kalınlığa sahiptir. Böyle olunca, Mars sıcak yaz günlerinde bile suyun donma noktası olan bir sıcaklığa güçlkle ulaşabilir. Ayrıca, manyetik alandan oluşan bir kalkanı olmayan gezegenin yüzeyi Güneş'ten gelen ölümcül parçacık ışımasına karşı da korunmasızdır.

Ne var ki 1977'de deniz jeologu Bob Ballard ve ekibi tarafından dünyamızda hidrotermal bacaların keşfedilmesiyle birlikte, ne gibi çevrelerin yaşamı destekleyeceği konusundaki görüşümüz değişikliğe uğradı. Deniz tabanının kilometrelerce aşağısından çok sıcak mineraller fışkırtan bu kaynaklar, mutlak karanlıklar içinde büyüyüp gelişen bir ekosisteme can vermektedir. Besin zincirinin en altında enerjilerini oksijenden değil kükürt bileşenlerinden alan bakteriler, en üstünde ise dev boru kurtçukları yer almaktadır.

Ballard'ın keşfinden sonra biyologlar Antarktika'nın en çorak ve ıssız köşelerinde yaşayıp gelişen mikroorganizmalar buldu. Yüzeyin kilometrelerce altında, sağlam kayaların içinde rastladılar onlara. Hatta *Deinococcus radiodurans* adlı, "Bakteri Conan" lakaplı bir bakteri türü, nükleer reaktör çekirdeklerinde rahatça yaşamaktadır. Öyleyse Mars'ta, belki yüzeyin altındaki toprağın her zaman donmuş halde bulunduğu –hatta belki suların aktığı– ve kayaların Güneş'ten gelen

ışımaya karşı koruma sağladığı mağaralarda birtakım *ekstremofillerin*, yani süper-dayanıklı bakterilerin yaşamadığını kim iddia edebilir?



Derin okyanusların dibinde hidrotermal bacalardan püsküren süper sıcak su ve mineraller mutlak karanlıklarda topluluklara yaşam imkânı sağlamaktadır. Aynı şeyi Güneş Sistemi'nin başka yerlerinde de yapıyor olabilirler mi?

Bu tür organizmalar Mars'ın uzak geçmişinden bugüne kalmış da olabilir. Kırmızı gezegenin dikkat çekici bir özelliği, bugünkü haliyle bir yıl öncesinin çok farklı olmasıdır. Her biri Dünya'daki Büyük Kanyon'dan daha büyük kollara sahip dev bir kanyon olan Valles Marineris, ırmakların ve sellerin Mars yüzeyini oyup aşındırdığı bir döneme tanıklık eder gibidir. Hatta bir zamanlar Mars'ta sıg bir okyanus olduğuna dair belirtiler mevcuttur.

Bütün bunların bizim için bazı anlamları var. Çünkü dünya, 4,55 milyar yıl önceki doğumunu izleyen ilk yarım veya bir milyar yıl boyunca yaşama elverişsiz bir yerdi. Biyolojik varoluşa ilişkin 3,8 milyar yıl öncesine ait belli belirsiz kimyasal kanıtlar olmakla birlikte, ilk bakteri fosilleri 3,5 milyar yıllıktır. Önemli bir nokta da Dünya'dan

daha küçük olan Mars'ın daha çabuk soğumuş ve doğduğu sıradaki erimiş halden daha erken çıkmış olmasıdır.¹ Yani Dünya hâlâ bir cehennemken, Mars'ta akarsular ve denizlerin oluşması mümkündü. Dolayısıyla, eğer Mars'ta yaşam var olmuşsa, Dünya'dan önce başlamış olmalıdır.

Gezegennemizde Mars'tan gelme bir düzine kadar meteorite rastlanmıştır. Bunlar asteroit çarpmaları nedeniyle kırmızı gezegenden fırlamış parçalardır. Bir süre Güneş'in etrafında döndükten sonra yolları dünyayla kesişmiştir. Deney sonuçları bu tür kayaların içindeki ekstremofillerin müthiş bir patlamayla bir gezegenden fırlayıp soğuk uzAy'da uzun bir süre geçirdikten sonra başka bir gezegenin atmosferine girseler bile hâlâ hayatta kalabileceğini göstermektedir. Acaba 3,8 milyar yıl önce bir meteorit Mars'tan gelmiş ve Dünya'ya ilk mikroorganizmaların tohumunu atmış olabilir mi? Yoksa hepimiz aslında Marslı mıyız?

39

Ete Dönüşen Yıldız Tozu

.....

HEPİNİZ TAM ANLAMıyla GÖKLERDE OLUŞTUNUZ

.....

*"Bir çim yaprağının da yıldızlarındaki kadar
büyük bir yolculuğun eseri olduğuna inanıyorum."*

Walt Whitman¹

Kanınızdaki demir, kemiklerinizdeki kalsiyum, her solukta ciğerlerinizize dolan oksijen – bütün bunlar Dünya doğmadan önce yaşayıp ölmüş yıldızların içinde ortaya çıkmıştı. Bu ilginç gerçeği, yani yıldızlarla astrologların bile hayal etmeye kalkışamayacağı kadar yakın bir bağ içinde olduğumuzu keşfedişimizin hikâyesi epeyce uzun ve karmaşıktır.

İlk olarak, her şeyin atomlardan oluştuğu öğrenildi. Richard Feynman "Bir afet sonucu tüm bilimsel bilgi ortadan kalksa ve sonraki canlı kuşaklarına sadece tek bir cümle kalacak olsa, en az sözcükle en çok bilgiyi ihtiva eden cümle hangisi olurdu?" diye sormuştu. Cevabın ne olduğu konusunda en ufak bir şüphesi yoktu: "Her şey atomlardan oluşmuştur."

Paradoksal bir şekilde, doğanın parçalanamaz çok küçük taneciklerden oluştuğu ve bunların başka bir şeye dönüştürülemeyeceği, bir maddeyi başka bir maddeye –örneğin kurşunu altına– dönüştürme çabaları yüzyıllarca sürdürülüp başarısız kalındıktan sonra anlaşıla-

bilmiştir. Oysa atomlar sadece temel maddeler olmakla kalmaz, aynı zamanda doğanın alfabesini oluştururlar. Daha önce belirttiğimiz gibi onları farklı şekillerde bir araya getirerek bir galaksi, bir ağaç veya bir dağ gorili yapmak mümkündür. Dünya'nın karmaşıklığı bir yanılısamadır aslında. Görünüşlerin altında yatan şeyler basittir. Her şey doğanın temel yapıtaşlarının permütasyonlarından ibarettir.

Atom ya da elementlerin en hafifi hidrojen, en ağır uranyum olmak üzere doğada bulunan doksan iki çeşidi vardır. Bunlardan bir kısmı evrende boldur, bazıları ise nadir görülür. Ve yirminci yüzyılda garip bir durum fark edilmiştir: Görünen o ki bir elementin bolluk derecesi ile onun atom çekirdeklerinin özellikleri bağlantılıdır. Örneğin, çekirdekleri çok sıkı bağlı olan elementler genellikle ötekilerden daha yaygındır.

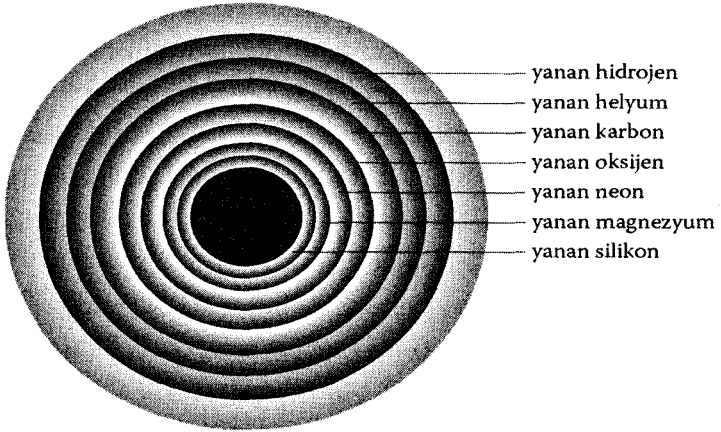
Bir elementin ne bollukta bulunduğu ile atom çekirdeklerinin özellikleri arasında bir korelasyon görülmesinin nasıl bir nedeni olabilir? Tek mümkün açıklama, çekirdeğe özgü süreçlerin atomların oluşmasında bir rol oynuyor olmasıdır. Başka bir deyişle, doksan iki element evrene bir yaratıcı tarafından yaratılışın ilk gününde yerleştirilmiş değildir. Evren henüz çok gençken, sadece en basit atom tipi olan hidrojeni barındırıyordu, daha ağır olan bütün diğer atomlar sonradan bu temel yapıtaşından ortaya çıktı.

Atom çekirdeklerindeki protonlar birbirini öyle şiddetli iter ki nükleer kuvvetin onları *Uzay Yolu*'nda gördüğümüz "ışınlama" sahnelerindeki gibi yakalayıp birbirine yapıştırması, ancak yüksek hızda çarpıştırarak mümkündür.² Sıcaklık mikroskobik hareketlerin bir ölçümü olduğuna göre, böyle bir çarpıştırma son derece yüksek sıcaklıklar gerektirecektir.

Fizikçilerin yirminci yüzyılda karşılaştığı soru şuydu: Atomların üretildiği bu çok yüksek ısı fırın evrenin neresindedir? Önceleri yıldızlar yeterince sıcak değilmiş gibi görünüyordu. Bunun yanlış bir

varsayım olduğu anlaşılmış olsa da bakışımızı evrenin ilk anlarına ve zamanın başlangıcında var olan fırina çevirmemizi sağlamıştır: Büyük Patlama'nın ateş topuna. Ama doğa bu kadar basit değildir. Doksan iki elementin hepsini tek bir kozmik fırında üretmez. Helyum gibi en hafif elementler gerçekten de evrenin ilk birkaç dakikasında oluşmuştur, ama daha ağır olanların hepsi Büyük Patlama'dan sonra zorlu ve ayrıntılı süreçler sonucu yıldızların içinde oluşmuştur.

Güneş benzeri yıldızlar hiçbir zaman helyumdan ağır elementleri ortaya çıkaracak sıcaklık veya yoğunluğa ulaşmaz. Ama çok büyük kütleli yıldızlar en uçta demire varana kadar daha ağır elementleri oluşturmaktadır.³ Sonunda soğanı andıran bir iç yapıya sahip olurlar; soğanın içe doğru her katmanı bir öncekine göre daha ağır elementlerden oluşmuştur.



Kozmik soğan: Büyük bir yıldız sonunda her tabakası kendinden önceki dış tabakaya kıyasla daha ağır elementlerden oluşan bir yapı edinir. Süpernova olarak patladığında ise, bu elementler yıldızlararası ortama yayılır.

Tabii bu tür yıldızlar giderek istikrarsızlaşıp yaşamlarının sonunda süpernovalar olarak patlamış olmasalar, bütün elementler o yıldızların içinde sonsuza dek hapsolürdü – ve biz de şimdi burada değildik. Neyse ki söz konusu yıldızlar nükleer fırınlarının ürünlerini yıldızlararası uzaya püskürttükleri gibi patladıkları sırada ortaya çıkan müthiş ateş topunun içinde daha da ağır elementler meydana getirirler. Bu elementler yıldızlararası bulutların gazlarına ve tozlarına karışarak onları ağır elementler bakımından zenginleştirir. Daha sonra bulutlar parçalandığında ise yeni doğan yıldızlarda ve onlara bağlı gezegenlerde yer alırlar. Ağır elementlerin Dünya'ya gelişi bu yoldan olmuştur. Amerikalı astronom Allan Sandage şöyle diyor: “Hepimiz kardeşiz. Aynı süpernovadan doğduk.”

Bir yıldız parçası görmek ister misiniz? Elinizi kaldırıp bakın. Ete dönüşmüş yıldız tozuyuz hepimiz.

Kırılğan Mavi Nokta

.....
 DÜNYA'NIN ŞİMDİYE KADAR ÇEKİLMİŞ EN MUHTEŞEM
 FOTOĞRAFI SADECE 1 PİKSEL BOYUTUNDADIR

"Evrenin zeki yaşamla dolu olduğuna eminim.

Buraya gelmek bile fazlasıyla zekiceydi."

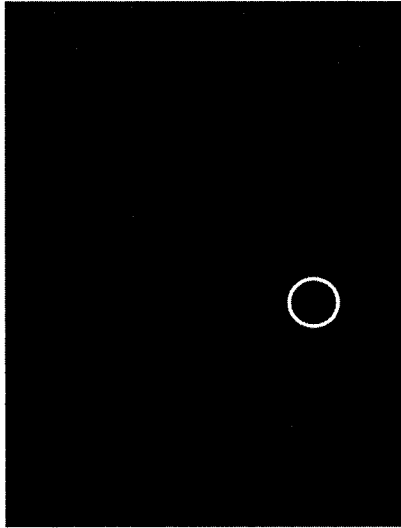
Arthur C. Clarke

NASA'nın 1977'de fırlattığı uzay araçları *Voyager 1* ve *Voyager 2*'nin ilginç bir özelliği vardı: İkisinde de eski tarz yivli plaklara benzeyen birer altın disk bulunuyordu. Disklere yeryüzündeki hayatı ve kültürü yansıtan sesler ve görüntüler kaydedilmişti. Bir bakıma kozmik zaman kapsülleri sayılabilecek disklerin günün birinde zeki uzaylıların, hatta uzay gemileri *Voyager* sondalarına yetişen gelecekteki insanların karşısına çıkabileceği umuluyordu. İki aracın da hedefinde belli bir yıldız bulunmamakla birlikte, *Voyager 1*'in 40.000 yıl kadar sonra Gliese 445 adlı yıldızın 1,6 ışık yılı yakınından geçebileceği hesaplanmıştı.

1980'e gelindiğinde *Voyager 1* Jüpiter ve Satürn'ü geride bırakmış, bu dev gezegenlerin bulutlarının ve görkemli uydularının fotoğraflarını göndermişti. Sonra Güneş Sistemi'nin en uzak gezegenini de geçip yıldızlara yöneldi.

Cosmos adlı televizyon dizisinin ünlü sunucusu Carl Sagan aynı zamanda önde gelen bir gezegenbilimciydi ve Voyager ekibinde yer almıştı. Yıllardır *Voyager 1*'in kamerasının ardında bıraktığı yolu görecektir şekilde çevrilmesi için NASA'ya ısrar ediyordu. Sonunda 14 Şubat 1990'da istediği oldu ve kamera iç Güneş Sistemi'ne yö-neltildi.

Elde edilen resim bilim tarihinin ikonik görüntülerinden biri ol-muştur. Dünya'nın ıssız Ay yüzeyinden yükselirken Apollo 8 ekibin-ce çekilen fotoğrafı ve spiral DNA merdiveninin ilk görüntüsü ile eşdeğer bir yere sahiptir. Uzayın siyahlığı içinde uzanan renkli, pa-ralel şeritler çoğu zaman kafa karıştırıcı olsa da aslında önemsizdir, Voyager kamerasının içinde hareket eden ışığın yarattığı etkilerden ibarettir. Resimdeki asıl can alıcı unsur, orta kısımdaki minik mavi noktadır. Büyüklüğü sadece 1 pikseldir.



Donuk mavi nokta: Dünya'nın en uzak görüntüsü. NASA'nın uzay aracı *Voyager 1* tarafından 6 milyar kilometrelik bir mesa-feden çekilmiştir (dikey şeritler kameranın yol açtığı izlerdir).

Biz 7 milyar insan, işte bu noktanın üstünde yaşıyoruz. Bütün tarihimiz bu noktanın üstünde olup bitti. Aslında yaşamın tüm tarihi bu noktanın üstünde gerçekleşti. Bu mavi nokta bizim dünya-mız elbette. Daha doğrusu dünyamızın en uzak mesafeden çekilmiş fotoğrafı – 6,1 milyar kilometrelik bir mesafe bu, başka bir deyişle Dünya yörüngesi ile güneş arasındaki uzaklığın kırk katı kadar.¹

Arada bir bu donuk-mavi noktanın resmini Twitter’a koyup “Hep birlikte bu noktada olduğumuzu hatırlasak nasıl olur?” başlığını atıyorum. Belki de insanların kendi hayatlarına yönelik çok ihtiyaç duyulan bir bakış açısı sağladığı için bu tweet, gönderdiğim diğer her şeyden daha fazla ilgi görüyor. Ama asıl mesele bakış açısı olmayabilir. Belki de bu resim bize kozmik yalnızlığımızı hatırlatıyor.

Bizim Samanyolu gibi yaklaşık 2 trilyon galaksi içeren bir evrende yaşıyoruz. Ve her galakside ortalama 100 milyar yıldız var. Kozmik yakın çevremize bakarak artık öğrendik ki gezegenler yıldızlardan daha fazla. Hatta aslında evrendeki gezegen sayısı Dünya'nın tüm kıyılarındaki tüm plajlarda bulunan kum tanelerinin sayısını da aşıyor. Ve yine de, bütün bu akıl almaz enginliğin içinde yaşam barındırdığını bildiğimiz bir tek yer var...

Şu minik, kırılgan mavi nokta.

KISIM YEDİ

Kozmik Şeyler

Dünü Olmayan Gün

EVREN EZELDEN BERİ VAR OLMADI – DOĞDU

"Bir kere, Büyük Patlama pek de büyük değildi. İkincisi, patlama yoktu. Üçüncüsü, Büyük Patlama teorisi bize neyin patladığını, ne zaman patladığını, nasıl patladığını söylemez. Sadece patladığını söylemiştir. Yani bir bakıma Büyük Patlama tam bir yanlış adlandırmadır."

Michio Kaku

Bilim tarihinin belki de en büyük buluşu, evrenin ezeli olmadığının anlaşılmasıdır. Evren doğmuştu. Dünü olmayan bir günde. Bundan yaklaşık 13,82 milyar yıl önce tüm madde, enerji, uzay –ve hatta zaman– Büyük Patlama denilen yakıcı bir ateş topunun içinden fırlayarak var olmuştu. Bu ateş topu genişleyip soğumaya başladı ve katılaştıran yıkıntılardan galaksiler oluştu. Galaksiler büyük yıldız adalarıdır, sayıları iki trilyon olarak tahmin edilmektedir ve bizim yer aldığımız Samanyolu da bunlardan biridir.

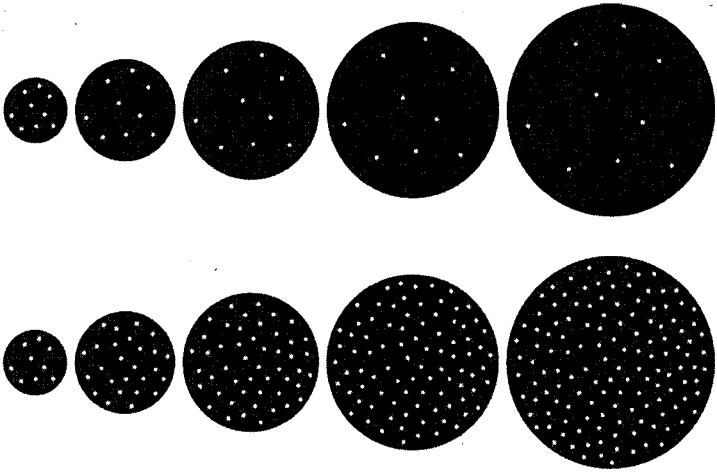
Önceleri Büyük Patlama fikri bilim insanları arasında fazla rağbet görmemişti. Hatta bağıra çağıra ona doğru çekilmeleri, itilip sürüklenmeleri gerekmişti. Böyle olmasının nedeni, bu düşüncenin onları olabilecek en berbat soruyla karşı karşıya bırakıyor olmasıydı: Büyük Patlama'dan önce ne vardı? Ama ne kadar rahatsız olsalar

da bilim insanlarının doğadaki olguların işaret ettiği yöne gitmekten başka seçeneği yoktur. Ve işaretler büyük bir ağırlıkla evrenin doğmuş olduğunu söylemektedir (üstelik öyle çok eskiden de değil – evrenin yaşı Dünya'nınkinin yalnızca üç katıdır).

Büyük Patlama'ya ilişkin ilk kanıt Amerikalı astronom Edwin Hubble tarafından bulundu. 1929'da Güney Kaliforniya'daki Wilson Dağı'nda 100 inçlik dev bir Hooker teleskobu kullanan Hubble evrenin genişlediğini, onu oluşturan galaksilerin kozmik şarapnel parçaları gibi birbirinden uzaklaştığını fark etti. Bundan çıkan bariz sonuç, evrenin geçmişte daha küçük olduğudur. Ve genişlemenin film şeridi gibi geri sardığını tasavvur edersek, her şeyin olabilecek en küçük bir hacmin içine sıkıştığı bir zamana –13,82 milyar yıl öncesine– varırız. İşte bu, evrenin doğduğu andı: Büyük Patlama.

Bu sonuçtan kaçınmanın tek yolu vardır. 1948'de Britanyalı astronomlar Fred Hoyle, Herman Bondi ve Tommy Gold galaksiler birbirinden uzaklaşırken aralarında oluşan boşluğa yeni var olan malzemelerin aktığını ve giderek bunların yeni galaksiler halini aldığını öne sürdü. Bu şekilde, Hubble tarafından saptanan evrenin genişlemesi bir başlangıcı olmadan da gerçekleşebilir. Yaratılışın böyle durmadan sürüp gitmesi fikri acayip görünebilir ama aslında bütün maddenin bir defada Büyük Patlama'yla ortaya çıktığı fikrinden daha acayip değildir.

Hoyle, Bondi ve Gold'un durağan-durum teorisinin en önemli özelliği, sınanabilir olmasıydı. Evrenin her zaman aynı görüldüğünü öngörüyordu. Ancak, 1960'larda astronomlar yeni doğmuş galaksilerin son derece parlak çekirdekleri olan *kuasarları* keşfetti. Kuasarların ışıklarının uzay'da yolculuk edip Dünya'ya ulaşması milyarlarca yıl sürmüştür, dolayısıyla onları evrenin erken döneminde oldukları halleriyle gösterirler. Bugün evrende hiç kuasar olmadığı için bu gözlem evrenin değişmiş ya da evrimleşmiş olduğunu ortaya koyuyor ve durağan-durum teorisile açıkça çelişiyordu.

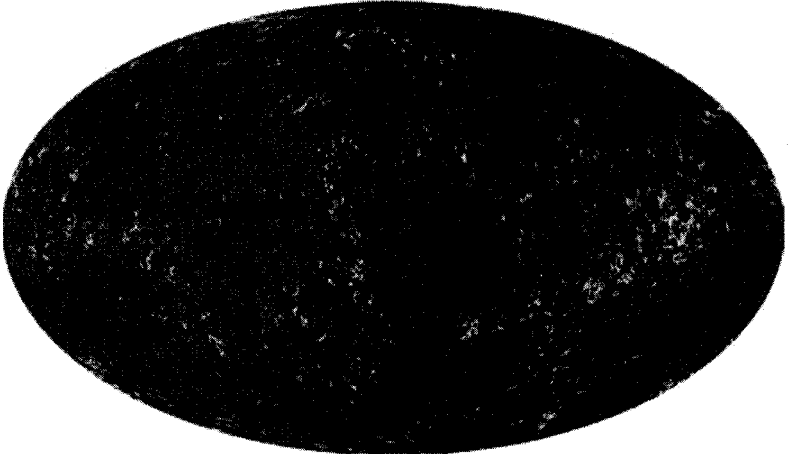


Büyük Patlama teorisi (yukarıda) evrenin zamanla değiştiğini öngörür. Durağan-durum teorisi ise (aşağıda) evren genişlerken yeni galaksilerin oluşarak boşlukları dolduracağını ve böylece evrenin zamanla değişmeyeceğini öngörmüştü.

Ama durağan-durum teorisine asıl öldürücü darbe 1965'te indi. New Jersey'deki Holmdel'de iki astronom boynuz biçimli dev bir radyo anteni kullanıyordu (bkz. bölüm 44). Anten deneme mahiyetindeki ilk iletişim uydularıyla sinyalleşmek üzere, AT&T telefon şirketine ait olan Bell laboratuvarlarında yapılmıştı. Arno Penzias ve Robert Wilson bu antenden yararlanarak, Samanyolu'nu kuşattığına inandıkları ultra-soğuk hidrojen gazının soluk ısıltısını saptamayı amaçlamaktaydı. Ama boynuzu gökyüzünde hangi yöne çevirirlerse çevirsinler, ısrarla tıslayan bir mikrodalga paraziti işi bozuyordu. Amaçlamadan da olsa, Büyük Patlama'daki ateş topundan arta kalmış olan ısıya rastlamışlardı. Evrenin 13,82 milyar yıl boyunca büyümesiyle büyük ölçüde soğumuş olan bu sıcaklık, bugün artık yüksek enerjili görünür ışık değil düşük enerjili mikrodalgalar halindedir.

Bu kozmik arkaplan ışıması hem Penzias ve Wilson'a 1978 Nobel Fizik Ödülü'nü kazandırmış hem de Büyük Patlama'yı doğrulamış-

tır. Buna rağmen Hoyle –ironik bir şekilde Büyük Patlama terimini 1949’daki bir BBC radyo yayınında ortaya atmış olan da kendisidir– Penzias ile Wilson’ın keşfettiği mikrodalgaların zamanın başlangıcından kalma olduğunu asla kabul etmedi. Ölene kadar kozmik arkaplan ışımasını değiştirilmiş bir durağan-durum teorisine katmak için giderek daha ayrıntılı yollar bulup geliştirmeye çalıştı.



Evrenin bebeklik resmi: NASA’nın Wilkinson Mikrodalga Anizotropi Sondası tarafından çekilen bu fotoğraf, evren ancak 380.000 yaşındayken Büyük Patlama’daki ateş topunun “ışığını” gösteriyor. Görüntüdeki düzensizlik, ilk galaksileri oluşturmak üzere kümelenen maddenin düzensizliğini yansıtmaktadır.

Evren genişlediğine göre bir başlangıcı bulunması gerektiği şeklindeki çıkarsama, birbirinden bağımsız çalışan iki fizikçi tarafından ortaya konmuştur: 1922’de Rus Alexander Friedmann ve 1927’de Belçikalı George Lemaître tarafından. Friedmann-Lemaître evreni de denilen Büyük Patlama’ya dayandırılan evren resmi, sadece bilimci değil aynı zamanda Katolik bir papaz olan Lemaître için özellikle cazipti. Parlak bir ateş topu halinde patlayarak varlık kazanmış bir evren ona Kutsal Kitap’ın Yaratılış bölümündeki Tanrı’yla

mükemmel şekilde bağdaşır görünüyordu, çünkü Tanrı evreni “Işık olsun,” diyerek yaratmıştı: “Işık olsun: Ve ışık oldu.”

Aslında Friedmann ve Lemaître genişleyen evren fikrini Einstein’ın yerçekimi teorisinden –genel görelilik teorisinden– çıkar-samıştır. Einstein bu teoriyi 1915’te, Birinci Dünya Savaşı bütün hızıyla sürmekteyken Dünya’ya sunmuştu. Ama ertesi yıl teorisini düşünebileceği en büyük kütleyle –tüm evrene– uyguladığı halde, denklemlerinde yatan mesajı gözden kaçırdı. Bilim insanları arasında yaygın bir hatadır bu. Evrenin gerçekten karatahtaya karaladıkları formüllerde gizlenen müziğe uyarak dans ettiğine inanmak onlara müthiş zor gelir. Nobel Ödülü sahibi fizikçi Steven Weinberg’in dediği gibi: “Fizikçilerin hatası teorilerini fazla ciddiye almak değil, yeterince ciddiye almamaktır.”

Evrenin bir ateş topunun içinde doğması, bilimi muazzam bir meseleyle karşı karşıya getiriyor: Kozmik arkaplan ışımasına yönelik uzay’dan yaptığı gözlemler nedeniyle Nobel Ödülü almış olan John Mather, “Ne zaman bir Büyük Patlama olduğu anlatılsa,” diyor, “insanlar ondan önce ne olduğunu bilmek istiyor. Ya ondan önce ne olduğunu bulursak ne olacak?”² Kraliyet astronomu Martin Rees ise şunu vurguluyor: “Büyük Patlama’nın en erken evrelerine kadar geri gidebiliyoruz, ama neyin patladığını ve neden patladığını hâlâ bilmiyoruz. Yirmi birinci yüzyıl bilimini bekleyen bir mesele bu.”

Hayalet Kozmos

TELESKOPLARIMIZLA GÖRDÜĞÜMÜZ
EVREN ORADA YOK ASLINDA

*"Uzay büyüktür. Bunun nasıl geniş, muazzam, akıl karıştırmacı bir
büyüklük olduğuna inanamazsınız. Demek istediğim,
kimyacıların oraya kadar uzun bir yol olduğunu sanırsınız,
oysa bu uzay için hava civadır."*

Douglas Adams¹

Londra'nın merkezinde yaşadığınızı düşünün. Pencereden bakarken 100 metre ötede at arabalarının yolları tıkadığını görüyorsunuz. Üç yüz elli metre ileride Büyük Londra Yangını göğü kızıla boyamakta. İki kilometre uzakta ilk Roma gemileri Thames Nehri'nin balçıklı kıyılarına yanaşmaya başlamış. Saçma mı? Aslını isterseniz, teleskoplarıyla evreni gözleyen astronomların yaşadığı tam da böyle bir şey.

Siz Londra'nın merkezinde bir pencereden bakarken ışık bir yüzyılda 100 metre gibi bir hıza düşürülecek ve olaylara ait haberleri salyangoz hızıyla taşıyacak olsaydı, yukarıda anlattığıma benzer şeyler görürdünüz. Tabii ışığın gerçek hızı son derece büyüktür – saniyede 300.000 kilometre kadar. Ancak, Dünya'ya ulaşmak

için uzAy'da aşması gereken mesafe de gerçekten muazzamdır. Bu yüzden sanki kozmik bir salyangoz hızıyla sürünerek gelmiş gibidir.

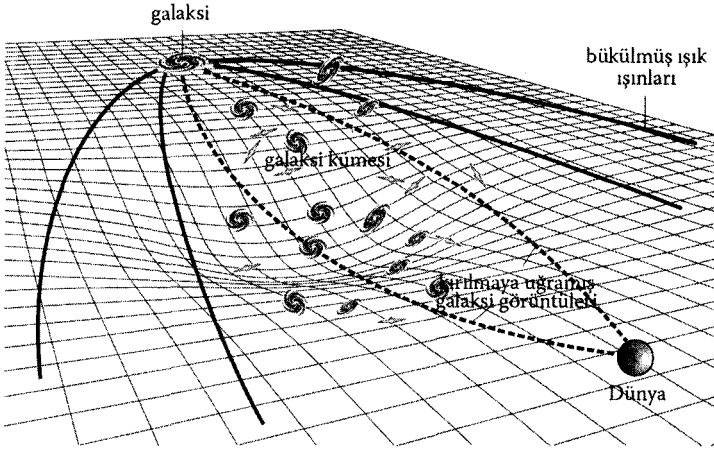
Evrende ne kadar uzağa bakıyorsak, zamanda o kadar geriye dönmüş oluruz. Ay'ı 1,25 saniye, Güneş'i 8,5 dakika, en yakın yıldız sistemi olan Alpha Centauri'yi ise 4,25 yıl önceki haliyle görüyoruz. Evrenin tam şu anda nasıl göründüğünü bilmek kelimenin tam anlamıyla imkânsızdır. Aslında "şimdi" sözcüğü kozmosumuzda bir anlam taşımaz.

Ayın, Güneş'in ve en yakın yıldız sisteminin hâlâ yerinde durduğuna inanmamız makul olur – hatta 2,5 milyon yıl önceki durumunu gördüğümüz, bize en yakın galaksi Andromeda'nın da.* Ama bize ancak milyarlarca yıl önceye ait görüntüleri ulaşan galaksiler için bu doğru olmayabilir. Belki o galaksiler çoktan ölmüş, yıldızları sönmüş, başka galaksiler tarafından yamyamca yutulmuşlardır. Örneğin, olağanüstü ışıklarını girdap şeklinde çekilerek süper-kütleli bir kara deliğe düşerken akkor haline gelene kadar ısınan maddeden alan kuasarlara bakalım.² Kuasarlara çok uzun zaman önce gazlardan ve parçalanmış yıldızlardan oluşan besin kaynaklarını tüketmiştir. Teleskoplarımızda belirdiklerinde, sanki müthiş parlak olan ama çoktan sönmüş ve ölmüş havai fişeklerden kalma inatçı görüntüler gibidirler.

Muazzam evrenimizde ışığın salyangoz hızıyla ilerliyor olması, teleskoplarımızı zaman makinelerine dönüştürür. Ve bu noktada doğa, bir eliyle aldığını diğer eliyle cömertçe geri vermektedir. Çünkü her ne kadar uzayın içinde gittikçe daha uzaklara bakmakla onun "şimdi" nasıl olduğunu göremiyor olsak da daha önceki dönemlerde nasıl olduğunu görmüş oluyoruz. Tarihçilerin ve arkeologların sahip olmayı delicesine arzu edeceği bu olanak, astronomlara Büyük Patlama'dan bugüne kadar evrenin bütün evrimini görme imkânı tanıyor.

* Andromeda Galaksisi'nin Dünya'dan uzaklığı 2.537.000 ışık yılıdır. Yani Dünya'dan bakıldığında 2.537.000 yıl önceki durumunu görebiliyoruz. (-e.n.).

Ama bir zorluk daha var. Teleskoplarımızda gördüğümüz evrenin büyük kısmı artık mevcut olmamasının yanı sıra, var olduğu zamanlarda şimdi bize görüldüğü gibi de değildi. Çünkü uzak galaksilerin ışığı Dünya'ya gelene kadar uzay'da büyük bir yol kat ederken, birçok başka galaksinin yakınından geçer. Ve yoluna çıkan o galaksilerin yerçekimi, daha uzak galaksilerden gelen ışığı büküp çarpıtır. *Kütleçekimsel merceklenme* denilen bu olgu, gördüğümüz şeylerin çoğunun bir banyo penceresindeki buzlu camdan bakıyormuşuz gibi bozulduğu anlamına gelmektedir. Yani sadece bir hayalet evrende yaşıyor değiliz, aynı zamanda gördüğümüz o hayaletler de aslında bize görüldüğü gibi değil!



Çarpıklaşmış kozmos: Uzak galaksilerin ışığı Dünya'ya gelene kadar yakındaki galaksilerin yerçekimi nedeniyle bükülür, kütleçekimsel merceklenmeye uğrar.

Karanlığın Kalbi

EVRENİN YÜZDE 97,5'İ GÖRÜNMEZDİR

"Karanlık madde her yeredir. Bu odada bile. Her yerde."

Fabiola Gianotti

Evrenin yüzde 97,5'i görünmezdir. Nereden bakarsanız bakın, bilim tarihinin en sarsıcı buluşlarından biridir bu. Ama hâlâ pek çok bilim insanının aklına damla damla sızması gerekiyor. Birçoğu henüz şimdiye kadar araştırdıkları, 350 yıldan uzun zamandır bilimin odağında bulunan şeyin aslında –koca bir dağda uçuşan kar taneleri gibi– evrenin ufacık lekelerinden ibaret olduğunu kavramış değil.

Evrenin yüzde 4,9'u atomlardan, yani sizin, benim, yıldızların ve galaksilerin yapıldığı malzemeden oluşmuştur. Ve bunun da ancak yarısını teleskoplarımızla doğrudan görmüş bulunuyoruz. Astronomlar diğer yarının galaksiler arasında sürüklenen gazdan oluştuğunu ve ya çok soğuk ya da çok sıcak olduğu için ışık saçmadığını düşünüyor. Aslında son zamanlarda bu kayıp malzemenin gaz iplikleri şeklinde bulunmuş olduğu ve galaksiler arasında narin maddeden yapılma bir tür ağ oluşturduğu iddiaları da ortaya atılmıştır.¹

Ama yüzde 4,9 oranındaki olağan maddeye ek olarak yüzde 26,8 oranında –yani neredeyse altı katı– karanlık madde de vardır. Karanlık madde hiç ışık vermez veya öyle az ışık verir ki en hassas astronomi aygıtlarımız tarafından bile saptanması mümkün değildir. Var olduğunu sadece görünen yıldız ve galaksilere uyguladığı yerçekimi etkisinden biliyoruz: Onların Newton'ın yerçekimi yasasıyla öngörülenden farklı şekilde hareket etmesine neden oluyor.

Karanlık maddenin ne olduğu konusunda sizden fazla bir şey söyleyecek durumda değilim. Speküasyonlar henüz keşfedilmemiş atom-altı parçacıklardan başlıyor, Büyük Patlama'nın ilk anlarından kalma buzdolabı büyüklüğünde kara deliklere veya zamanın geriye aktığı gelecekte gelmiş kalıntılara (ciddi olarak!) kadar uzanıyor.² Eğer ilk seçenek doğruysa, karanlık madde şu anda kelimenin gerçek anlamıyla her tarafımızı sarmış demektir. İsviçre'de, Cenevre yakınındaki dev bir parçacık hızlandırıcısı olan Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'nda uygun aday olabilecek bir atom-altı parçacığa rastlanabileceği umulmuştu. Ama şimdiye kadar böyle bir sevinç yaşamadık. Bazen boş zamanlarımda karanlık yıldızlar, karanlık gezegenler, karanlık yaşam var olabilir mi diye hayal kuruyorum; belki de elli yıldır süren zeki uzaylılar arayışının boşa çıkma nedeni her şeyin karanlık maddede olup bitmesidir, etrafımızdaki karmakarışık galaktik olaylar belki de hep orada yaşanmaktadır. Bize görünmeden.

Ama yüzde 4,9'luk olağan madde ve yüzde 26,8'lik karanlık maddeye ek olarak, evrenin tam yüzde 68,3'ü karanlık enerjidir (hatırlayalım: Einstein'ın ünlü $E=mc^2$ formülüne uygun olarak her enerjinin eşdeğer bir kütlesi –bir ağırlığı– vardır). Karanlık enerji görünmez, bütün uzayı doldurur ve itici yerçekimine sahiptir. İtici yerçekimi evren genişlemesini hızlandırmaktadır ve zaten 1998'de bu etkisi nedeniyle keşfedilmiştir. Hiç de eski bir keşif değil bu. Düşünün, birkaç on yıl öncesine kadar bilim evrenin kütle bakımından asıl büyük bileşenini gözden kaçırmış!

Gerçeği söylemek gerekirse, karanlık madde karşısında kafası karışan fizikçiler karanlık enerji karşısında tamamen şaşkına dönmüş durumda. Fizikte sahip olduğumuz en iyi teori kuantum teorisidir. Harika başarılar sağlamış, bize lazerler, bilgisayarlar, nükleer reaktörler kazandırmıştır. Güneş'in neden parladığını, ayaklarımızın altındaki zeminin neden katı olduğunu açıklar. Ama boşluğun enerjisini – yani karanlık enerjinin enerjisini– kuantum teorisinden yararlanarak tahmin etmeye çalışan fizikçilerin bulduğu sayı gözlem sonuçlarına kıyasla öyle büyüktür ki karşılaştırmak için sağına 120 sıfır koymak gerekir. Bilim tarihinde bir öngörü ile bir gözlem arasında rastlanmış en büyük farklılıktır bu. Sanırım gerçekliği anlama biçimimizde biraz yanlışlık olabileceğini söylersem, itiraz eden pek çıkmaz.

“Belki de modern kozmolojinin en utandırıcı yanı, görünmez bileşenlerin bu denli ağır basıyor olmasıdır,” diyor Amerikalı astronom Stacy McGaugh. “Karanlık madde ve karanlık enerji evrenin içerdiği kütle-enerjisinin yaklaşık yüzde 95’ini oluşturuyor, ama bunlar hakkında sadece bazı fikirlere sahibiz, hepsi o kadar.”³

Teleskoplarımızla kozmosun sadece yüzde 2,5’ini doğrudan görebildiğimiz halde, buna dayanarak evrenin resmini –modern kozmolojinin büyük anıtı– çıkarmış olmamız, gerçekten iç sıkıcı bir düşünce. On dokuzuncu yüzyılda Charles Darwin’in kurbağaları bildiğini ama ağaçlar, köpekler, çekirgeler ve köpekbalıkları hakkında hiç bilgisi olmadığını hayal edin. Doğal seçilime dayanan evrim teorisi gibi ayakta kalabilecek bir biyoloji teorisi geliştirmeyi ne ölçüde başarabilirdi sizce? Kozmologlar tam da böyle bir durumda kalmıştır işte. Çok büyük bir fikrin eksik olduğu yeterince açık görünüyor. Umalım ki o fikir bulunduğu –Büyük Patlama teorisine eklenmiş dağınık parçalar olan– karanlık madde ile karanlık enerjiyi zarif ve kusursuz bir teoride birleştirmeye yardımcı olsun. Önümüzdeki yolda bizi büyük sürprizler bekliyor – evrene bakışımızı baştan sona değiştirebilecek sürprizler.

Yaratılışın Kızları

EVRENDEKİ FOTONLARIN YÜZDE 99,9'U YILDIZLARDAN
VEYA GALAKSİLERDEN GELMEZ, BÜYÜK PATLAMA'DAN
ARTA KALMIŞLARDIR

*"Yaratılışın sönmekte olan kızlarına göre çok gerilerde kalmış
uygarlıkları düşünün, yaşamın henüz ancak bir avuç Dünya'da orta-
ya çıktığı çok genç bir evrenin efendilerini. Tanrılara özgü bir yalnız-
lık olurdu onların kızlarını sonsuzluğa çevirirler ama düşüncelerini
paylaşacak kimse bulamazlardı."*

Arthur C. Clarke¹

Büyük Patlama'nın ateş topu nükleer patlamalara benziyordu. Ama nükleer ateş topu bir saat, bir gün veya bir hafta içinde çevreye dağılıp gider. Oysa Büyük Patlama'da çıkan ısının gidecek yeri yoktu. Tanımı gereği her şey olan evrenin içinde sıkışıp kalmıştı. Demek ki Büyük Patlama'nın ısı hâlâ bizimle. Geçen 13,82 milyar yılda evren genişledikçe bir hayli soğudu, bu yüzden o ısı artık ışık olarak görünmüyor ama *mikrodalgalar* denilen bir tür görünmez ışık olarak mevcut.²

Mikrodalgalar cep telefonlarının birbiriyle iletişimini sağlamak, mikrodalga fırınlarda yiyecekleri ısıtmak veya televizyon görüntülerini aktarmak için kullanılır. Eski tip bir analog televizyon bulup is-

tasyonlar arasında gezindiğinizde, ekrandaki parazitin, yani karlanmanın yaklaşık yüzde 1'i Büyük Patlama'dan kalma olacaktır (aynı şey uzun dalga radyo istasyonları arasında gezinirken oluşan parazit için de geçerlidir). Bu mikrodalgalar televizyon antenine takılma-
dan önce tam 13,82 milyar yıl boyunca boş uzay'da dolaşıp durmuş-
tu ve dokundukları son şey zamanın başlangıcındaki ateş topuydu.

İşin ilginç, evrendeki ışık parçacıklarının (fotonların) yüzde 99,9'u Büyük Patlama'daki sıcaklıktan arta kalanla bağlantılıdır, sadece yüzde 0,01'i yıldızlardan ve galaksilerden kaynaklanır. Bu kozmik arkaplan ışıması evrenin en dikkat çekici özelliğidir. Eğer görünür ışık yerine mikrodalgaları gören gözlere sahip olsaydınız, bütün evren –boş uzayın tamamı– bembeyaz parlıyor olurdu. Dev bir ampulün içinde olmaya benzerdi bu. Ama belirttiğimiz gibi kozmik arkaplan ışıması 1965'e kadar keşfedilememiştir ve üstelik keşfedilmiş olması tamamen tesadüf eseridir.

Sorun, etrafımızdaki her şeyde mikrodalgalar ısıdığı için Büyük Patlama'ya ait şeyleri ayırt etmenin çok zor olmasıdır. 1964'te New Jersey'deki Holmdel'de iki bilim insanı bu zorlukla karşılaşmıştı. Bell Laboratuvarları'na davet edilen Arno Penzias ve Robert Wilson'a astronomik araştırmalarda dev bir mikrodalga boynuzu kullanma imkânı sağlanmış bunuyordu. Penzias ve Wilson, bu aracı Samanyolu'nu sardığı düşünülen süper soğuk hidrojen gazını saptamak amacıyla kullanmaya yöneldi. Gazın gönderdiği mikrodalga sinyalleri çok zayıf olabileceği için önce her türlü başka kaynaktan gelen mikrodalga sinyallerini ölçmeleri gerekiyordu; yakınlarındaki binaları, ağaçları, gökyüzünü, hatta boynuz şeklindeki antenin metalini hesaba kattılar, bunları aradan çıkarınca, geriye asıl aradıkları sinyalin kalacağını umuyorlardı.

Ama çıkarma işini yaptıklarında, ısrarla tıslayan bir parazitte karşı karşıya kalmışlardı. Bu tam da sıcaklığı mutlak sıfırın sadece 3

derece üstünde, yani -270°C olan bir maddenin yayacağı bir şeydi.³ İki astronom önce kendilerine Holmdel'in çok yakınında bulunan New York kentinden mikrodalgaların ulaşmakta olduğunu düşündü. Ama boynuzun açık ağzını New York'tan farklı yönlere çevirdiklerinde, tıslama hiç değişmiyordu. Ardından, yakaladıkları mikrodalgaların Güneş Sistemi'ndeki başka bir kaynaktan, örneğin radyo dalgaları yaydığı bilinen Jüpiter'den çıktığı ihtimali üzerinde durdular. Ne var ki aradan aylar geçmiş, Dünya Güneş etrafında dönmeyi sürdürmüş olduğu halde, tıslama hep aynı kalmıştı. Penzias ve Wilson parazite yakın zamandaki bir nükleer denemeye atmosfere fırlayan elektronların neden olabileceğini bile hesaba kattı. Ama beklenenin aksine, tıslama bir türlü zamanla azalıp yok olmuyordu.

Sonunda iki astronomun gözüne boynuzun dar ucunda yuva yapmış bir çift güvercin ilişti. Mikrodalgaları algılayan elektronik düzenek boynuzun o ucundaki küçük bir kulübeye yerleştirilmişti. Bu aletlerin soğutulması gerektiği ve soğutucudan sıcak hava atıldığı için güvercinler mükemmel bir kararla buzlu New Jersey kışını geçirecekleri rahat, sıcacık bir yer seçmişlerdi. Penzias ve Wilson kuşların mikrodalga boynuzunun içini beyaz bir yalıtım malzemesiyle, yani daha bilinen şekilde söylersek, güvercin dışkılarıyla kapladığını fark etti. Bu tabaka mikrodalga ısımasını etkiliyor, hiç kesilmeyen tıslamayı yaratıyor olamaz mıydı?

Güvercinleri yakaladılar, şirket postasıyla başka bir yere gönderdiler. Lastik çizmelerini giyip yanlarına sert fırçalar alarak boynuzun içine girdiler ve güvercin dışkılarını kazıdılar.⁴ Ve şaşkınlık içinde kaldılar: Temizlik işi bitmişti ama inatçı parazit tıslamaya devam ediyordu.

Bu arada 1965 yılının ilkbaharı gelmişti artık. Ama hâlâ astronomi denecek bir şey yapabilmiş değillerdi. O günlerde Penzias bilimci bir dostuyla telefon görüşmesi yaptı. Aslında konuşma konusu başkaydı, ama Wilson'la birlikte Holmdel'de yaşadıkları zorlukları an-

latmadan edemedi. Hattın diğer ucundaki bilim insanı birden dikkat kesiliverdi. Jim Peebles adlı bir kuramcının konferansını dinlemişti; bu kişi –Holmdel’e sadece otuz mil mesafede bulunan– Princeton Üniversitesi’nde Büyük Patlama’dan arta kalmış ısıyı yakalamak üzere yapılacak bir deneyden söz ediyordu. Telefon görüşmesi bitince Penzias hemen Peebles’in Princeton’daki şefi Robert Dicke’yi aradı. Dicke ofisinde araştırma ekibiyle birlikte öğle yemeği yiyordu, telefonu kapatınca meslektaşlarına bakarak konuştu: “Evet arkadaşlar, bizim fikri kapmışlar!”

Penzias ile Wilson tarafından keşfedilen ışımanın mutlak sıfırın üstünde 2,276 dereceye tekabül ettiği artık biliniyor. Stephen Hawking “Büyük Patlama’dan kalan ısıma evinizdeki mikrodalga fırının-dakiyle aynıdır, ama ondan çok daha güçsüzdür,” demişti. “Pizzanızı ancak eksi 271,3 dereceye kadar ısıtabilir, yani pişirmek şöyle dur-sun, dondurulmuş pizzayı çözmeye bile yetmez!”

Kozmik arkaplan ışımasının keşfi evrenin bir Büyük Patlama’y-la doğduğunu doğrulamış ve Penzias ile Wilson’a 1978 Nobel Fizik Ödülü’nü kazandırmıştır. Ya güvercinler? Onlar Holmdel boynuzu-na geri döndü –posta güvercinleriydiler anlaşılan– ve maalesef vurulmaları gerekti. Dışkılarında astronomi kitaplarında mutlaka söz ediliyor. Fizik tarihinde başka bir zaman bu denli derin ve önemli bir şeyin bu kadar dünyevi ve sıradan bir şeyle karıştırılmamış olduğunu herhalde kesinlikle söyleyebiliriz.

45

Evrenin Efendileri

.....

HER GALAKSİNİN KALBİNDE KARADUL ÖRÜMCEĞİ GİBİ
PUSUYA YATMIŞ ÇOK YÜKSEK KÜTLELİ BİR KARA DELİK
VARDIR – AMA KİMSE NEDENİNİ BİLMEZ

.....

“Doğadaki kara delikler evrendeki en mükemmel makroskobik nesnelerdir: yapımlarında yer alan yegâne unsurlar bizim uzay ve zaman kavramlarımızdır.”

Subrahmanyam Chandrasekhar

Samanyolu’nun yirmi yedi milyon ışık yılı uzaklıktaki karanlık merkezinde çok yüksek kütleli bir kara delik var. Kütleli Güneş’in 4,3 milyon katı.¹ Sayı çok etkileyici belki ama bazı galaksilerin çekirdeğinde yer alan, Güneş’in 50 milyar katı kütleyle sahip kara deliklerle karşılaştınca, önemsiz ve küçük kalıyor. Asıl büyük soru şu: Bunların orada ne işi var?

Kara delik uzay-zamandaki belli bir bölgedir, öyle büyük bir yerçekimine sahiptir ki hiçbir şey ondan kaçamaz – ışık bile: “kara” olması da bu yüzdendir. Einstein’ın yerçekimi teorisi olan genel görelilik teorisinde kara deliklerin varlığı öngörülmüştü. Kara delik bir “olay ufku” ile çevrilidir. Olay ufku hiçbir maddenin ve ışığın artık

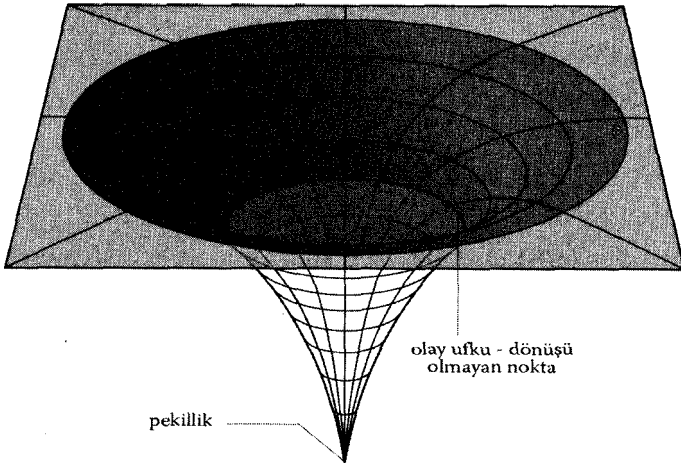
kaçamayacağı dönüşü olmayan noktayı belirten bir tür hayali zardır. Bu ufkun içinde zamanın çarpıtılması o kadar büyüktür ki zaman ve mekân fiilen yer değiştirir. Tekillığın –deliğin merkezindeki düşen maddenin ezilerek varoluşunu yitirdiği nokta– kaçınılmaz oluşu bu yüzdendir. Tekillik uzay'da değil zamanın içinde var olduğu için nasıl yarından kaçınamazsak, ondan da kaçınamayız.

Bir zamanlar kara delikler bilimden çok bilimkurgu sayılıyordu. Hatta kendi teorisi onların varlığını öngören Einstein bile hiçbir zaman onlara inanmadı. İlk kez 1971'de NASA'nın X-ışınlarını inceleyen uydusu Uhuru tarafından yıldız-kütleli kara delik Cygnus X-1 saptandı. Ama çok daha etkileyici kara deliklere ilişkin kanıtlar bundan sekiz yıl sonra bulunacaktı.

1963'te Hollanda asıllı Amerikalı astronom Maarten Schmidt, yeni doğan galaksilerin süper parlak çekirdekleri oldukları anlaşılan kuasarları keşfetmişti. Bunlar o kadar uzaktır ki ışıklarının bize gelmesi evrenin yaşına yaklaşan uzunlukta bir zaman gerektirmiştir, adeta zamanın başlangıcının uyarı ışığıdır. Tipik bir kuasar, Samanyolu benzeri 100 normal galaksiye eşdeğer enerji pompalar, ama bunu bizim Güneş Sistemi'nden bile daha küçük bir bölgeden yapar. Ne var ki –yıldızların güç kaynağı olan– nükleer enerji bu işe elverişli değildir. Düşünülebilecek tek enerji kaynağı, kara deliğin içine doğru kıvrılarak düşerken milyonlarca derecelik sıcaklıklara kadar ısınan maddedir. Ama bu öyle yıldız-kütleli bir kara delik olmaz, kütlesi milyarlarca Güneş kadar olmalıdır.

Schmidt'in keşfinden sonra astronomlar uzun süre çok yüksek kütleli kara deliklerin kozmik bir anomali olduğunu ve sadece aktif galaksilere güç sağladığını düşünmüştü. Bu yaramaz galaksilerin oranı ancak yüzde 1'di ve kuasarlar da bunların en uç örnekleriydi. Ama 1990'da Dünya yörüngesine gönderilen NASA'nın Hubble Uzay Teleskopu bunun yanlış olduğunu göstermiştir. Çok keskin

bir görüş sağlayan Hubble, yüzlerce galaksinin merkezi etrafında dönen yıldızları gözlemleyebiliyor ve hızlarını ölçebiliyordu. Çok yüksek kütleli kara deliklerin sadece galaksilerin yüzde 1'inde değil neredeyse hepsinde girdap etkisi yapmakta olduğunu ortaya çıkardı. Ancak, çoğu galaksideki kara delikler durumdur, yıldızlararası gazdan ve parçalanmış yıldızlardan oluşan besinlerini tüketmişlerdir. Bizim Sagittarius A* gibi onlar da pineklemektedir.



Kara delik uzay-zamandaki dipsiz bir kuyudur. Oraya düşen ışık olay ufkunu bir kez geçtikten sonra, bir daha dışarı çıkamaz. Kaderi, merkezdeki tekillikte ezilip yok olmaktır.

Çok yüksek kütleli kara delikler nasıl olup da neredeyse her galaksinin kalbine yerleşmiştir? Bağlı oldukları galaksiye göre mi biçimlenirler? Yoksa onlar mı galaksilerin "tohumunu atıyor"? Kozmolojinin yanıtlanmamış bazı büyük soruları bunlar.

Yıldız-kütleli kara deliklerin ölmekte olan yıldızların kıyameti andıran büzüşmesiyle oluştuğu sanılıyor, ama çok daha yüksek kütleli kara deliklerin oluşumu tam bir gizem olmayı sürdürüyor. Belki

yıldız-kütleli kara deliklerin kalabalık galaksi merkezlerinde çarpışması veya birleşmesiyle ortaya çıkıyorlar. Ya da doğrudan dev bir gaz bulutunun büzüşmesiyle. Sorun şu ki milyarlarca Güneş kütesine ulaşmış bu çok büyük kara delikler astronomlar tarafından şimdiki yaşlarının sadece yüzde 4'ü kadarki halleriyle gözlemlenmektedir – yani Büyük Patlama'dan yalnızca 500 milyon yıl sonraki durumlarını görüyoruz. Böyle kısa sürede nasıl bu kadar büyüyebildiklerini anlamak güç.

Öte yandan, çok yüksek kütleli bir kara delik bize ne kadar etkileyici görünse de, ait olduğu galaksiye kıyasla son derece küçüktür, bir galaksinin yıldızlarında bulunan kütleden çok daha hafiftir. Ama asıl şaşırtıcı olan, çok yüksek kütleli kara deliklerin ait oldukları galaksinin her yanına kendi silinmez izlerini bırakmış olmasıdır. Örneğin galaksinin çekirdeğindeki yıldızların kütlesi genellikle kara deliğin 1.000 katı kadardır. Çok büyük bir kara delikle ait olduğu galaksi arasında yakın bir bağ bulunduğu da açıktır. Ama bu, bakteri kadar küçük bir şeyin New York şehri kadar büyük bir şeyin inşasını yönetmesine benzer!

Küçük bir süper kütleli kara deliğin uzay'da çok geniş alanlara gücünü ulaştırmasının araçları, püskürmelerdir. Aşağıya, kayboluşa doğru kıvrılan gazın manyetik alanı tarafından itilen püskürmeler – süper hızlı maddenin kanalları – dönmekte olan kara deliğin kutuplarından dışarıya fırlar. Galaksinin yıldızlarının arasından kendilerine yol açarak galaksiler arası uzaya çıkarlar ve orada bilinen evrendeki en büyük yapılardan olan devasa boyutlardaki sıcak gaz balonlarını oluştururlar.

Aslında bu gaz balonları bilimin çok yüksek kütleli kara deliklerin varlığına ilişkin elde ettiği ilk örtük ipucudur. 1950'lerde radyo astronomlar savaş zamanının radarlarından yapılmış aygıtlar kullanarak bazı galaksilerden algılanan radyo emisyonlarının bek-

lendiği gibi merkezdeki yıldız kümelenmesinden değil, galaksinin iki yanındaki radyo dalgası yayan devasa çıkıntılardan geldiğini keşfetti. 1980'lerin başında bu çıkıntıları dolduran iplik inceliğindeki püskürmeler ilk kez New Mexico'daki Very Large Array adlı gözlemevinin radyo çanakları tarafından görüntülendi. Bunlar bizim maddeyi hızlandırmak için sürdürdüğümüz cılız çabalarla adeta alay etmektedir. Milyarlarca Euro değerindeki Büyük Hadron Çarpıştırıcısı ancak bir nanogram kadar maddeyi ışık hızına çıkarırken, doğanın kozmik püskürmelerinin her yıl benzer hızlara ulaştırdığı madde miktarı Güneş kütesinin defalarca üstündedir.

Püskürmeler ait oldukları galaksinin yapısını kontrol etmeye yardımcı olur: Henüz hızlı ve güçlü oldukları iç kısımlarda yıldızların gaz halindeki tüm hammaddesini çekip çıkararak yıldız oluşumunu engellerler; buna karşılık, yavaş oldukları dış bölgelerde ise gaz bulutlarına çarpıp bunların yerçekimi etkisi altında çökerek yeni yıldızlar doğurmasına sebep olurlar.

Ama çok yüksek kütleli kara deliklerin galaksilere biçim vermesi sadece yıldız oluşumunu başlatarak veya durdurarak olmaz. Columbia Üniversitesi'nden astrofizikçi Caleb Scharf'a göre kara delikler yıldızların niteliğini de etkilemektedir. En büyük kütleli kara deliklerin yer aldığı galaksiler –dev eliptikler– çok daha yüksek oranda soğuk, kırmızı, uzun ömürlü yıldızlara sahiptir ve Scharf buna kara deliğin neden olabileceği fikrindedir. Bu tür yıldızlar karbon, magnezyum ve demir gibi yaşam için gerekli az sayıdaki ağır elemente sahip gezegenleri meydana getirir. Biyolojik süreçlerin gerektirdiği türde kimyanın muhtemelen bunların yüzeyinde bulunmadığına dair bazı kanıtlar mevcuttur. “Dünya'da yaşamın ortaya çıkması belki de Samanyolu'nun çekirdeğinde görece küçük bir kara deliğin olması sayesindeydi” diyor Scharf. “Eğer öyle olmasaydı, Güneş ve Dünya asla doğmayacaktı.”

Evrene baktığımızda, türlü çeşitli galaksilerle dolu kocaman bir

hayvanat bahçesi görüyoruz. Ve eğer Scharf haklıysa, kara delikleri küçük olan galaksilerde belki yaşam barındıran pek çok gezegen vardır. Buna karşılık diğerleri de –çok büyük kara deliğe sahip olanlar– kısır gezegenlerle dolu ölü galaksiler olabilir.

Kara delikler artık cemiyete kabul edilmiştir. Bir zamanlar anomali sayılıyorlardı, oysa bugün kozmosta çok önemli bir role sahip görünüyorlar. Bizim Samanyolu'nun merkezindeki kara delik mütevazı boyutlarda olmasaydı, şimdi bu cümleyi okuyor olmazdınız.

Ters Yerçekimi

.....
 HERKES YERÇEKİMİNİN EMİCİ OLDUĞUNU SANIR, HÂLBUKİ
 EVRENİN BÜYÜK KISMINDA YERÇEKİMİ ÜFLEMEDİR

"Ben yerçekimine karşıyım."

Marilyn Monroe

Yerçekimi her bir madde parçası ile bir diğeri arasında etki eden evrensel bir kuvvettir. Örneğin sizinle cebinizdeki bozuk paralar arasında ya da sizinle sokakta yanınızdan geçen bir kişi arasında bir yerçekimi kuvveti bulunur (ama her iki durumda da fark edilemeyecek kadar zayıftır). Dünya ile Ay ve Güneş ile Dünya arasında da yerçekimi kuvveti söz konusudur. Ve bütün bu durumlarda, yerçekimi çekici bir kuvvet olarak vardır.

Ama hep böyle olmak zorunda değildir.

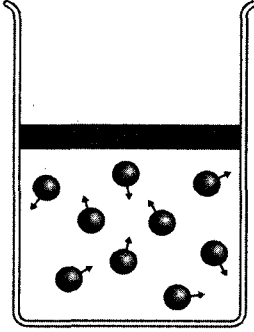
Isaac Newton'ın teorisinde yerçekiminin kaynağı kütledir. Ama onun yerini alan teoride –Einstein'ın yerçekimi teorisi veya genel görelilik teorisi– bu kaynak enerjidir. Kütle enerjisi doğanın en kompakt enerji biçimidir sadece.¹ Onun dışında başka enerji tipleri de mevcuttur – elektrik enerjisi, ışık enerjisi, kimyasal enerji, hareket enerjisi, ses enerjisi, vb. Ve bunların hepsi yerçekimi kuvvetine sahiptir. Sesinizi

taşıyan hava titreşimlerinde yerçekiminin olması acayip görünüyor belki. Ama Einstein'a bakılırsa, bu gerçekten böyle.

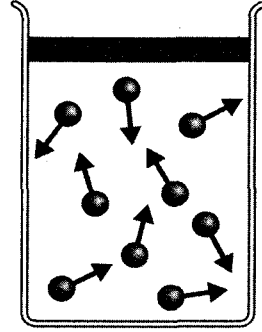
Yalnız, burada bir mesele var. Einstein'ın Kasım 1915'te Birinci Dünya Savaşı'nın ortasında Berlin'de sunduğu yerçekimi teorisine yakından bakınca, işlerin daha da karmaşık olduğunu görürüz. Gerçi yerçekiminin kaynağında enerji –daha kesin söylersek *enerji yoğunluğu*, yani enerjinin ne denli konsantre olduğu– bulunur, ama tek kaynak enerji değildir: Kaynak tam olarak enerji + basınçtır.

Şimdi, bir kabın içindeki gazın basıncı, onun sayısız atom ve molekülünün kabın duvarlarına yaptığı ortalama “itme”den ibarettir. Örneğin bir balon, milyarlarca hava molekülü tarafından itilir. Balonun şişik durmasını sağlayan, bu moleküllerin –teneke çatıya düşen yağmur damlaları gibi– lastik zarı sürekli dövüyor olmasıdır. Ne var ki normal madde söz konusu olduğunda, basıncın etkisi enerji yoğunluğu yanında tamamen önemsiz kalmaktadır. Hidrojen bombası patladığında açığa çıkan enerjiyi düşünün bir! Sadece bir kilogram maddeden çıkıyor bu enerji. Kısacası, her türlü gündelik durumda yerçekimi kaynağı olarak basıncı tümüyle görmezden gelebiliriz.

Ama diyelim ki evrenin bir köşesinde Dünya'da bulunmayan bambaşka bir madde türü var ve basıncı enerji yoğunluğuyla karşılaştırılabilecek kadar önemli. Hatta diyelim ki basıncı enerji yoğunluğundan daha büyük. Ve negatif. Negatif basınç öyle gizemli bir şey filan değildir. Normal pozitif basınca sahip şeylerin itmesi dışarı doğrudur, genişlemeye çalışırlar; negatif basınçlı şeyler ise içeri doğru iter ve büzüşmeye çalışırlar (gerilmiş bir lastik bandın umutsuzca küçülmeye çalıştığını düşünün). Ama asıl önemli nokta şu: Eğer bir şeyin basıncı hem negatif hem de onun enerji yoğunluğundan büyükse, o zaman Einstein'ın teorisinde yerçekimini oluşturan formül parçası (enerji + basınç) pozitif değil negatif bir sayı olacaktır.² Başka bir deyişle, o şey itici yerçekimine sahiptir! Emmek yerine üfler.



düşük basınç

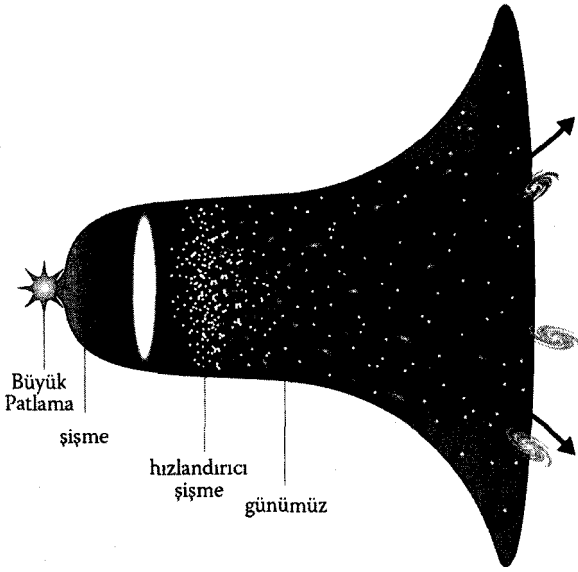


yüksek basınç

Bir gazın basıncı onu oluşturan parçacıkların herhangi bir kaba uyguladığı ortalama çarpışlardır. Parçacıklar ne kadar hızlı hareket ediyorsa, basınç o kadar yüksektir.

Böyle saçma bir madde ancak bilimkurguda mı olur dersiniz? Aslında öyle değil.

Büyük Patlama'dan sonra evren genişlemekte, galaksileri kozmik şarapneller gibi birbirinden uzaklaşmaktadır. Bu büyük evrende işlediği kabul edilen tek kuvvet yerçekimiydi. Galaksilerin arasındaki görünmez bir elastik ağ gibi onları çekeceği ve kozmik genişlemeyi frenleyeceği düşünülüyordu. Ancak, bütün beklentilerin tersine 1998'de astronomlar evrenin genişlemesinin aslında giderek hızlandığını saptadı.



Normal olarak yerçekiminin evrenin genişlemesini yavaşlatması beklenirdi. Ama gizemli karanlık enerji şimdilik her şeyi hızlandırıyor ve galaksileri seyretiliyor.

Bu şaşırtıcı gözlemi açıklamak için fizikçiler karanlık enerjinin var olduğunu kabul etmiştir. Karanlık enerji evrendeki kütle enerjisinin yüzde 68,3'ünü oluşturur ve uyguladığı yerçekimi iticidir. Gerçi hâlâ okulda çocuklara yerçekiminin emdiği öğretiliyor, ama böyle olmadığını biliyoruz. Evrenin büyük bölümünde yerçekimi üflemeaktadır.

Uzayın Sesi

.....

14 EYLÜL 2015 TARİHİNDE MEYDANA GETİRDİĞİ
YERÇEKİMİ DALGALARI ÜZERİNDEN SAPTANAN KARA
DELİK BİRLEŞMESİ, EVRENDEKİ TÜM YILDIZLARDAN
ELLİ KAT DAHA FAZLA GÜÇ ORTAYA ÇIKARDI

.....

*“Bana kütleçekim dalgaları var mı diye sorarsanız, bilmediğimi söylemek
zorundayım. Ama bu çok ilginç bir problem.”*

Albert Einstein, 1936

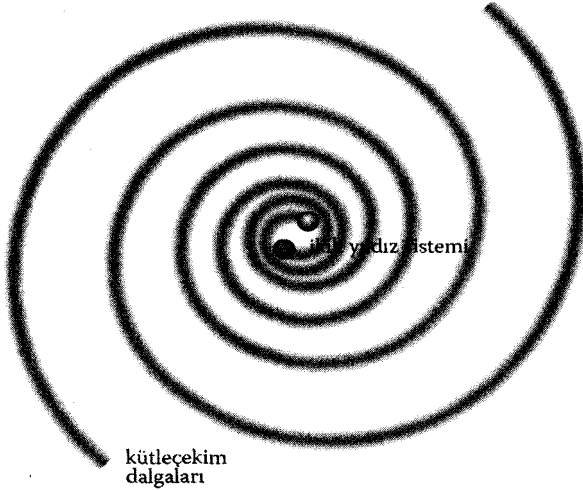
“Bayanlar baylar, başardık. Kütleçekim dalgalarını tespit ettik.”

David Reitze, 11 Şubat 2016

Louisiana'daki Livingston kenti yakınlarında lazer ışınından yapılmış 4 kilometre uzunluğunda bir cetvel var. Bundan üç bin kilometre uzakta, Washington Eyaleti'ndeki Hanford'da da yine 4 kilometre uzunluğa sahip, tıpatıp aynı bir diğer lazer cetveli bulunuyor. 14 Eylül 2015'te Doğu Yaz Saati ile 5.51'de Livingston'daki cetvelde bir titreme oldu; 6,9 milisaniye –bir saniyenin yüzde 1'inden daha az bir süre– sonra aynı titreme Hanford'daki cetvelde tekrarlandı. İşte bu, bir yerçekimi dalgasının geçtiğini gösteren kesin bir belirtiydi. Eins-

tein'in neredeyse tam 100 yıl önce var olduğunu tahmin ettiği yerçekimi dalgası, doğruca uzay-zaman dokusundaki bir dalgalanmadır.

Kütleçekim dalgalarının kaynağı olağanüstü bir olaydı. Dünya'daki en karmaşık organizmanın henüz bir bakteri olduğu zamanlarda, çok uzak bir galaksideki canavarımsı iki kara delik bir ölüm spiralinde kilitlendi. Son defa birbirleri etrafında döndüler. Öpüştiler ve birleştiler. Ve o anda Güneş'in üç katı kütle ortadan kayboldu.¹ Aradan bir saniye bile geçmemişken, işkence gören bir uzay-zaman tsunamisi halinde, ışık hızıyla dışarıya doğru yayılarak yeniden ortaya çıktı.



İki kara delik birleşip daha büyük bir kara delik oluştururken işkence gören bir uzay-zaman tsunamisi başlar: kütleçekim dalgaları.

Bu kütleçekim dalgalarının gücü evrendeki tüm yıldızların ortaya çıkardığı gücün elli katıydı. Başka bir deyişle, kara deliklerin birleşmesi kütleçekim dalgaları yerine görünür ışık üretmiş olsa, o ışık tüm evrenden elli kat daha parlak olurdu. Bu, insanların tanık olduğu en muazzam olaydır.²

Kütlenin hızlandığı her durumda kütleçekim dalgaları üretilir. Elinizi havada sallayın. İşte kütleçekim dalgaları yarattınız. Bunlar şimdi göldeki dalgalar gibi dışarıya doğru yayılıyor. Şimdiden Dünya'yı terk ettiler bile; hatta Ay'ı da geçtiler, Mars'a doğru yol alıyorlar. Dört yıl içinde Güneş'e en yakın yıldız sisteminden geçiyor olacaklar. Alpha Centauri sisteminin üç yıldızından birinin etrafında dönen bir gezegen olduğunu biliyoruz. Eğer o gezegende yerçekimi dalgası detektörü yapabilen teknolojik bir medeniyet varsa, bu aygıt uzay-zamanda demin elinizle meydana getirdiğiniz dalgaları dört yıl sonra saptayacaktır.

Tek sorun, bu dalgaların çok zayıf olması. Bir davul düşünün. Derisi esnek olduğu için kolayca titreşir. Oysa uzay-zaman çelikten milyar kere milyar kere milyar kez daha katıdır. Çelikten milyar kere milyar kere milyar kez daha katı bir davul derisini titretmeye çalıştığınızı hayal edin! İşte ancak kara deliklerin birleşmesi gibi en şiddetli kozmik olayların uzay-zamanda önemli titreşimler yaratabilmesinin nedeni budur.

Ancak, bu titreşimler gölde yayılan küçük dalgalanmalar gibi çabucak kaybolur. 14 Eylül 2015'te Dünya'ya varmadan önce uzAy'da 1,3 milyar yıl boyunca yol almışlardı ve alabildiğine küçüklerdi. Hanford ve Livingston'daki 4 kilometrelik cetvelleri geçerlerken, sırayla ikisini de çektiler ve sıktılar – ama sadece bir atomun çapının yüz milyonda biri kadar! Lazer İnterferometre Yerçekimi Dalgası Gözlemevi'nin [Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory – LIGO) iki cetveli tarafından bu kadar küçük bir etkinin tespit edilebilmesi olağanüstüdür.

LIGO bir teknoloji harikasıdır. Cetvellerin bulunduğu yerlerde, çapı 1,2 metre olan aşağıya doğru L şeklinde iki tüp vardır; bir megavatlık lazer ışığı bu tüplerde gezegenler arası uzAy'dakinden daha iyi bir vakumda hareket etmektedir. Her bir uçta, ışık, insan saçının

sadece iki katı kalınlıkta cam elyafına asılmış 42 kilogramlık aynalara çarpıp seker; aynaların yüzeyi öyle düzgündür ki düşen tüm ışığın yüzde 99,999'unu yansıtırlar. Bir yerçekimi dalgasının geçmekte olduğunu belli eden şey, bu asılı aynaların mikroskobik hareketidir. Düzenek öyle hassastır ki Çin'deki bir deprem yüzünden kontrolden çıkmıştır.

Kütleçekim dalgalarını algılamak için LIGO'daki fizikçilerin olağanüstü bir şey yapması, 4 kilometrelik cetvellerinin uzunluğunu 1 / 1.000.000.000.000.000.000.000 oranında değiştirmeyi başarması gerekmişti. Dolayısıyla 2017 Nobel Ödülü'nün deneye öncülük etmiş üç fizikçiye verilmesi şaşırtıcı değil: Rainer "Rai" Weiss, Kip Thorne ve Barry Barish.³

Kütleçekim dalgalarını doğrudan tespit etmenin önemi ne kadar vurgulansa yeridir. Doğuştan sağır olduğunuzu, sonra bir gün aniden sesleri duymaya başladığınızı hayal edin. Fizikçiler ve gökbilimcilerin hissettiği işte budur. Tarih boyunca evreni görebiliyorlardı. Sonunda, artık işitebiliyorlar da. Kütleçekim dalgaları uzayın sesi- dir. Algılanabilmiş olmalarının Galileo tarafından 1609'da astronomik teleskopun icat edilmesinden bu yana astronomideki en önemli gelişme olduğunu söylemek abartı sayılmaz.

14 Eylül 2015'te duyulabilirliğin sınırında, uzak bir gök gürültüsünü andıran hafif bir ses duyduk. Ama ağlayan bir bebeğin, çalan müziğin ya da öten bir kuşun kütleçekim dalgalarındaki eşdeğerini henüz işitemiyoruz. Önümüzdeki birkaç yılda LIGO hassasiyetini arttırdıkça ve Avrupa, Japonya ve nihayet Hindistan'da başka algılayıcılar da çevrimiçi olduklarında, kütleçekim dalgalarını tespit etme yeteneğimiz gelişecektir. Ve o zaman kozmik senfoniye kulak verince, kim bilir neler duyacağız?

Cepteki Evren

64 MİLYON EVRENİN BİLGİSİNİ 64 GB'LİK
TEK BİR BELLEK KARTINA SİĞDIRABİLİRSİNİZ

*"Ve her erkeğe veya kadına derim ki
Ruhunu ferah ve sakın tut
bir milyon evrenin karşısında."*

Walt Whitman, "Song of Myself"

Büyük Patlama'dan sonra evren genişliyor, onu oluşturan galaksiler kozmik şarapneller gibi birbirinden uzaklaşıyor. Demek ki genişlemenin geriye doğru akacağını düşünürsek, o zaman evren giderek küçülecektir. Önceki bölümlerde değindiğimiz gibi evren aynı zamanda kuantumdur – bu da onun hem temelde öngörülemez hem de taneli olduğu anlamına gelir. Her şey *kuanta* olarak, daha fazla küçültülmesi mümkün olmayan bölünemez taneler olarak ortaya çıkar: madde, enerji, hatta uzay böyledir. Yani bir süper mikroskopla uzayı en küçük ölçekte görebilseydiniz, kareleri daha fazla küçültülemeyen dalgalı bir satranç tahtasına benzerdi.

Şimdi, genişleyen evrende geriye doğru gittiğimizi, dolayısıyla uzayın giderek daraldığını hayal edelim. Satranç tahtası küçülecektir, ancak satranç kareleri küçülemez. Öyleyse, sayıları giderek azalacaktır. Aslında, *şişme evresi* olarak bilinen evrenin başlangıcına yakın dönemde

yalnızca 1.000 kadar satranç karesi vardı. Yani enerjinin ya bulunduğu ya da bulunmadığı yalnızca 1.000 konum. Eğer bilgisayarla ilgiliyseniz, bunun şişme evresindeki evrenin sadece 1.000 adet ikili-sayı (0 veya 1) ile tanımlanabildiği anlamına geldiğini anlamışsınızdır. Anahtarlığım-da 64 gigabit –yani 64 milyar bit– kapasiteli bir bellek çubuğu asılı – demek ki bu bellek kartında 64 milyon evrenin bilgisini saklayabilirim!

Hızla bugüne gelelim. Evreni tanımlamak için her atomun yerini ve tipini, her atomdaki her elektronun enerji durumunu vb. kaydetmek gerekecek. Artık sadece 1.000 bite değil, 1'in sağında 89 sıfır olan bir sayı kadar bite ihtiyaç var. Öyleyse soru şu: Eğer evren o kadar basit bir şekilde, neredeyse hiç bilgi olmadan başladıysa, tüm bu bilgiler, tüm bu karmaşıklıklar nereden geldi? Neden galaksiler ve yıldızlar, atomlar ve iPhone'lar, gökkuşakları ve güller var?

Basit bir gözlem, bize son derece önemli bir ipucu veriyor: yüzümüzün pencerede yansması. Evinizdeki pencereden dışarı bakarken, belki gelip geçen arabaları, rüzgârda sallanan ağaçları, bir köpeğin yürüdüğünü görürsünüz. Ama en önemlisi, bir de yüzünüzün bulanık bir yansımasını görebilirsiniz. Bunun nedeni, camın görüntüyü tam olarak yansıtmamasıdır. Işığın yüzde 95'i geçer, yüzde 5'i geri yansır.

Dünya'ya ait bu gerçeği anlamak, yirminci yüzyılın başında oldukça zorlaştı. Fizikçiler ışığın minik makineli tüfek mermilerini andıran fotonların akışı olduğunu keşfetmişti. Fotonların hepsi birbirinin aynıydı. Ama eğer hepsi aynıysa, bir pencere camından kesinlikle aynı şekilde etkilenmeleri gerekmez mi? Ya hepsi camdan geçmeli ya da hepsi yansımalıdır.

Fotonların yüzde 95'inin geçip yüzde 5'inin geri dönmesini açıklamamanın bir tek yolu var: Her birinin camdan geçme ihtimali yüzde 95, geri yansıma ihtimali ise yüzde 5'tir. Ama bu da pencereye yönlendirilmiş tek bir fotonu izleyebildiğimizi varsayarsak, onun yola devam mı edeceğini yoksa geri mi döneceğini asla kesin olarak bilemeyeceğimiz anlamına gelir. Sadece bunlardan birini yapma

ihhtimalini veya diğeriini yapma *ihhtimalini* bilebiliriz. Gerçekten ne yapacağını öngörmek temel olarak imkânsızdır.

Ve fotonlar için doğru olan, mikroskopla bile görülemeyen Dünya'nın tüm sakinleri için de geçerlidir: atomlar, elektronlar, nötrino-lar, her şey. Bu en temel düzeyde evren esas itibarıyla tahmin edilemez, temelde rastgeledir. Muhtemelen bilim tarihindeki en şok edici keşif budur. Nitekim Albert Einstein'ı çok üzmüş, ona şu ünlü sözü söyletmiştir: "Tanrı evrenle zar oynamaz." (Kuantum fizikçisi Niels Bohr'un sert yanıtı daha az biliniyor: "Tanrı'ya zarlarını nere-ye atması gerektiğini söylemeyi bırak.") Einstein sadece yanılmakla kalmamıştı; muhteşem bir yanılıydı onunki.

Bilgi ile rastgelelik eşanlamlıdır. Eğer elimde rastgele olmayan –örneğin bir milyar defa tekrarlanan– bir sayı varsa, sadece birkaç kelimeyle onun ne olduğunu söyleyebilirim: "Aynı şeyin bir milyar defa tekrarı." Yani neredeyse hiç bilgi içermiyor. Öte yandan, bir milyar rakamdan oluşan rastgele bir sayı söz konusuysa bunu aktarmak için o bir milyar rakamın her birini belirtmek zorundayım. Dolayısıyla bu sayı çok fazla bilgi içerir.

İşte evrenin bilgisinin son kertede nereden geldiği muammasının cevabı. Büyük Patlama'dan itibaren her rastgele kuantum olayı evrene bilgi enjekte etti. Ne zaman bir atom bir fotonu fırlatıp atsa –veya tersi-ne, atmasa– evrene bilgi eklemiştir; bir atom çekirdeği parçalandığında –veya parçalanmadığında– her defasında evrene bilgi eklemiştir.

Einstein'ın metaforik Tanrısı yalnızca evrenle zar oynamakla kalmaz; bunu yapmıyor olsa zaten evren de olmazdı – en azından insanların ortaya çıkması ve şimdi bu kelimeleri okuyor olmanız için gereken karmaşıklıkta bir evren oluşmazdı. Rastgele bir gerçeklikte yaşıyoruz. Sonuçta bir zarın kuantum rulusunun ürettiği bir evrende yaşıyoruz. Son kertede, yuvarlanan bir zarın kuantumundan ortaya çıkmış bir evrende bulunuyoruz.

Kredi Kartı Kozmosu

İSTER İNAN İSTER İNANMA – DEV BİR HOLOGRAMIN
İÇİNDE YAŞIYOR OLABİLİRİZ

“Bir teoriye göre herhangi bir nedenle herhangi biri evrenin tam olarak ne için olduğunu ve neden burada olduğunu keşfedecek olsa, evren hemen o anda kaybolur ve yerini daha tuhaf, daha anlaşılabilir bir şey alır. Başka bir teori ise bunun zaten çoktan gerçekleşmiş olduğunu söylüyor.”

Douglas Adams¹

Günümüz kredi kartlarının çoğunda bir hologram var – her bakımdan üç boyutlu görünen bir nesnenin iki boyutlu gösterimi. Evrenin de böyle holografik bir yanılsama olduğu fikri, bilimkurgu romanlarından çıkmışa benziyor. Ancak bunun doğru olduğuna dair kanıtlar giderek artmakta. İşin tuhafı, ilk ipucu evrenle değil kara deliklerle ilgili mülahazalardan çıktı.

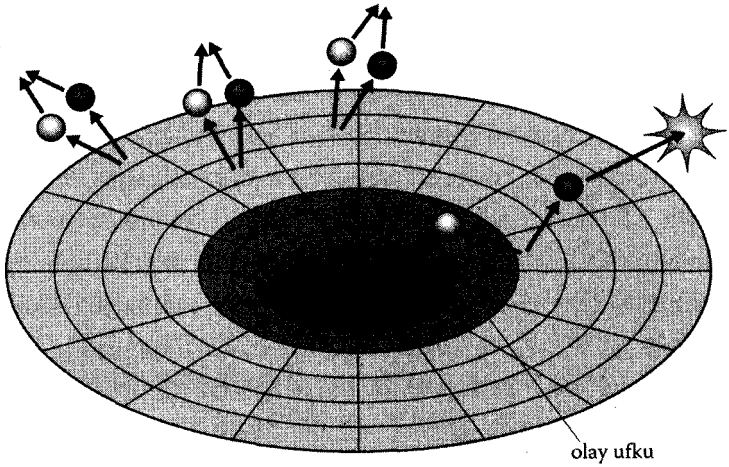
Kara delik büyük bir yıldızın evriminin son noktasıdır. Yakıtı tükenen yıldız, onu ezmeye çalışan yerçekimi kuvvetine karşı koyacak iç ısıyı artık üretemez. Kontrolde çıkmış dehşetli bir büzüşme başlar, bu yoğunlaşmayla büyüyen yerçekiminden ışık dâhil hiçbir şey kaçamaz.

Ne var ki 1974’te Hawking kara delikler hakkında olağanüstü ve beklenmedik bir şey keşfetti: tamamen kara olmadıklarını.

Hawking kara deliğin ufkunu, deliğe düşen ışık veya madde için dönüşü olmayan noktayı düşünüyordu. Bir de atomlar ve onların bileşenleriyle ilgili teoriyi. Kuantum teorisinde vakum boş değildir, hem de hiç. Atom-altı parçacıkların ve bunların karşıt-parçacıklarının hiçlikten ortaya çıkıvermesi olarak anlaşılabilecek *kuantum çalkalanmalarının* bulanık denizidir.² Enerjinin korunumu yasası, enerjinin ne yaratılabileceğini ne de yok edilebileceğini belirtir. Ama kuantum dünyanın farkı, her parçacık ve karşıt-parçacığın çok kısa bir süre içinde varoluştan geri dönmesi veya yok olmasına göz yummasıdır. Bu tür parçacıklar çok geçici oldukları için “sanal” sıfatıyla anılır.

Hawking şunu fark etmişti: Bir kara deliğin ufkı, sanal parçacık ve karşıt-parçacıktan oluşan çiftlerinin ortaya çıkması ve yok edilmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Çünkü çiftin bir üyesi kara deliğin ufkuna yuvarlanırken diğeri serbest hareket edebildiği uzaya geçebilmektedir. Yok edilecek ortağı olmayınca, bu kaçan parçacık artık geçici değildir; statüsü sanaldan gerçeğe yükselmiştir. Ama tabii ona kalıcı varoluş sağlayacak enerjinin bir yerden gelmesi gerekir. Hawking, bunun kara deliğin kütleçekim enerjisinden geldiğini fark etti.

Kaçan parçacıkların oluşturduğu yağış, *Hawking ışıması* olarak adlandırılır. Bu durumun yavaş yavaş buharlaşmasına neden olduğu kara delik sonunda tamamen yok olur.



Kuantum teorisi elektron-pozitron çiftlerinin tekrar geri dönmek veya yok olmak kaydıyla boşluktan varlığa çıkmasına izin verir. Ama bir kara deliğin yakınında çiftin bir üyesinin deliğe düşerken diğerinin "Hawking ışıması" olarak kaçması mümkündür.

Yıldız-kütleli bir kara deliğin yok olması evrenin bugünkü yaşından bile çok daha uzun bir zaman alacaktır. Yine de, *Hawking ışıması* fizik için ortaya büyük bir problem koyuyor. Buharlaştan bir kara delikten –ki zaten iyice yamuklaşmış uzay-zamanın bir yamasından başka bir şey değildir– geriye kelimenin tam anlamıyla hiçbir şey kalmaz. Öyleyse soru şudur: Evvelce kara deliğe dönüşmüş olan yıldızı tanımlayan bilgilere ne olur? Örneğin yıldızın tek tek bütün atomlarının ve elektronlarının konumunu ve türünü tanımlayan bilgilere? Fizikte bilginin yaratılamayacağı veya yok edilemeyeceği temel bir ilkedir.³

Elimizde olay ufkundan gelen bir ipucu var. 1972'de İsraili fizikçi Jacob Bekenstein ufkun büyük ve açıklanamaz bir entropiye (daha önce açıklandığı gibi mikroskobik bozukluklarla ilişkili fiziksel bir büyüklük) sahip olduğunu keşfetti. 1993'te de Hollandalı Nobel Ödülü sahibi Gerard't Hooft kara deliğin ufkunun –Einstein'ın yerçekimi teorisinde öngörülenin aksine– pürüzsüz değil, mikroskobik ölçekte

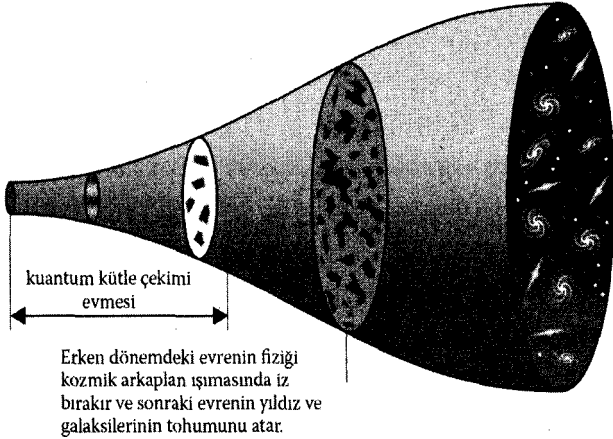
fevkalade düzensiz olduğunu, minyatür bir dağ manzarasını anımsattığını öne sürdü. Dolayısıyla, kara deliğe dönüşmüş olan orijinal yıldızı tanımlayan bilgiler bir şekilde ufuktaki mikroskobik girinti ve çıkıntılara kodlanmış olabilir. Bir kara delik buharlaştıkça, müzik veya konuşmanın bir radyo istasyonunun taşıyıcı dalgasına nüfuz etmesi gibi ufkun düzensizlikleri de Hawking ışımasını etkileyecektir. Eğer böyleyse, kara deliğin buharlaşmasında hiçbir bilgi kaybolmuyor demektir. Epeyce çarpılmış şekilde de olsa, hepsi evrene geri döner.

Evrenle olan bağ, kara delikler gibi evrenin de bir ufukla çevrili olmasıdır. Evren 13,82 milyar yıl önce doğduğu için ışığının bize ulaşması 13,82 milyar yıldan az süren nesneleri görmemiz mümkün. Bu, kozmik ışık ufkunu tanımlar. Bunun ötesinde, ışığının bize kadar gelmesi 13,82 milyar yıldan fazla sürecek nesneler var. Işıkları hâlâ Dünya'ya doğru ilerliyor, bu yüzden onları görmüş değiliz.

Hem 't Hooft hem de Amerikalı fizikçi Leonard Susskind birbirinden bağımsız olarak, üç boyutlu bir yıldızı tanımlayan bilginin bir kara deliğin ufkunda kodlanması gibi evreni tanımlayan bilginin de evrenin ufkunda kodlanabileceği görüşünü öne sürmüştür. Bu da çevremizde gördüğümüz evreni bir hologram haline getirir – bir anlamda ufuktaki iki boyutlu bilginin üç boyutlu bir projeksiyonudur. Siz, ben, evrendeki her şey hep hologramız.

Bu çok belirsiz ve baştan savma görünebilir. Ama 1998'de Arjantinli-Amerikalı fizikçi Juan Maldacena "holografik bir evrende" yaşadığımız fikrini destekleyen ve fizik dünyasını karıştıran bir makale yayınladı. Maldacena evrenin ufkunda bulunan bir kuantum teorisinin, Einstein'ın yerçekimi teorisinin deneyimlendiği sınırlar içinde bir evren yaratabileceğini keşfetti. Bu durum kuantum teorisi ile Einstein'ın yerçekimi teorisi arasındaki uzun zamandır aranan bir bağlantıya işaret ettiği gibi –bu da Maldacena'nın makalesinin son

yirmi yılda en çok alıntılanan çalışma olmasını açıklar— aynı zamanda 't Hooft ve Susskind'in evrenin bir hologram olduğu yönündeki spekülasyonunu daha kanıta dayalı bir seviyeye yükseltmektedir.⁴



Kuantum teorisi çok küçük şeylerin, Einstein'ın teorisi ise çok büyük şeylerin betimlenmesidir. Büyük Patlama sırasında koca evren öyle küçüktü ki betimlenmesi için kuantum teorisine ihtiyacımız var.

Ortadaki tek pürüz, Maldacena'nın kanıtladığı şeyin *anti-de Sitter* uzayı denilen tuhaf bir uzay-zamanla ilgili olmasıdır. Einstein uzay-zamanın madde tarafından eğilip büküldüğünü fark etmişti. Ama anti-de Sitter uzayının temsil ettiği evrende uzay zamanın bükülüşü bizdekinden farklıdır. Şimdi fizikçilerin önündeki iş, Maldacena'nın vardığı sonuçların evrenimizdeki olağan uzaya da uyduğunu gösterip hepimizin gerçekten de hologramlar olduğumuzu şüpheye yer bırakmayacak şekilde ispat etmektir.

Komşu Evren

EVRENİN DERİNLİKLERİNDE SİZİN SONSUZ SAYIDA
KOPYANIZ VAR, BU YAZININ SONSUZ SAYIDAKİ
KOPYALARINI OKUYORLAR

"Paralel evrenlerle uğraşırken akılda tutmanız gereken iki şey var. Birincisi, bunlar gerçekten paralel değil; ikincisi, bunlar gerçekten evren de değil."

Douglas Adams¹

Çok çok uzaklarda, Samanyolu'na dikkat çekici ölçüde benzeyen bir galakside Güneş'e dikkat çekici ölçüde benzeyen bir yıldız var. Ve o yıldızın Dünya'ya dikkat çekici ölçüde benzeyen üçüncü gezegeninde yaşayan biri tıpatıp size benziyor. Bunlar adeta bizim tek yumurta ikizlerimiz; üstelik sadece görünüşleri aynı değil, tam da bu kitabı okumaktalar – hatta tam bu satırdalar... Aslında durum daha da garip. Hem de çok daha garip. Bizimkine tıpatıp benzeyen galaksilerin sayısı sonsuz, bunlarda sizden sonsuz sayıda var ve şu ana kadar hepsinin hayatı sizinkiyle kesinlikle tam aynı geçti.

Sizin bu ikizleriniz *gözlemlenebilir evrenin* sınırının ötesindeki uzay bölgelerinde yaşıyor. Eğer onların bilimkurgudan ibaret olduğunu sanıyorsanız, o kadar emin olmayın. Bu aslında evrenimize ilişkin standart teorinin ve standart fizik teorisinin kaçınılmaz bir sonucudur.

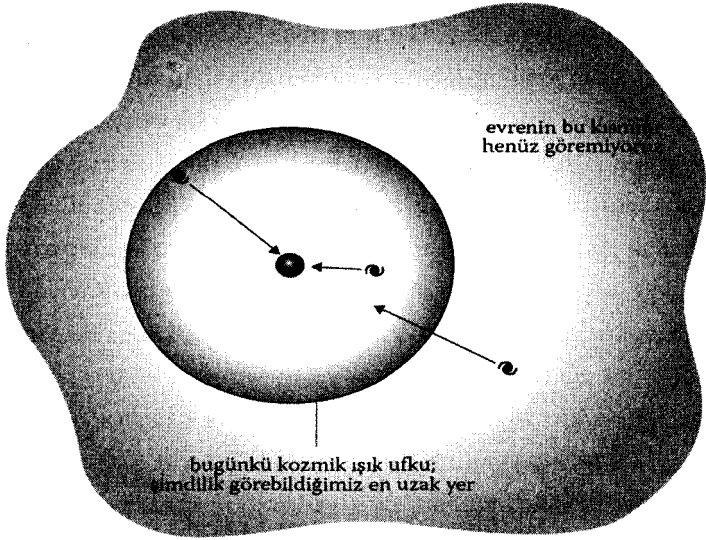
UzAy'da yeterince uzaklara gidebilseydiniz, bu özdeş ikizlerinizden biriyle mutlaka karşılaşırdınız. Hatta en yakın ikize rastlamak için ne kadar yol gitmeniz gerektiğini hesaplamak da mümkün: $10^{10^{28}}$ metre.

Bunun büyük bir sayı olduğunu söylemek çok yetersiz kalır. Bilimsel dilde 10^{28} şeklinde gösterilen sayı 1'in sağında 28 sıfırdan oluşur, yani 10 milyar kere milyar kere milyar. Dolayısıyla $10^{10^{28}}$, 1'in sağına 10 milyar kere milyar kere milyar tane sıfır konunca ortaya çıkan sayıdır. Ama bu sayının büyüklüğüne takılmayın. Asıl önemli nokta en yakın ikizinizin akla sığmaz bir mesafede olması değildir. Önemli olan böyle bir ikizinizin var olduğudur.

Dediğimiz gibi bu, gözlemlenebilir evrenin sınırının ötesi hakkında iyi bir fikir sağlayan standart kozmoloji teorisinden çıkan bir sonuç. Ama gözlemlenebilir evren nedir tam olarak? Ve eğer bir gözlemlenebilir evren varsa, demek ki bir de gözlemlenemez evrenin olması gerekir. Neden evreni bütün halinde göremiyoruz?

İki sebeple: ışık hızının sınırlı olması ve evrenin doğmuş olduğu olgusu.² Her şey –madde, enerji, uzay ve hatta zaman– yaklaşık 13,82 milyar yıl önce Büyük Patlama'yla varlık kazanmış olduğu için evrende sadece ışığı bize 13,82 milyar yıldan kısa sürede ulaşmış nesneleri görebiliyoruz. Işığının buraya gelmesi 13,82 milyar yıldan uzun sürecek nesneleri göremeyiz, ışıkları hâlâ yoldadır. Dolayısıyla teleskoplarımız bize sadece merkezinde Dünya'nın bulunduğu bir uzay küresindeki galaksileri –sayıları 2 trilyon kadardır– gösteriyor. İşte gözlemlenebilir evren budur.

Daha önce dediğimiz gibi gözlemlenebilir evren denizdeki ufka benzeyen bir ufukla sınırlıdır. Nasıl ki ufkun ötesinde okyanusun devam ettiğini biliyorsak, evrenin ışık ufkunun ötesinde de daha fazla evren olduğunu biliyoruz (aslında, evren varoluşunun ilk anlarında ışıktan daha hızlı genişlediği ya da şiştiği için bu ufuk yaklaşık 42 milyar ışık yılı uzağımızdadır).³ Öyleyse, ufkun ötesinde olmak nasıl bir şey?



Evrenin görülebilir evreni kapsayan ışık ufku içinde, Büyük Patlama'dan bu yana geçen 13,82 yılda ışığı bize ulaşacak vakti bulabilmiş tüm galaksiler yer alır.

İlk zamanki süper hızlı şişme evresini kapsayan standart evren resmine göre, gözlemlenebilir evrenin ardında sonsuz miktarda evren vardır.⁴ 2 trilyon galaksisiyle evrenimizin sabun köpüğü gibi bir kürenin içinde olduğunu hayal edin. Bizim köpüğün ötesinde aynı büyüklükte sonsuz köpük bulunuyor. Başka bir köpükte olmak nasıl bir şeydir?

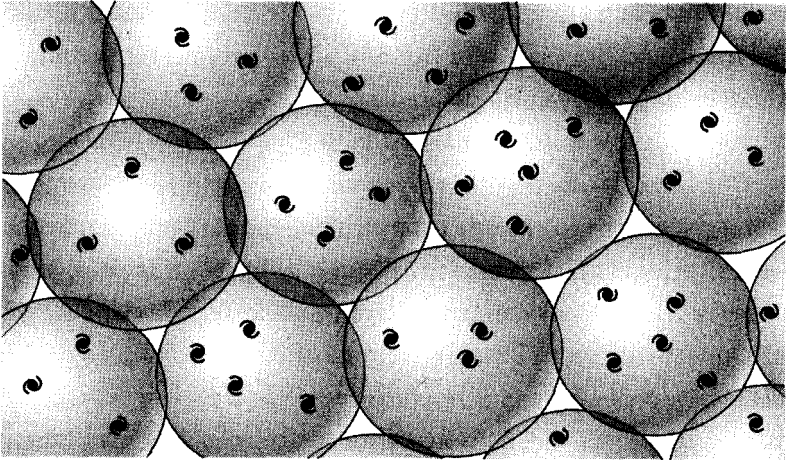
Herhalde her birinin bizimkine benzer bir Büyük Patlama'sı olmuştu – daha doğrusu az çok aynısı. Ancak Büyük Patlama'nın ateş topu soğurken çıkan artıklardan farklı galaksiler, farklı yıldızlar ve farklı gezegenler meydana gelmişti. Çünkü öyle sanılıyor ki büyük ölçekli kozmik yapıların tohumları, boşluğun minik kuantum kıvrımlarıdır ve evrenin varoluşunun ilk anlarında ona kazınmışlardır. Kuantuma ilişkin her şey gibi bunlar da hem boyut hem de konum bakımından rastgeleydi. Ve her biri farklı görünen sonsuz sayıda

olası evrene izin veriyorlardı. Veya başka bir deyişle, sonsuz sayıda farklı kozmik tarih vardır ve her biri büyük evrenin bir yerindeki kendi balonunda gerçekleşmektedir.

Aslına bakılırsa, durum daha da kötü.

Çok küçük küçük şeylerin en iyi betimlemesini sağlayan kuantum teorisi, bize evrenin son kertede taneli olduğunu söylüyor. Bunun anlamı, eğer bir uzay hacmini yarıya bölmek, sonra tekrar ikiye ayırmak ve böyle devam etmek mümkün olsaydı, er ya da geç daha fazla yarıya bölünemeyecek küçük bir uzay hacmine geleceğimize. Bu nedenle, *Planck ölçeği* denilen son derece küçük ölçekli uzayın üç boyutlu bir satranç tahtası gibi olduğuna inanılıyor. Ve normal bir satranç tahtasında taşları koymak için yalnızca sınırlı sayıda yer olması gibi evrenin başlangıcında bugünün galaksi kümelerinin tohumlarını oluşturacak kuantum kıvrımları için de yalnızca sınırlı sayıda yer vardı. Demek ki mümkün kozmik tarihlerin sayısı da –sonsuz değil– sınırlıdır.

Eğer yalnızca sınırlı sayıda tarih varsa, ancak bu tarihlerin gerçekleşeceği yerlerin sayısı sonsuzsa, o zaman her tarih bir kere değil sonsuz sayıda gerçekleşiyor demektir. Dolayısıyla bölümün başında da belirtildiği gibi evrende bu kitabı, hatta tam bu satırı okumakta olan sizlerin kopyalarını içeren sonsuz sayıda yer vardır. Ayrıca, Donald Trump'ın Amerika Birleşik Devletleri Başkanı seçilmediği bölgelerin sayısı da sonsuzdur. Ve dinazorların 66 milyon yıl önce bir asteroit tarafından yok edilmediği, zekâlarını geliştirmeye devam edip motorlu taşıtlar üretmeye başladığı yerlerin sayısı da öyle.



Bizim gözlemlenebilir evrenimizin oluşturduğu köpüğün ötesinde farklı tarihler geçirmiş ve farklı yıldız ve galaksilere sahip olmuş sonsuz sayıda başka köpükler var olabilir.

Böyle bir sonsuz tekrarlanma çok aykırı görünebilir. Ama Massachusetts'teki Tufts Üniversitesi'nden Alexander Vilenkin gibi kimi gökbilimciler felsefi bir bakışa sahiptir. Diyorlar ki doğa bir yıldızı model olarak alıp onu adeta sonsuzca ve savurganca tekrarlamayı uygun bulmuştur. Aynı şeyi evrenler neden yapmasın?

Bütün tarihlerin gerçekleştiği tüm bu sonsuz uzay bölgelerinin standart evren resmi ile standart fizik resmi olan kuantum teorisinin kombinasyonundan çıkan kaçınılmaz sonuç olduğunu vurgulamakta yarar var. Bunlardan birinin veya her ikisinin yanlış olduğu anlaşılırsa, o zaman bir "çıkış" var demektir.

Belki tüm mümkün tarihlerin gerçekleştiği düşüncesini rahatsız edici bulmuşsunuzdur. Şahsen ben öyle bulmuyorum. Neden mi? Diyelim ki bu kitap size okuma bahtsızlığına uğradığınız kitapların en yavanı, en sıkıcısı gibi geldi. O zaman ben de sonsuz sayıda başka evrende sizin onu karşılaştığınız en mükemmel şey saydığınızı ve Noel hediyesi olarak tek tek her arkadaşınıza bir kopyasını satın aldığınızı düşünerek kendimi avutabilirim!

Teşekkür

Bu kitabı yazarken bana doğrudan yardım etmiş, esin vermiş veya sadece teşvik etmiş olan şu kişilere teşekkür ediyorum: Karen, Jo Stansall, Felicity Bryan, Michele Topham, Manjit Kumar, Dave Hough, Monica Hope ve Patricia Chilver.

Notlar

KISIM BİR: BİYOLOJİK ŞEYLER

1. ORTAK BAĞ

- 1 Hücre, bir şehir kadar karmaşık olan çok küçük bir balçık torbasıdır. “Biyolojinin atomu” sayılır. Bütün organizmalar bir araya toplanmış hücrelerden oluşur.
- 2 Son yıllarda DNA’nın bir organizmanın şablonu olduğu fikri fazlasıyla yetersiz bulunmaya başladı. İnsan DNA’sının sadece 24.000 geni (genler “proteinlerin” yapılması için gereken bilgiyi içerir; proteinler İsviçre çakısı gibi pek çok görev üstlenen büyük moleküllerdir, örneğin kimyasal reaksiyonları hızlandırma, hücrelere yapı iskelesi sağlama, vb.) kodladığını keşfeden biyologlar şaşkınlık içinde kalmıştı. Bir insanın niteliklerini belirlemek için bu yetersiz bir miktardır. Onun yerine, genler başka genler ya da yakın çevrelerindeki çeşitli konsantrasyonlara sahip kimyasal maddeler tarafından açılıp kapanarak etkinleştirilir veya devredışı bırakılırlar. Yani insan genomu embriyonun gelişimi sırasında farklı zamanlarda farklı şekiller alır – dolayısıyla 24.000 genden daha fazlasıymış gibi görünür.
- 3 Adenin (A), guanin (G), sitozin (C) ve timin (T) “temeller” olarak bilinen moleküllerdir. Dev DNA molekülünün “çift-sarmalının” belkemiğini oluştururlar. Üç temelin yer aldığı her bir grup, farklı bir *aminoasidi* kodlar – örneği TGG tripofan adlı aminoasidi kodlamaktadır. Aminoasitler proteinlerin Lergo parçalarını andıran yapıtaşlarıdır.
- 4 Lewis Thomas, *The Medusa and the Snail* (Penguin, 1995).

2. TUT TUTABİLİRSEN

- 1 Olivia Judson, *Dr Tatiana's Sex Advice to all Creation* (Vintage, 2003).
- 2 Bir organizmanın inşası için gerekli bilgi deoksiribonükleik asit (kısaca DNA) tarafından kodlanmıştır. Çift-sarmallı bir molekül olan DNA her hücrede bulunur. Bir proteini kodlayan DNA dizisine gen denir. Hücrelerin yük beygiri durumundaki proteinler, yapıtaşları olan aminoasitlerin birleşmesiyle oluşmuş dev moleküllerdir.
- 3 Leigh Van Valen, "A New Evolutionary Law" (*Evolutionary Theory*, sayı 1, s. 1, 1973).
- 4 Matt Ridley, *The Red Queen: Sex and the Evolution of Human Nature* (Penguin, 1994).
- 5 Levi T. Morran ve diğerleri, "Running with the Red Queen: Host-Parasite Coevolution Selects for Biparental Sex", (*Science*, sayı 333, s. 216, 2011).

3. OKSİJEN HİLESİ

- 1 Michael Faraday, *A Course of Six Lectures on the Chemical History of a Candle* (Griffin, Bohn & Co., 1861).
- 2 Sıvı hidrojen ve sıvı oksijen yakıtının serbest bıraktığı enerji, bu ikisinin ve roketin metal yapısının toplam ağırlığını uzaya fırlatmaya yetecek kadar büyük değildir. Roketlerin kısımlar halinde inşa edilmesi bu yüzdendir. Havada yükseldikten sonra bu bölümlerden birini atan roket hafifler. Onu uzaya tırmandırması gereken yakıtının da işi kolaylaşmış olur.
- 3 Bir atomdaki elektronlar "kabuklar" halinde düzenlenmiştir. Tamamlanmış bir kabuğa sahip olmak bir atom açısından çok istenen bir şeydir. Hidrojen atomu bunu bir elektron (aslında bu onun yegâne elektronudur zaten) vererek, oksijen ise iki elektron alarak gerçekleştirir. Oksijen atomunun hidrojen atomlarının elektronlarını çekip alması bundandır. İki hidrojen atomunun birer elektron kaybettiği ve bir oksijen atomunun iki elektron kazandığı durum, en düşük enerjili, istenen durumdur – tıpkı bir tepenin dibinde duran bir topun durumu gibi.

- 4 Elektrondan yaklaşık 2.000 kat ağır olan bir proton, atom çekirdeğinin (nucleus) bileşenlerinden biridir. Diğer bileşen ise nötrondur. Bu iki tür parçacık bütün atom çekirdeklerinde bulunur; tek istisna çekirdeğinde sadece bir proton olan hidrojen atomudur.
- 5 Basit bir bakışla elektronun sadece protona çarpıp onu hücre zarındaki bir gözenekten ittiği düşünülebilir. Ama aslında elektron proteinin şeklini değiştirmektedir – elektronun olmadığı şekil ile olduğu şekil farklıdır. Bu tür şekil değişiklikleri protonu zar boyunca hareket etmeye zorlar.
- 6 Bkz. dipnot 3.

4. YEDİNCİ YIL KRİZİ

- 1 Daniel Dennett, *Sweet Dreams: Philosophical Obstacles to a Science of Consciousness* (MIT Press, 2006).
- 2 Lewis Thomas, *The Lives of a Cell* (Penguin, 1978).
- 3 Carl Sagan, Ann Druyan ve Steven Soter, *Cosmos: A Personal Voyage* written (Public Broadcasting Service, 1980).
- 4 Peter Gwynne, Sharon Begley ve Mary Hager, "The Secrets of the Human Cell" (*Newsweek*, 20 Ağustos 1979, s. 48).
- 5 DNA, yani deoksiribonükleik asit, bir hücrenin proteinlerinin yapısını kodlanmış biçimde saklayan dev biyomoleküldür.

5. DÜNYA-DIŞI CANLILARLA İÇ İÇE YAŞAMAK

- 1 Ron Sender, Shai Fuchs ve Ron Milo, "Revised Estimates for the Number of Human and Bacteria Cells in the Body" (*PLOS Biology*, 19 Ağustos 2016: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002533>).
- 2 NIH Human Microbiome Project (<https://hmpdacc.org>).
- 3 Nicholas Vogt ve diğerleri, "Gut Microbiome Alterations in Alzheimer's Disease" (*Nature*, 19 Ekim 2017: <https://www.nature.com/articles/s41598-017-13601-y>).

6. VAZGEÇİLEBİLEN BEYİN

- 1 "Genç deniz üzümü tutunacağı ve yaşamı boyunca yuvası yapacağı uygun bir kaya veya mercan parçası arayarak denizde dolaşır. Bu iş için ilkel bir sinir sistemine sahiptir. Aradığı yeri bulunca oraya kök salar, artık beynine ihtiyacı kalmadığı için onu yer. Yerleşikliğe geçiş gibi bir şeydir bu." Daniel Dennett, *Consciousness Explained* (Penguin, 1993).
- 2 Steven Goodhart, "Meet the Creature that Eats Its Own Brain!" (<https://goodheartextremescience.wordpress.com/2010/01/27/meet-the-creature-that-eats-its-own-brain>).
- 3 "The Electric Brain" (NOVA, 23 Ekim 2001: www.pbs.org).
- 4 Marvin Minsky, *Society of the Mind* (Pocket Books, 1988).
- 5 George Johnson, *In the Palaces of Memory: How We Build the Worlds Inside Our Heads* (Vintage, 1992).
- 6 Jean-Louis Santini, "Are Brains Shrinking to Make Us Smarter?" (6 Şubat 2011: <https://phys.org/news/2011-02-brainssmarter.html>).
- 7 Erika Engelhaupt, "How Humans (Maybe) Domesticated Themselves" (*Science News*, 6 Temmuz 2017: <https://www.sciencenews.org/article/how-humans-maybe-domesticated-themselves>).
- 8 Emerson Pugh'nın oğlu tarafından alıntılanmıştır. George E. Pugh, *The Biological Origin of Human Values* (Routledge & Kegan Paul, 1978).

KISIM İKİ: İNSANİ ŞEYLER

7. ETKİLEŞİM, ETKİLEŞİM, ETKİLEŞİM

- 1 Hominin terimi modern insanları, ortadan kalkmış insan türlerini ve tüm doğrudan atalarımızı (*Homo*, *Australopithecus*, *Paranthropus* ve *Ardipithecus* cinslerinin üyeleri dâhil) kapsayan grup için kullanılır.
- 2 Büyük toplulukların ekin mahsulüne bağımlılığı onları bu ekinlerin yetersiz oluşundan kaynaklanan kıtlıklara karşı daha korunmasız kılmıştır. Ayrıca, çok sayıda insanın birbirine yakın yaşıyor olması, hastalıkların yayılmasını kolaylaştırıyor, bazen çok yıkıcı sonuçlara yol açıyordu.

8. BÜYÜKANNE AVANTAJI

- 1 Jared Diamond, *Guns, Germs, and Steel: A Short History of Everybody for the Last 13.000 Years* (Vintage, 1998).
- 2 Daha fazlası için bkz. Marcus Chown, *What a Wonderful World* (Faber, 2014).
- 3 Hannah Devlin, "Oldest Known Human Fossil Outside Africa Discovered in Israel" (*Guardian*, 25 Ocak 2018: <https://www.theguardian.com/science/2018/jan/25/oldest-known-human-fossil-outside-africa-discovered-in-israel>).
- 4 Mark Rose, "Neandertal DNA" (*Archaeology*, sayı 50, sayı 5, Eylül/Ekim 1997).
- 5 Emma Marris, "Neanderthal Artists Made Oldest-Known Cave Paintings" (*Nature*, 23 Şubat 2018: <https://www.nature.com/articles/d41586-018-02357-8>).
- 6 William Davies, "Palaeoanthropology: The Time of the Last Neandertals" (*Nature*, sayı 512, s. 260–261, 21 Ağustos 2014: <https://www.nature.com/articles/512260a>).
- 7 Richard Green ve diğerleri, "A Draft Sequence of the Neandertal Genome" (*Science*, sayı 328, s. 710, Mayıs 2010: <http://science.sciencemag.org/content/328/5979/710.full>).

9. KAYIP KABİLE

- 1 Tabitha Powledge, "The Origin of Menopause: Why Do Women Outlive Fertility?" (*Scientific American*, 3 Nisan 2008).

10. KAÇAN FIRSAT

- 1 Robert Pearlman, "Neil Armstrong's Photo Legacy: Rare Views of First Man on the Moon" (Space.com, 27 Ağustos 2012: <https://www.space.com/17308-neil-armstrong-photo-legacy-rare-views.html>).

- 2 “Man on the Moon – Neil Armstrong’s Iconic Photograph” (*Amateur Photographer*, 24 Ağustos 2017: <http://www.amateurphotographer.co.uk/iconic-images/moon-iconicphotograph-neil-armstrong-18051>).
- 3 Lucas Reilly, “The Apollo Astronaut Who Was Allergic to the Moon” (*Mental Floss*, 6 Şubat 2017: <http://mentalfloss.com/article/91628/apollo-astronaut-who-was-allergic-moon>).
- 4 Neville Agnew ve Martha Demas, “The Footprints at Laetoli” (http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/newsletters/10_1/laetoli.html).

KISIM ÜÇ: DÜNYEVİ ŞEYLER

11. DOĞANIN ALFABESİ

- 1 *The Feynman Lectures on Physics*, cilt II, s. 1–10 (Addison-Wesley, 1989).
- 2 O dönemde atomların da daha küçük şeylerden meydana geldiği artık biliniyordu. Atom-altı parçacıklardan elektronların temel öğeler olduğu, protonlar ve nötronların ise kuarklardan oluştuğu kabul edilir – yine de atomların doğanın Lego taşları olduğu şeklindeki temel fikir geçerliliğini korumaktadır.

13. DERİN DARBE

- 1 Asteroitler Güneş’in etrafında dönen küçük, kayalık cisimlerdir. Mars ile Jüpiter’in yörüngeleri arasında bulunan asteroit sayısı çok fazladır. En büyükleri olan Ceres’in çapı 946 kilometredir, 1 Ocak 1801’de keşfedilmiştir. Asteroitlerin birbirine çarpması veya Jüpiter’in güçlü çekim etkisi nedeniyle bir asteroit “ana kuşağın” dışına itilebilir ve yörüngesi Dünya’nın kiyle kesişirse gezegenimiz için ciddi bir tehlike yaratır.
- 2 Elizabeth Howell, “Chelyabinsk Meteor: Wake-Up Call for Earth” (Space.com, 2 Ağustos 2016: <https://www.space.com/33623-chelyabinsk-meteor-wake-up-call-for-earth.html>).

- 3 Luis Alvarez ve diğerleri, "Extraterrestrial Cause for the Cretaceous-Tertiary Extinction" (*Science*, sayı 208, s. 1095, 6 Haziran 1980: <http://science.sciencemag.org/content/208/4448/1095>).
- 4 Sid Perkins, "Why Some Species Thrived When Dinos Died" (*Science*, 24 Temmuz 2013: <http://www.sciencemag.org/news/2013/07/why-some-species-thrived-when-dinos-died>).
- 5 Kunio Kaiho ve Naga Oshima, "Site of Asteroid Impact Changed the History of Life on Earth: the Low Probability of Mass Extinction" (*Nature Scientific Reports*, sayı 7, No. 14855, 9 Kasım 2017: <https://www.nature.com/articles/s41598-017-14199-x>).

14. GÜNEŞ IŞIĞININ SIRRI

- 1 Aslında az miktarda ısı fosil yakıtların yanmasının yan ürünü olan ve sera etkisi yaratan karbondioksit gazı tarafından atmosferde tutulur ve gezegenin yavaş yavaş ısınmasına neden olur.
- 2 *Mutlak sıfır* ulaşılabilir en düşük sıcaklıktır. Bir nesne soğudukça, atomları daha yavaş hareket eder. Celsius ölçeğinde -273,15'e eşdeğer olan mutlak sıfır, atomların tamamen hareket etmeyi durdurduğu sıcaklıktır (aslında Heisenberg'in Belirsizlik İlkesi mutlak sıfırda bile artık bir kuantum titreşimi belirlediği için bu tamamen doğru değildir).
- 3 Peter Atkins, *Four Laws that Drive the Universe* (Oxford University Press, 2007).

KISIM DÖRT: GÜNEŞ SİSTEMİ'NE AİT ŞEYLER

16. KATİL GÜNEŞ

- 1 Sarah Lotz, *The Three* (Hodder, 2015).

- 2 Güneş patlamasının etkisi Dünya'nın manyetik kalkanını çarpıtmıştı, böylece Güneş parçacıkları artık sadece kutuplara doğru çekilmiyor, gezegenin herhangi bir yerine ulaşabiliyordu. Güneş parçacıklarının atmosferdeki atomlarla çarpışması, bu atomların parlayarak aurora oluşturmaya neden olmaktaydı.
- 3 Adam Hadhazy, "A Scary 13th: 20 Years Ago, Earth was Blasted with a Massive Plume of Solar Plasma" (*Scientific American*, 13 Mart 2009: <https://www.scientificamerican.com/article/geomagnetic-storm-march-13-1989-extreme-spaceweather>).

17. BAŞKA GÜNLERİN IŞIĞI

- 1 Aslında ne zaman bir foton Güneş'teki bir serbest elektron tarafından çekilse veya itilse, küçük bir miktar enerji tüketilmiş olur. Bu nedenle, Güneş'in ortasında gerçekleşen nükleer reaksiyonlar yüksek enerjili gama ışını fotonları yaratsa da bunlar Güneş yüzeyinden yani fotosferden çıktıklarında, artık görünür ışığın düşük enerjili fotonları olmuşlardır (tabii kaybolan bu enerji Güneş'i sıcak tutan şeydir). Yani kesin konuşmak gerekirse, güneş ışığının Güneş'ten ayrılması 30.000 yıl sürer, ama o ışığı oluşturan fotonlar yüzyıllar önce yolculuğa başlamış fotonların aynısı değildir.

18. DÜŞMENİN KISA TARİHİ

- 1 Douglas Adams, *Life, the Universe and Everything* (Picador, 2002).
- 2 Aslında Ay Dünya'nın etrafında dönerken eliptik bir yörünge izler, ama bunu yaklaşık olarak daire sayabiliriz.
- 3 Aslında bu, 1915'te Einstein'ı kendi yerçekimi teorisine –genel görelilik teorisine– götüren temel kavrayış olmuştur.
- 4 Marcus Chown, *The Ascent of Gravity* (Weidenfeld and Nicolson, 2018).
- 5 Principia'nın tam başlığı şöyleydi: *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (Doğa Felsefesinin Matematiksel Temelleri). 5 Temmuz 1687'de iki cilt olarak yayınlandı.

19. DÜNYA'NIN PEŞİNDEKİ GEZEĞEN

- 1 Bir Lagrange noktası, güneş-dünya sisteminde bir cisme etki eden kütle-çekim ve merkezkaç kuvvetlerinin o cismin prensipte sonsuza dek kararlı kalabilmesini sağlayan bir denge oluşturduğu beş konumdan biridir.
- 2 Bkz Bölüm 12: "Kaya Süngeri".
- 3 Isaac Asimov, *The Tragedy of the Moon* (Dell, 1984).

20. LÜTFEN EZ BENİ

- 1 Bkz Bölüm 12: "Kaya Süngeri".

21. ALTİGENİN CAZİBESİ

- 1 Barbosa Aguiar ve diğerleri, "A Laboratory Model of Saturn's North-Polar Hexagon" (*Icarus*, sayı 206, s. 755, 2010).
- 2 Raúl Morales-Juberías ve diğerleri, "Meandering Shallow Atmospheric Jet as a Model of Saturn's North-Polar Hexagon" (*Astrophysical Journal Letters*, sayı 806, sayı 1, 10 Haziran 2015).

22. GÖRÜNMEZLİĞİN HARİTASI

- 1 Aslında tam olarak "George's Star" [George'un Yıldızı] adını vermişti.
- 2 Neptün'ün varlığı, İngiliz John Couch Adams tarafından da bağımsız olarak öngörülmüştü. Le Verrier ve Adams tanıştıktan sonra yakın arkadaş oldular. Günümüzde Neptün'ün keşfi genellikle hem Adams hem de Le Verrier'e atfediliyor.
- 3 Bkz: Thomas Levenson, *The Hunt for Vulcan: How Albert Einstein Destroyed a Planet and Deciphered the Universe* (Head of Zeus, 2016).

23. YÜZÜKLERİN EFENDİSİ

- 1 Fraser Cain, "Density Waves in Saturn's Rings" (*Universe Today*, 10 Kasım 2004: <https://www.universetoday.com/10034/density-waves-in-saturns-rings/>)

24. YILDIZ GEÇİDİ

- 1 Arthur C. Clarke'ın eseri *2001: A Space Odyssey*'de (Orbit, 2001) Dave Bowman'ın monolite adım atarken söylediği son sözler.
- 2 Paulo Freire, "Solving the Mystery of Iapetus" (*Geophysical Research Letters*, sayı 33, s. L16203: <https://arxiv.org/pdf/astroph/0504653.pdf>).
- 3 Andrew Dombard ve diğerleri, "Delayed Formation of the Equatorial Ridge on Iapetus from a Subsatellite Created in a Giant Impact" (*Journal of Geophysical Research – Planets*, sayı 117, fasikül E3, Mart 2012).
- 4 Richard Kerr, "How Saturn's Icy Moons Get a (Geologic) Life" (*Science*, sayı 311, s. 29, 6 Ocak 2006).

KISIM BEŞ: TEMEL ŞEYLER

25. AVUCUNUZUN İÇİNDEKİ SONSUZLUK

- 1 Tom Stoppard, *Hapgood* (1988).
- 2 Aslında bir parçacık ile ilişkili kuantum dalgası tuhaf bir dalga türüdür. Tüm boşluğu doldurduğu düşünülen soyut, matematiksel bir şeydir. Dalga büyükse –daha kesin bir ifadeyle, büyük bir *genliğe* sahipse– parçacığı bulma şansı ya da olasılığı yüksek, dalga küçükse parçacığı bulma olasılığı düşüktür.
- 3 Bunun nedeni, elektron gibi düşük enerjili ve düşük kütleli bir parçacığın kendisiyle ilişkili kuantum dalgasının da haliyle düşük enerjili olmasıdır. Bir su birikintisinin yüzeyinde düşük enerjili bir dalga düşünün. Böyle bir

dalga ağır hareket eder ve boyu –ardışık dalgaların tepe noktaları arasındaki mesafe– genellikle büyüktür.

- 4 Aslında beklenmedik bir şekilde kuantum teorisi bize boş uzayın tamamen boş olmadığını söyler. Boş uzay, “kuantum alanlarının sıfır nokta dalgalanmalarının” çalkantılı denizidir. Ama bu da başka bir hikâye!
- 5 Bu, 1998’e kadar bilim tarihinde tahmin ile gözlem arasında görülmüş en büyük farktı. O yıl bütün uzayı dolduran ve uyguladığı itici yerçekimiyle evrenin genişlemesini hızlandıran karanlık enerjinin keşfedildi. Kuantum teorisi vakum enerjisini (karanlık enerji) tahmin etmek için kullanıldığında elde edilen sayı, gözlem sonucundan 1’in sağında 120 sıfır olacak kadar daha büyüktür. Bu, şu anki fizik teorimizin yetersiz olduğuna dair güçlü bir göstergedir!

26. BUNGALOVUN AVANTAJLARI

- 1 Einstein’ın 1905’te ortaya attığı özel görelilik teorisi, bir başkasına göre hareket eden biri için zamanın daha yavaş aktığını söyler. Diğer yandan, bir binanın tepesi Dünya’nın dönmesi nedeniyle zemine kıyasla daha hızlı hareket ettiğinden, bu etki yerçekiminin zamanı yavaşlatıcı etkisiyle karşıt yöndedir. Ancak, nispeten küçüktür ve binanın üst katında zemin kattan daha hızlı yaşlandığınız sonucunu değiştirmez.
- 2 James Chin-Wen Chou ve diğerleri, “Optical Clocks and Relativity” (*Science*, sayı 329, s. 1.630, 24 Eylül 2010).
- 3 David Berman, “String Theory: From Newton to Einstein and Beyond” (<https://plus.maths.org/content/string-theorynewton-einstein-and-beyond>).

27. İNANILMAZ SİVRİSİNEK PATLAMASI

- 1 *The Feynman Lectures on Physics*, cilt II, s. 1–10 (Addison-Wesley, 1989).

- 2 Daha kesin ifadeyle, bir hidrojen atomundaki proton ile elektron arasındaki elektromanyetik kuvvet, aralarındaki kütleçekim kuvvetinden 1040 kat daha güçlüdür. Doğadaki en hafif atom olan hidrojen, tek bir proton içeren bir çekirdek ve yörüngede bulunan bir elektrondan oluşur.

28. BİLİNEMEZ OLAN

- 1 İlk gerçek çok amaçlı bilgisayar 1837'de İngiliz mühendis Charles Babbage tarafından düşünüldü. Ancak, mekanik çark ve dişlilerle tasarlanmış analiz cihazı, yapımının zorluğu ve masrafı nedeniyle Babbage hayattayken üretilmemiştir. Babbage projede Lovelace Kontesi ve şair Lord Byron'ın kızı olan Augusta Ada King ile birlikte çalışmıştı. Ada Lovelace ilk "kadın programcı" olarak kabul edilir ve Ada bilgisayar diline onun adı verilmiştir.
- 2 Sayılamazlık konusu için ayrıca bkz.: Marcus Chown, *The Never-Ending Days of Being Dead*, Bölüm 6: "God's Number" (Faber, 2007).

29 ÇİFTE BELA

- 1 Kesin olmak gerekirse, uzay'da belli bir yerde bir parçacık bulma olasılığı -0 ile 1 arasında bir sayı ile ifade edilir, 0 yüzde 0, 1 ise yüzde 100 olasılık demektir- o yerdeki kuantum dalgasının yüksekliğinin karesi kadardır (aslında dalga yüksekliği karmaşık bir sayıdır, ancak konumuz bu değil).
- 2 Seken bowling toplarının zıt yönlerde uçtuğu bir bakış açısı belirlemek -veya bir koordinat sistemi oluşturmak- her zaman mümkündür.

30. ÇILGIN SIVI

- 1 Mutlak sıfır, ulaşılabilir en düşük sıcaklıktır. Celsius ölçeğinde -273,15 derece, Kelvin ölçeğinde 0 Kelvin'e karşılık düşer.
- 2 Bkz.: Bölüm 29: "Çifte Bela".

32. BUNU KİM SİPARİŞ ETTİ?

- 1 Arthur C. Clarke, *Rendezvous with Rama* (Gollancz, 2006).
- 2 Bkz.: Bölüm 17: “Başka Günlerin Işığı”.
- 3 Enerjinin korunumu yasası enerjinin yaratılamayacağını veya yok edilemeyeceğini, yalnızca bir tür enerjiden diğerine dönüştürülebileceğini söyler. Einstein’ın 1905’te gösterdiği gibi *kütle de enerjinin bir biçiminden ibarettir. Dolayısıyla elastik kuarkın enerjisi –daha kesin ifadeyle gluon alanları– yeni kuarkların kütle enerjisine dönüştürülebilir.*
- 4 Bkz.: Bölüm 39: “Ete Dönüşen Yıldız Tozu”.
- 5 Nötrinolar *steril* olarak bilinen tipte ise, daha fazla sayıda nötrino nesli olabilir. Normal nötrinolar etkileşimden ne kadar uzak dursa da çok seyrek olarak doğanın zayıf nükleer kuvveti aracılığıyla normal maddeyle etkileşime girerler. Steril nötrinolar bunu dahi yapmaz. Onların normal maddeyle yegâne etkileşimi ancak kütleçekimi kuvveti yoluyla olabilir ve bu da doğrudan tespit edilmelerini neredeyse imkânsız hale getirir.

33. BİR SİCİM PARÇASI NE HARİKA ŞEYDİR

- 1 Üç uzay boyutu doğu-batı, kuzey-güney ve yukarı-aşağıdır. Tabii bir de zaman boyutu var: geçmiş-gelecek. Ancak, Einstein’ın 1905’teki özel görelilik teorisi uzay ve zamanın aslında aynı şeyin görünüşleri olduğunu göstermiştir, ama bu yalnızca ışık hızına yakın hızda yol alan bir gözlemcinin görebileceği bir şeydir. Bu gerçeğin farkında olan fizikçiler uzay-zamandan, dört uzay-zaman boyutunun kesintisiz bir birleşmesinden söz eder.
- 2 Doğanın temel kuvvetlerini ortaya çıkaran değişim parçacıkları, alışık olduğumuz türden değildir. *Sanal parçacıklar* olarak bilinirler. Bkz. Richard Feynman, *QED: The Strange Theory of Light and Matter* (Penguin, 1990).

34. ŞİMDİ GİBİSİ YOK

- 1 Albert Einstein'ın 1955'te ölen eski dostu Michele Besso'nun yaşlı ailesine yazdığı mektup.
- 2 Albert Einstein, "Hareketli Cisimlerin Elektrodinamiği Üzerine" (*Annalen der Physik*, sayı 17, s. 891, 1905).

35. ZAMAN MAKİNESİ NASIL YAPILIR

- 1 Bkz.: Bölüm 26: "Bungalovun Avantajları".
- 2 Bir kara delik yerçekiminin hiçbir şeyin kaçamayacağı kadar güçlü olduğu uzay bölgesidir. Işık bile kaçamadığı için kapkaradır.

KISIM ALTI: DÜNYA-DIŞI ŞEYLER

36. OKYANUS DÜNYALARI

- 1 Arthur C. Clarke, *2010: Odyssey Two* (HarperCollins, 2000).
- 2 Bkz.: Bölüm 20: "Lütfen Ez Beni".
- 3 Cristina Luiggi, "Life on the Ocean Floor, 1977" (*The Scientist*, 1 Eylül 2012: <https://www.the-scientist.com/?articles.view/articleNo/32523/title/Life-on-the-Ocean-Floor--1977>).
- 4 Ashley Yeager, "Enceladus Shoots Supersonic Jets of Water" (Nature.com, 26 Eylül 2008: <http://www.nature.com/news/2008/081126/full/news.2008.1254.html>).

37. DÜNYA-DIŞI ATIKLAR

- 1 A.V. Arkhipov, "On the Possibility of Extraterrestrial Artefact Finds on the Earth" (*The Observatory*, sayı 116, s. 175, 1996).

38. GEZEĞENLER ARASI KAÇAK YOLCULAR

- 1 Mars'ın iç ısını kaybetmesi, iç kısmının katılaşmasına neden oldu. Oysa erimiş maddenin dolaşımı, Dünya'daki gibi gezegen çapında bir manyetik alan oluşturan dev elektrik akımlarını taşıyan şeydi. Böylece Mars, çok değerli manyetik kalkanını yitirmiş oldu.

39. ETE DÖNÜŞEN YILDIZ TOZU

- 1 Walt Whitman, "Song of Myself".
- 2 Güçlü kuvvet olarak da bilinen nükleer kuvvet çok kısa bir menzile sahip olduğu için varlığı ancak yirminci yüzyılda, fizikçilerin atom çekirdeklerini araştırmaya başlamasıyla keşfedildi.
- 3 Enerjiyi (bir yıldızdan yıldız ışığı olarak çıkmış olan enerjiyi) serbest bırakmak yerine demir oluşturan nükleer reaksiyonlar, aslında yıldızdan vampir gibi enerji emer. Bu durum yıldızı dengesiz hale getirdiği için demir yıldızların içindeki element oluşumunun son noktasıdır.

40. KIRILGAN MAVİ NOKTA

- 1 Carl Sagan'dan ünlü "Soluk Mavi Nokta" alıntısı, *Cosmos: A Space-time Odyssey* (<https://www.youtube.com/watch?v=Cm6NS6uDqt8>).

KISIM YEDİ: KOZMİK ŞEYLER

41. DÜNÜ OLMAYAN GÜN

- 1 Kesin konuşmak gerekirse, evren ya genişliyor ya da daralıyor olmalıdır. Yerinde duramayan "huzursuz bir evrende" yaşıyoruz.
- 2 Bkz.: Marcus Chown, *Afterglow of Creation* (Faber, 2010) ve John Boslough ve John Mather, *The Very First Light* (Basic Books, 2008).

42. HAYALET KOZMOS

- 1 Douglas Adams, *The Hitchhiker's Guide to the Galaxy* (Pan, 2009).
- 2 Bkz.: Bölüm 47: "Uzayın Sesi".

43. KARANLIĞIN KALBI

- 1 Adam Mann, "Astronomers Say They've Found Many of the Universe's Missing Atoms" (*Science*, 10 Ekim 2017: <http://www.sciencemag.org/news/2017/10/astronomers-say-theyve-found-many-universe-s-missing-atoms>).
- 2 Lawrence Schulman, "Opposite Thermodynamic Arrows of Time" (*Physical Review Letters*, sayı 83, s. 5419, 27 Aralık 1999: <https://arxiv.org/pdf/cond-mat/9911101.pdf>).
- 3 Stacy McGaugh, "Confrontation of MOND Predictions with WMAP First Year Data" (29 Eylül 2004: <https://arxiv.org/abs/astro-ph/0312570v4>).

44. YARATILIŞIN KÖZLERİ

- 1 Stanley Kubrick ve Arthur C. Clarke'ın eseri olan *2001: A Space Odyssey* filmi, 1948'de yazılan *The Sentinel* adlı öyküye dayanır (*The Sentinel*, HarperVoyager, 2000).
- 2 Aslında Büyük Patlama'dan kalma artık ısı başta mikrodalgalar –birkaç santimetrelik dalga boyuna sahip radyo dalgaları– halinde saptanmışsa da en yoğun olarak birkaç milimetrelik dalga boyunda bulunur. Işığın –daha teknik adıyla *elektromanyetik ısıma*– dalga boyu, ardışık dalga tepeleri arasındaki mesafenin bir ölçümüdür.
- 3 Sıcaklık mikroskobik hareketin bir ölçümüdür. Bir cisim soğudukça, atomları giderek daha ağır sallanır. Sonunda hiç hareket etmez olurlar. Bu durumdaki sıcaklık mümkün olan en düşük sıcaklıktır ve mutlak sıfır olarak bilinir.

- 4 Bell Laboratuvarı, ABD'nin çeşitli yerlerinde bir milyondan fazla çalışanı olan dev AT&T telefon şirketinin bir parçasıydı.

45. EVRENİN EFENDİLERİ

- 1 Bir ışık yılı, vakumda saniyede 299.792 kilometre hızla hareket eden ışığın bir yılda katettiği mesafedir. Yaklaşık 9,5 trilyon kilometredir.
- 2 Caleb Scharf, *Gravity's Engines: How Bubble-Blowing Black Holes Rule Galaxies, Stars, and Life in the Cosmos* (Scientific American Books, 2012).

46. TERS YERÇEKİMİ

- 1 Daha kesin ifadeyle bir *dörtlü vektör* olarak bilinen enerji momentumu.
- 2 Aslında Einstein'ın yerçekimi teorisinde yerçekiminin kaynağı şöyledir: (enerji yoğunluğu + 3 X basınç).

47. UZAYIN SESİ

- 1 En büyük H-bombası bile patladığında, nükleer ateş topunun sıcaklığına dönüşerek kaybolan kütle sadece bir kilogram kadardır.
- 2 Kütleçekim dalgaları ilk kez Dünya'da tespit edildikten sonra, toplam beş olAy'dan saptanmışlardır. Bunlardan dördü kara delik çiftlerinin, diğeri ise süper yoğun nötron yıldızlarının birleşmesiydi. 17 Ağustos 2017'de gözlemlenen son olay en önemlisidir, çünkü kütleçekim dalgalarına ek olarak Dünya'nın her köşesinde teleskoplarla saptanan bir ışık ortaya çıkarmıştır. Bu ışığın analizi, ateş topunun Dünya kütesinin en az on katı ağırlıkta saf altın oluşturduğunu ortaya koydu. Bilim insanları uzun zamandır altının nereden geldiğini merak etmişti. Artık biliyorlar.
- 3 Maalesef ödülü paylaşanlar arasında İskoçyalı Ron Drever yoktu. Prototip inşa edilirken LIGO'nun ardındaki iki kurumdan biri olan Pasadena'daki California Institute of Technology'de fizik lisansüstü öğrencisiydim. Drever'in bir konuşmasını dinlediğimi hatırlıyorum. Kâğıtlarını iki alışveriş poşetinde taşıma-

sı ve projektör asetatlarının çay lekeleri ve parmak izleriyle kaplı olması hâlâ aklımda. LIGO ekibinin kilit bir üyesi olan Drever, deneysel alanda bir dahiydi (1953'te sıfırdan yaptığı bir televizyonda ailesi Kraliçe'nin Taç giyme törenini izlemişti). Ne yazık ki bu İskoç fizikçi anlaşılan projenin kontrolünü başkalarıyla paylaşmakta zorlanıyordu; 1995'te işten çıkarıldı. Pasadena'da yaşamaya devam etti. Hiç evlenmemişti ve çok az arkadaşı vardı. Giderek demans sıkıntıları çekmeye başladı. Sonunda, Caltech profesörlerinden Peter Goldreich onunla birlikte New York'a uçtu ve erkek kardeşi tarafından karşılanmak üzere Glasgow'a giden bir uçağa attı bindirdi. Drever daha sonra İskoçya'da bir bakımevine yerleşti. Ne yazık ki 7 Mart 2017'de, kütleçekim dalgalarının keşfi için Nobel Ödülü'nün verilmesinden yedi ay önce öldü.

49. KREDİ KARTI KOZMOSU

- 1 Douglas Adams, *The Restaurant at the End of the Universe* (Pan, 2009).
- 2 Her atom-altı parçacığa, onunla zıt özelliklere –örneğin elektrik yükü– sahip olan bir karşıt-parçacık düşer. Örneğin negatif yüklü elektron, pozitron olarak bilinen pozitif yüklü bir karşıt-parçacıkla eşleşmiştir. Bir parçacık vakumdan oluştuğunda, her zaman kendi karşıt-parçacığı ile birlikte. Bir parçacık ve onun karşıt-parçacığı birleştiğinde, yüksek enerjili bir ışık ya da gama ışınlarından oluşan bir şimşekte kendini ortadan kaldırır ya da *yok eder*.
- 3 Bunun nedeni fizik yasalarının geleceği şimdiye bakarak betimlemesidir. Örneğin Ay'ın yarınki konumu, bugünkü konumundan hareketle Newton'ın evrensel yerçekimi yasasını uygulayarak belirlenir. Geçmiş gelecekte içermektedir. Hiçbir bilgi kaybolmaz.
- 4 Juan Maldacena, "The Large N Limit of Superconformal Field Theories and Supergravity" (*Advances in Theoretical and Mathematical Physics*, Vol. 2, p. 231, 1998: <http://arxiv.org/pdf/hep-th/9711200.pdf>).

50. KOMŞU EVREN

1 Douglas Adams, *The Hitchhiker's Guide to the Galaxy* (Pan, 2016).

2 Bkz.: Bölüm 41: "Dünü Olmayan Gün".

3 Her ne kadar maddi şeylerin ışıktan daha hızlı –hatta onunla aynı hızda– yol alamayacağı doğru olsa da Einstein'ın 1915 tarihli genel görelilik teorisi uzayın herhangi bir hızla genişlemesine izin vermektedir.

4 Şişme bir hidrojen bombası patlamasına benzetilirse, evrenin varoluşunun ilk anlarından sonra şişmenin gücü tükenirken onun yerini alan Büyük Patlama evresi bir dinamit lokumu gibidir. Onu iten gücün kuantum vakumu olduğu düşünülüyor. Ama sıradan bir vakum değil, itici yerçekimi gibi olağandışı bir özelliğe sahip yüksek enerjili bir vakum. Şişme evrendeki bazı şaşırtıcı özellikleri açıklamakta başarılı olsa da teorinin temelini oluşturan mikroskobik fizik anlaşılabilmiş değildir.

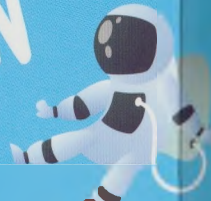


MARCUS CHOWN

Marcus Chown, astronomi ve fizik konularında basit bir dille yazdığı popüler bilim kitaplarıyla tanınan İngiliz fizikçi, ödüllü popüler bilim yazarı, televizyon ve radyo yayıncısıdır. 1980 yılında Londra Üniversitesi Fizik Bölümü'nden mezun olan ve Pasadena'da bulunan Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü'nde radyo astronomi alanında çalışan Marcus Chown, şu anda haftalık bilim dergisi New Scientist için danışmanlık yapmaktadır.

Chown'un yayınlanmış kitapları arasında *Afterglow of Creation* [Büyük Patlamanın Işığı] (1993); *The Magic Furnace* (1999); *The Universe Next Door* (2001); *The Never-Ending Days of Being Dead* (2007); *Quantum Theory Cannot Hurt You: A Guide to the Universe* [Biraz Kuantum'dan Zarar Gelmez] (2007); çocuklar için yazılmış bir kitap olan *Felicity Frobisher and the Three-Headed Aldebaran Dust Devil* (2008); *Solar System* [Güneş Sistemi - Fotoğraflı Kartlar] (2011); *What a Wonderful World: One Man's Attempt to Explain the Big Stuff* [Dünya'nın Tüm Dertleri - Bir İnsanın Hemen Her Şeyi Anlatma Girişimi] (2013); *The Ascent of Gravity: The Quest to Understand the Force that Explains Everything* (2017) sayılabilir. *Avucunuzun İçindeki Sonsuzluk*, Chown'un dilimizde yayınlanan 7. kitabıdır.

MARCUS CHOWN



AVUCUNUZUN İÇİNDEKİ SONSUZLUK

Bütün insan soyunu bir küp şeker kadar küçük bir yere sığdırabiliriz.

Aldığınız her nefeste Marilyn Monroe'nun soluduğu bir atom var.

Güneş muzdan yapılmış olsa, bir şey fark etmezdi.

Hepiniz tam anlamıyla göklerde oluştunuz.

Evrenin yüzde 97,5'i görünmezdir.



İster inan ister inanma – dev bir hologramın içinde yaşıyor olabiliriz.

Çok satan bilim yazarı Marcus Chown, varoluşumuzun en karmaşık yönlerini açıklamaya yardım edecek elli şaşırtıcı bilimsel olgunun arka planındaki derin bilimi mükemmel duruluk ve incelikte ele alıyor.

Avucunuzun İçindeki Sonsuzluk, günlük hayatlarımızı yöneten saklı gerçekleri canlı bir biçimde aydınlatan, evrenimizle ilgili bazı en tuhaf ve en muhteşem olgulardan geçen bir yolculuk.



29 TL

KDV'den
muafır.



/ekstiparcayayinlari



/ekstiparcayayinlari

www.ekstiparca.com



9 786057 690395