BİLİM ÇOK ASLINDA EĞLENCELİDİR!

BEN MILLER

"Size bilimin belki de pek aşina olmadığınız başka bir yönünü göstermek istiyorum: Güzelliğini, cazibesini ve tutkusunu. Ama hızlı davranalım ki matematiğin kulağına gitmesin!"



NTV

BİLİM ARTIK HERKESİN ANLAYABİLECEĞİ KADAR BASİT

BİLİM ASLINDA ÇOK EĞLENCELİDİR!

BEN MILLER

Çeviri
Ezgi Başer

NTV

It's Not Rocket Science! / Bilim Aslında Çok Eğlencelidir!
Ben Miller

© 2012 Ben Miller

NTV Yayınları Direktörü
Elif N. Kutlu

Editör
Onur Kaya

Çeviri
Ezgi Başer

Grafik Tasarım
Ayhan Şensoy

Yardımcı editör
Nil Tuna

Proje Koordinasyon
Yakup Akyıldırım, Özgür Akhan

Satış Müdürü
Tüzün Bülbül

ISBN: 978-605-5056-32-2

1. Baskı: Eylül 2014
Sertifika No: 12444

NTV yayınları

info@ntvyayinlari.com
www.ntvyayinlari.com

Doğuş Yayın Grubu A. Ş.
Ahi Evran Caddesi No.4 Sarıyer-İSTANBUL
Tel: (212) 304 08 88 Faks: (212) 335 03 48

Tüm hakları saklıdır. Doğuş Yayın Grubu A. Ş.'nin yazılı izni olmadan, fotokopi yöntemi dahil, elektronik ya da mekanik herhangi bir yolla çoğaltılamaz ve iletilemez.

BASKI
Ömür Matbaacılık A. Ş.
Beysan Sanayi Sitesi Birlik Caddesi No: 20
Haramidere, Beylikdüzü – İstanbul 34524
Tel: 0212 422 76 00 Faks: 0212 422 46 00

Bana bilim sevgisini aşılayan babama...

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1
İLK AŞK UNUTULMAZ 9

BÖLÜM 2
ACAYİP SÜPER ATOM ÇARPIŞTIRICISI 33

BÖLÜM 3
YAVAŞ YAVAŞ DEV BİR KARADELİĞE DÜŞÜYORUZ 63

BÖLÜM 4
İNSANOĞLU VE DİĞER FOSİLLER 103

BÖLÜM 5
YARATILIŞIN GİZLİ KODU 135

BÖLÜM 6
EKMEK YOKSA PASTA YESİNLER 163

BÖLÜM 7
DÜNYANIN SONU YAKLAŞIYOR 191

BÖLÜM 8
ASTEROİDE UÇUR BENİ! 229

DİĞER ESERLER 263
TEŞEKKÜR 267
RESİM VE GRAFİKLER 272

BÖLÜM 1

İLK AŞK UNUTULMAZ

BAŞLANGIÇ

Hepimizin içinde bir yıldız yattığını biliyor muydunuz? Simon Cowell[1] gibi "bunu ölen büyükannemin anısına yapıyorum" tarzı yıldızlardan bahsetmiyorum. Demek istediğim şu: İnsanlar, bildiğimiz insanlar, gerçekten de yıldız tozundan yapılmıştır. Kulağa saçmalıktan ibaret bir bilimkurgu fikri gibi gelebilir, ancak içinde yaşadığımız dünyaya bilimsel bir gözle baktığımızda ortaya bu sonuç çıkıyor.

Size şöyle açıklayayım. Siz ve etrafınızdaki her şey atomlardan oluşuyorsunuz. Atomları doğanın temel yapıtaşları olarak düşünebilirsiniz. Okulunuzdaki duvarda büyük ihtimalle bu atomları artış sırasıyla gösteren periyodik bir tablo asılıydı: Bu tablonun üst kısmında hidrojen ve helyum gibi en küçükler, altta ise kurşun ve uranyum gibi kodamanlar bulunuyordu. Belki bu atomların çok daha küçük parçalardan oluştuğunu da hayal

1 X Factor, Britain's Got Talent, American Idol gibi televizyon programlarının yaratıcısı ve prodüktörü.(ç.n.)

meyal hatırlarsınız; kesin konuşmak gerekirse, ortada küçük, yoğun, elektrik yükü pozitif olan bir çekirdek bulunuyordu ve bu çekirdeğin etrafı negatif yüklü bir dizi elektronla sarılıydı. Peki, bu atomların nasıl oluştuğunu hiç merak ettiniz mi?

Belki inanmayacaksınız ama yıldızların içinde oluştular. Yıldızların parlamasının sebebi, içlerinde muazzam büyüklükte bir nükleer tepkime olması, bu tepkime ile küçük çekirdeklerin kaynaşarak daha büyük çekirdekler oluşturması, bunun sonucunda büyük miktarda enerjinin ısı ve ışık halinde açığa çıkmasıdır. Yıldız ne kadar büyük olursa, oluşturabileceği çekirdekler de o kadar büyüktür. Çekirdek oluştuğunda, yapmanız gereken tek şey üzerine birkaç elektron serpmektir -bu işlem açıkçası oldukça sıradandır- bu sayede güzel, hayat dolu, elektrik yükü nötr olan, yepyeni ve anında işinize yarayacak bir atom elde edersiniz.

Görünüşe göre, Güneşimiz gibi yıldızlar aslında biraz küçük kalıyor. Yani ancak helyum gibi küçük türden atomlar üretebiliyorlar. Büyük yıldızlar, demir ve karbon gibi çok daha büyük atomlar üretebilir, bizler bu tür atomlardan meydana geliyoruz. Öyleyse bu büyük atomlar nasıl oluyor da bir yıldızın içinden çıkıp bedenimize giriyor?

Cevap şöyle; büyük yıldızların yaşam döngüsü, Oasis grubunun gitaristi Noel Gallagher'ın süpernova adını verdiği büyük bir patlamayla sona erer; bu patlama sonucunda ortaya çıkan kalıntılar galaksinin dört bir yanına saçılır. Bu kalıntılar milyarlarca yıl içinde yerçekimine bağlı olarak yavaş yavaş kümelenir ve bazen yeni yıldızlar, bazen de gezegenler oluşturur. Bu gezegenlerde koşulların elverişli olması halinde yaşam ortaya çıkabilir.

Başka bir deyişle, vücudumuzu oluşturan atomlar milyarlarca yıl önce gerçek, özbeöz, % 100 yıldızların göbeğinde şekillenmiştir. Bu yıldızlar daha sonra gerçekten büyük patlamalarla dağılmış, ortaya çıkan kalıntılardan gezegenler oluşmuş ve bizim

gezegenimizde hayat başlamıştır. Ardından popüler müzikte yaşanan olağanüstü durgun bir dönem yüzünden Simon Cowell ortaya çıkmıştır. İşte bilim budur. Heybetlidir, gösterişlidir ve -bugüne dek gerçekleştirebildiğimiz tüm deneylere göre- doğrudur. Şu ana dek anlattıklarım ilginizi çektiyse, bu kitap tam size göre.

BAY BAILEY

Fen bilimlerinin yanı sıra sanatı da her zaman sevmişimdir ve bu iki branşın eğitimdeki tuhaf bir tür ayrımcılık nedeniyle birbirinden ayrılmasını daima garip bulmuşumdur. Bu konu hakkında şu an hangi noktada bulunduğumuzu genellemeniz istenseydi (zaten bu tür bir kitap başka ne halta yarar ki?), sanatın aristokratik, muhafazakâr, kralcı bir havaya sahip olduğunu, fen bilimlerinin ise bir bütün olarak ele alındığında daha eşitlikçi, dobra ve Püriten göründüğünü söylerdiniz. Görünüşe göre kendimizi bu kültürel kulvarların ya bir tarafında, ya da diğerinde buluyor; ya züppe, eften püften yaratıcı tipler olarak ya da avam, yanına yaklaşılmaz, sosyalleşme özürlü inekler şeklinde yaftalanıyoruz.

Herhalde bu ayrımın oldukça modern bir icat olduğunu söylememe gerek yok. Öncelikle hiçbir kral, seve seve yeniden tahta geçirilmiş, züppeler züppesi Charles II kadar bilime düşkün değildi; buna karşılık, Oliver Cromwell'den bir kurbağayı keserek incelemesini veya meteoroloji balonunu faaliyete geçirmesini hiç ama hiç ummazsınız. Yine de, tüm eğitim sistemi hepimizin ya sanatçı ya da bilimadamı olarak doğduğuna dair çağdaş efsaneyi benimsemiş görünüyor.

Gerçekten biri haiku yazmak için ideal, diğeri kimya setiyle

oyalanmak için yaratılmış iki tip insan zekâsı olabilir mi? Bilim neden az sayıda insan için tutku haline gelirken, çok daha fazlası için esrarını koruyor?

Bence bu büyük ölçüde bilimle yaşadığınız ilk deneyimlere dayanıyor; ben doğa felsefesi alanında görüp görebileceğiniz en iyi öğretmenlerden birine sahip olduğum için inanılmaz derecede şanslıydım. Adı Bay Bailey'di ve Willaston County İlkokulu'nda bana ve küçük sınıf arkadaşlarıma öğrettikleri, tüm yetişkinlik hayatım boyunca bana eşlik etti. İzin verirseniz, size öğretmenimin etkisi altında nasıl fen bilimleri eğitimi almaya başladığımı kısaca anlatayım.

İlk birkaç yılımı geçirdiğim Willaston köyüyle ilgili söylenecek pek bir şey yok. Köyde görünüşe göre hepsi gazete satan yaklaşık yarım düzine mağaza; yerel eğlencenin aslan payını oluşturan bir demiryolu hemzemin geçidi; nesiller boyunca çocukların kırık dişlerinin asfalta gömülüp durduğu birkaç beton oyun alanı ve içinde bizim de bulunduğumuz yüzlerce genç ailenin Cheshire konut merdiveninin en alt basamağına tutunduğu büyük bir toplu konut sitesi bulunuyordu.

Willaston County İlkokulu, kısa bir süre önce bu basmakalıp, çarpık konutlar için hizmet vermek üzere inşa edilmiş, "modern" bir yapıydı -1971'de "modern" sözcüğünün anlamı binanın çatısının düz olmasından ibaretti. Henüz tam olarak anlayamadıysanız, size ülkenin herhangi bir yerinde bulunabilecek, dikkate değer hiçbir özelliği olmayan, tamamen sıradan bir devlet okulunu tasvir etmeye çalışıyorum. Bunun dışında, kendi adıma Willaston County İlkokulu'nun sınıflarında olup bitenler kesinlikle sıradan değildi ve bunun başlıca sorumlusu alışılmadık müdür yardımcımızdı.

Bay Bailey diğer öğretmenlere hiç benzemezdi. Jilet gibi giyinen, ince ve uzun, gümüş saçlı ve düzgün bıyıklı Bay Bailey, Basil

Brush'ın[2] sağ yanını andıran düzgün bir çehreye sahipti. Coşkusu sınır tanımıyordu, eğitim gezilerine bayılırdı ve kısa hikâyeler anlatmak için hiçbir fırsatı kaçırmazdı. Ancak tutkuyla bağlandığı onca şeyin arasında, biri özellikle öne çıkardı: Matematik.

Matematik, derdi Bay Bailey, British Bulldog[3] oyunuyla birlikte görüp görebileceğiniz en eğlenceli şeydir. Bizi ilk olarak taban sayıları ile tanıştırmıştı. Aranızda matematikçi olmayanlar taban sayıları hakkında hiçbir şey bilmediğini düşünebilir -fakat tabii ki biliyorsunuz. Aslında, bunlardan birinde tam anlamıyla uzmansınız: Ondalık taban. Bay Bailey'nin açıkladığı gibi, 10'a kadar ve daha sonra 10'un katları şeklinde saymamızın sebebi, 10 parmağımız olmasıdır. Ancak Bay Bailey "Neden burada duralım ki?" diye sormuştu. Eğlence olsun diye, Mickey Mouse gibi yalnızca sekiz parmağımız olduğunu düşünüp sekizlik tabanda sayalım mı? Neden 16'lık tabanda saymıyoruz ki?

Böylece sayılarla henüz ilk tanışmamızda, onları oyuncak olarak görmeye özendirilmiştik. Doğrusu, Bay Bailey'nin anaokulumuz için hazırladığı tahta bloklar şeklindeki ev yapımı sayı tabanı setleri, en az Lego ve kum havuzu kadar popülerdi. Bay Bailey'ye göre sayılar katlanmak zorunda olduğumuz bir düşmandan ziyade, eğlence demekti. O zamanlar bilmesi mümkün değildi ama sayı tabanları hakkındaki bilgiler, bilgisayarları ikilik tabanda, ya da bugünkü deyişimizle dijital olarak çalışacak şekilde tasarlanmış bir neslin çocukları için oldukça faydalı olacaktı.

Bay Bailey'nin sınıflarından birinde okuyan çocuklar için, tablo ehliyetini alacak kapasiteye eriştiğiniz gün, ergenliğe geçmiş sayılıyordunuz. Tıpkı ehliyet sınavına benzeyen bu testte, iki sandalye yan yana konuyordu. "Müfettiş", yani sınıf arkadaşlarınızdan biri yanınıza oturuyor ve size çarpım tablolarından

2 İngiliz çocuk programlarında yer alan bir kukla karakteri. (ç.n.)

3 Çocukların oyun alanında ebelenmeden bir uçtan diğer uca koşmasına dayanan İngiliz çocuk oyunu. (ç.n.)

sorular soruyordu. Hepsini doğru yanıtlayıp sınavı "geçerseniz", ufak çaplı gerçek bir tören düzenleniyordu; bu törende resmi görünümlü bir kitapçık karşılıklı imzalanıyor, fotoğrafınız gelişigüzel bir şekilde kapağa yapıştırılıyordu. Küçük etikette "Aşağıda imzası bulunan Ben Miller, işburada Philip Buckley tarafından sınava tabi tutulmuştur ve birler ile 13'ler arasındaki tablolarda yeterli bilgiye sahip olduğu görülmüş olup, bu tarihten itibaren söz konusu tabloları uygun gördüğü yerlerde ömürboyu kullanım hakkına sahiptir" yazıyordu. Bay Bailey arada bir rastgele kontrol yapardı.

"Affedersiniz, küçük bey. Görüyorum ki çarpma işlemi yapıyorsunuz. Tablo ehliyetiniz var mı?"

Ardından öğrenci telaşla bu hayati belgeyi aramaya koyulurdu. "İşte burada efendim!"

Bay Bailey belgeyi tıpkı titiz bir sınır muhafızı gibi incelerdi. "Çok güzel! Devam edebilirsiniz."

Bay Bailey'nin en sevdiği mihenk taşlarından biri, sayılarla arası iyi olanların anlaşılması güç, vurdumduymaz tavrıydı. "Matematikçiler" derdi Bay Bailey, "tembeldir." Onun gözünden bakarsak, aritmetik işinde bitmek bilmeyen sayıları toplamakla uğraşmak mümkün değildir, o yüzden sayılar çarpılır. Neticede, 11'ler çarpım tablosunu kullanarak -elbette gerekli belgeye sahip olmanız şartıyla- cevabı anında bulmak varken, kim dört tane 11'i toplamak ister ki? Peki, yalnızca ilk 13 için hazırlanan tabloları öğrenerek kurtulmak varken, tüm sayılar için çarpım tablolarını öğrenmeye ne gerek var? Ayrıca, yetişkin matematikçilerin tembellikleri yüzünden hazır toplamları veren cevaplarla dolu kitaplar yayınlayıp, bunlara logaritma tabloları adını verdiğini duymadık mı?

Willaston County İlkokulu, Malbank Ortaokulu'na öğrenci gönderen yaklaşık bir düzine besleyici okuldan biriydi. Malbank, yakın mesafedeki Nantwich'te yer alan bir meslek orta-

okuluydu, ben O ve A seviyesi derecelerimi[4] burada almıştım. Biz, öğrencilerin yeteneğe göre gruplandırıldığı bir ortaokulda okuyorduk. Burada merak ettiğim nokta şu: Matematik, fen bilimleri veya başka bir alanda doğuştan geldiğini düşündüğümüz yeterliliğin ne kadarlık bir kısmı, sadece olağanüstü yeteneğe sahip bir ilkokul öğretmenine rastlayıp rastlamamamıza dayanıyor? Ziyadesiyle zor bir dizi testin, değerlendirmenin ve bilek güreşi turnuvalarının ardından matematikte en üst gruba yerleştirildim. Toplamda aşağı yukarı 35 kişiydik. Arkadaş edinmem zor olmadı; sınıftaki çocukların neredeyse hepsi Willaston'dan geliyordu. Tabii ki hepsinin öğretmeni Bay Bailey'ydi.

AYLAK

Şimdi geriye dönüp baktığımda, fen bilimleri okumayı seçmemin başlıca nedenlerinden biri tembellikti. Sonuçta örneğin kütleçekim kuvveti ile ilgili sorular aşağı yukarı birbirine benzer; birkaç genel prensibi biliyorsanız hemen çözmeye koyulabilirsiniz. En önemlisi, kimse sizden hiçbir şey hatırlamanızı beklemez; günümüzde formülleri bile sınav kâğıdının üzerine basıyorlar, böylece bunları kırılmaz cetvelinize kazıma zahmetinden kurtuluyorsunuz. Elbette sözlerim sanat dalları için geçerli değil. Nihayet altıncı sınıfa geldiğimde İngilizce, Tarih ve Fransızca derslerinde A seviyesine kayıt yaptırdım ve hayatımın şokunu yaşadım. Herkes tarihten ders çıkarmamız gerektiğinden bahseder, ancak hepimiz bunun biraz da olsa bize satılan içi boş bir söylem olduğunu biliriz; A seviyesine kaydolduğunuzda, gözlerinizi eşleştirmeniz gereken tarihler, dönemler ve

4 GCE (Genel Eğitim Sertifikası) sınavında O derecesi öğrencinin "geçer düzeyde", A derecesi ise "gelişmiş düzeyde" olduğunu gösterir. (ç.n.)

mekânların cirit attığı gelişigüzel olaylarla dolu dört milenyumun yanlış ucuna diktiğinizi fark edersiniz. Açıkçası tarihte ne bir şekil ne de formül var; daha da kötüsü, İngiltere krallarının yarısı aynı lanet isme sahip. Buna bir de İngilizce okuma listesindeki Matterhorn Dağı gibi yığılmış romanları ve Fransızca'daki düzensiz fiillerden yayılan salgını eklediğinizde oracıkta işinizi bırakıp gidesiniz gelir.

Anlayacağınız, arkama bile bakmadan sıvışarak bilim dünyasına dönüp matematik, fizik ve kimyanın merhametine sığındım. Elbette kürkçü dükkânına dönmemin bir diğer sebebi de, akademik düzeyde beni bekleyen ganimetlerdi. İngiliz edebiyatı okuyan bir üniversite öğrencisinin sıkıntılarını gayet iyi biliyordum; babam daha sonra Birmingham Polytechnic (Birmingham Politeknik) adını alan okulda İngiliz edebiyatı öğretmeniydi ve onun derslerine o kadar çok katıldım ki, tüm vaktin *Fanny Hill*'i[5] sesli okumakla geçmediğini öğrendim. Aslında, bu okulun sularında açıldıkça konunun karakter ve hikâyeden gitgide uzaklaştığını ve başka bir şeye, aslında karakter ve hikâyeden başka her şeye dönüştüğünü fark etmiştim: Sosyoloji, feminizm, Marksizm -adını siz koyun.

Öte yandan, bilim alanında aldığımız A seviyelerinin angarya olduğunu ve asıl sürprizlerin bunun ötesinde yattığını bilirdik -mesela İzafiyet ve Kuantum Teorisi gibi akıl almaz muhteşemlikleri düşünün. Tıpkı benim gibi sizin de evi geçindirmek için ciddi bir işte çalışmak zorunda kalacağınız anı mümkün olduğunca ertelemekten başka bir stratejiniz olmasaydı, bilim alanında akademik derece yapma olasılığı gerçekten de çok cazip gelirdi. Hatta benim için bilim alanında derece aslında fizik alanında derece anlamına geliyordu. Ve fizik eğitimi almak istiyorsanız, bunun için tek bir adres vardı: Cambridge.

5 *Fanny Hill: Bir Zevk Kadınının Anıları* ismiyle yayınlanan erotik bir John Cleland romanı. (ç.n.)

Neden Cambridge? Açıkçası, bu soru bir müzik grubuna albümlerini neden Abbey Road'da kaydettiklerini sormaya benziyor. Simon & Garfunkel için Madison Square Garden neyse, fizik için Cambridge o. Isaac Newton optik, hareket ve kütleçekim teorilerini Cambridge'de formülleştirmiş, ayrıca modern fizikteki neredeyse tüm denklemlerin kalbinde yatan matematik aracı kalkülüsü de burada keşfetmişti. Meşhur fizik laboratuarı Cavendish, Newton ve Einstein'ın ardından -tartışmaya açık olmakla birlikte- dünyanın en etkileyici fizikçisi olarak görülen ve elektrik, manyetizma ve ışık arasındaki bağlantıyı keşfeden ilk isim olan James Clerk Maxwell tarafından burada kurulmuştu. 1985'te sivilceli bir ergen için daha da önemlisi Stephen Hawking'in o sıralar Cambridge'de yaşamasıydı.

Henüz altıncı sınıftayken, Hawking ve karadelikler üzerine yaptığı çalışmayla ilgili bir BBC belgeseli izlemiştim ve Tanrı'ya benzeyen bu şahısla aynı çatı altında; hatta bırakın aynı çatıyı, aynı şehirde eğitim görme imkânı bulabileceğimi düşünmek benim için hayalden de öteydi. O günlerde, Hawking bir zamanlar Isaac Newton'a ait olan Lucasian Matematik Kürsüsü'nde ders veriyordu ve şöhreti gitgide yayılıyordu. Çok satan kitabı *A Brief History of Time / Zamanın Kısa Tarihi*'ni yayınlamak üzereydi ve Genel İzafiyet'i kuantum mekaniğiyle birleştirerek güncellemede olağanüstü ilerleme kaydetmişti; bu başarısı ve motor nöron hastalığına karşı verdiği mücadele sayesinde medyada sık sık öne çıkan bir isim haline gelmişti. İzlediğim belgeselde, Hawking genç lisansüstü öğrencilerinden oluşan kalabalık bir grupla yakından çalışıyor, insan bilgisinin vardığı en uç noktadaki teoriler üzerinde birlikte kafa yorduğu öğrencilerine tatlı dille yaklaşıyor ve ilham veriyordu. Benim geleceğim de böyle olabilir miydi?

Stephen Hawking'in sağ kollarından biri olup, Evren hakkındaki en derin gizemleri çözmesine yardım edebilecek miydim?

ŞANS BENDEN YANA

Cambridge mülakatı hafife alınmamalı. Ben iki mülakata girdim. Birincisinde okula kabulden sorumlu, oldukça cana yakın bir öğretmen olan Dr Carl Baron'la görüştüm. Olağanüstü parlak A seviyesi sonuçlarıma bakarak, neden tıp veya veterinerlik eğitimi almak istemediğimi sordu. Sanırım o sırada başka birinin başvuru formuna bakıyordu; çünkü A'lar, B'ler ve C'lerin kol gezdiği, çorbaya dönmüş formuma göre kiropraktör olursam şanslı sayılırdım. Fiziği ne kadar sevdiğime ve kan gördüğüm anda büyük ihtimalle dayanamayıp kusacağıma dair birkaç şey geveledim.

Akademik mülakatım, en hafif tabiriyle ıska geçmişti. Meğer Cambridge'de fizik eğitimi almak, daha doğrusu tek bir bilim dalında eğitim almak mümkün değilmiş. Herkes, son senesinde uzmanlaşmadan önce birden fazla bilim dalında geniş bir temel eğitim almak için, Doğa Bilimleri adı verilen muazzam büyüklükteki derleme derse başvuruyordu. Ben fizikte ısrarcı olduğumdan, ikinci mülakatta fizikçi Dr John Shakeshaft ve kimyager Dr Paul Raithby ile görüştüm. Mülakat hiç iyi başlamadı. Dr Shakeshaft bana Newton'un ikinci kanunu hakkında çok basit bir soru sordu, ancak stres altında panikleyince aklıma gelen ilk şeyi söyledim: "Biz okulda bunu işlemedik." Cevabım, Vidal Sassoon kuaför salonunda saç şampuanlamayı öğrenmemiş olmaktan farksızdı. Dr Shakeshaft şansını yeniden deneyerek elektromanyetizma ile ilgili bir soru sordu; bunu da daha önce hiç duymadığımı iddia ettim. Artık sabrının tükendiğini düşündüğüm Paul Raithby, cebinden iki nesne çıkarıp masanın üstüne koyarak önüme doğru itti: Bir squash topu ve bir parça sert plastik. Şöyle dedi: "Sana bu iki nesnenin aynı kimyasal bileşime sahip olduğunu söylesem..."

Donup kalmıştım. Şansıma inanamıyordum. O sabah Cheshire'dan trenle gelirken Oxbridge mülakatının nasıl geçilebileceğini öğreten hızlandırılmış bir kurs kitabı okuyordum ve

bu sorunun tıpatıp aynısı karşıma çıkmıştı. Cevap tamamen moleküler yapıyla ilgiliydi: Squash topunda moleküller uzun, ince ve esnek olup gevşek bir şekilde kümelenmişti; sert plastikte ise moleküller sıkı bir örgü şeklinde dizilmişti.

Duraksadım. Sabah okuduğum cevabı verirsem, hile yapmış olur muydum? Dışarıda, buz gibi koridorda, yarım düzine kadar 18 yaşında, umut dolu genç bekliyor, hepsi akademi dünyasında şöhret kazanma şansı için dua ediyordu. Hepimiz eşit bir oyun sahasını hak etmiyor muyduk?

Kendimi "İtiraf etmem gerek" derken buldum. Sessizlik. Gözlerimi kırpıştırdım. "Biz okulda bunu işlemedik." Korkusuzca Paul Raithby'ın gözlerinin içine baktım. "Ama şansımı denemek istiyorum..."

Birkaç hafta sonra gelen mektupta, kabul edildiğim yazıyordu. Hayatımda hiç o kadar heyecanlanmamıştım; geceler boyu mektubu yastığımın altından çıkarmadan uyudum. Hayatım boyunca hayalini kurduğum hedefi gerçekleştirmiştim: Cambridge'de fizik okumaya hak kazanmıştım.

Aslında yanılmışım; meğer Cambridge'de kimya okumaya hak kazanmışım. İş başındaki ilk günümde, hedeflerimin yeni okulum St Catharine's Koleji'nin hedefleriyle pek uyuşmadığını fark ettim. John Shakeshaft'ın yanına giderek uzmanlaşmak istediğim asıl alanı söyledim. "Gerçekten mi?" diye sordu şaşırarak. "Ama kimya sorusuna çok zekice bir cevap vermiştiniz. Korkarım Paul sizi öğrencisi olarak kabul etmeyecektir!" Bölümümü değiştirmek için yalvardım. "Ama siz momentumun ne olduğunu bile bilmiyordunuz." "Talihsiz bir gündü" diye açıkladım. Newton fiziği için yaşadığımı anlattım. "Çok güzel" dedi iç çekerek. "Aramıza hoş geldiniz." Ben kapının eşiğine gelene dek kafasını kaldırmamıştı. "Bay Miller?" Kalbimde büyük bir umutla arkamı döndüm. Acaba burs vermeyi mi teklif edecekti? "Size okulda *tam olarak* ne öğrettiler?"

İLGİNÇ ŞEYLER

Doğa Bilimleri eğitimi hayatımda gördüğüm en zor, fakat şüphesiz ki en faydalı şeylerden biriydi. Stephen Hawking, Richard Feynman ve Karl Popper'ın derslerine katılma ve günümüzün en önemli bilimadamlarından birkaçıyla çalışma şansı buldum. Ders ilerledikçe, Einstein'ın ünlü $E=mc^2$ denklemiyle maddenin bir çeşit enerji olduğunu öne sürdüğü Özel Görelilik Teorisi yüzünden kendimizi derin kuyuların ta en dibinde bulduk; bu teori CERN'deki yepyeni Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'nı anlatan gelecek bölümde oyuna dâhil olacak. Tek bir damlası orta ölçekli bir semt tiyatrosundaki tüm izleyicileri öldürmeye yeterli olacak ölümcül zehirler sentezledik. Yıldızların ve galaksilerin nasıl oluştuğunu (daha fazla bilgi için bkz. Bölüm 3), ayrıca volkanların, depremlerin ve küresel ısınmanın nedenlerini (bkz. Bölüm 7) öğrendik. Bu kitapta sizinle küçük bir hazine niteliğindeki bilgileri, yani bilim dünyasının en önemli isimlerinden oluşan naçizane karışık kasetimi paylaşmak istiyorum. Eklektik bir seçim yaptım. İçinde elbette coşturan isimler de var, hep daha fazla ilgiyi hak ettiğini düşündüğüm bir iki unutulmuş albüm parçası da -fakat bu parçaların istisnasız hepsi gerçek anlamda birer klasik.

Bu arada, dipnotlarla ilgili kısa bir açıklama yapayım. Kendimi tutamayıp, devamlı birkaç küçük ayrıntı daha ekliyorum ve kitabın akışını bozmak yerine bunları genelde dipnot olarak yerleştiriyorum. Bazen matematik işlemleriyle oynayabileceğim bir kum havuzu görevi görüyor, bazen de anekdot anlatmam için yer açıyorlar; bu kitabın dipnotlarla da, onlar olmadan da keyifle okunabileceğini umuyorum, dolayısıyla istediğiniz kadar dalıp çıkabilirsiniz. Ve kitap ne hakkında diye sorarsanız, tamamen zevk için, bilimin keyfini dilediğiniz gibi çıkarmanız için derim.

YENİ KUANTUM ETKİLERİ

Üniversitede tüm zamanımı çalışarak geçirdiğimi düşünmenizi istemem; bu korkunç bir israf olurdu. Okulumun Eğlence Sorumlusu olarak son derece keyifli bir yıl geçirdim, Second XI (İkinci 11) futbol takımında top koşturdum ve ancak üç beş kuruşluk Lager birası olarak tanımlayabileceğim o acayip içecekten dünya kadar tükettim. Hatta öğrenci birliğini disko topu alması için teşvik etmeyi başardığım bile oldu; yakın zamanda katıldığım bir mezunlar günü toplantısında, o topun hâlâ eski üniversitemin barını şereflendirdiğini görünce gerçekten çok sevinmiştim. Size pek havalı görünmeyebilir ama ben okuduğum bölüme tapıyordum ve en mutlu günlerimin bir kısmını kütüphanede, etrafımı saran kitaplarla köşeme çekilerek ya da derslerde, kitabı yazanların her bir kelimesini en küçük ayrıntısına kadar inceleyerek geçirdim. Şansıma inanamıyordum. Final dönemi geldiğinde, geleceğimin akademik fizik alanında yattığından emindim; bu durumda doktora eğitimine başlamak için en ideal yer Cavendish Laboratuarı'ndan başkası olamazdı.

Kaydolduğum doktora programı inanılmaz derecede keyifliydi; aslına bakarsanız, 1988'de karşınıza çıkabilecek en makul doktora programlarından biriydi. Profesör Mike Pepper, 10 yıl önce Semiconductor Physics Group'u (Yarı İletken Fizik Grubu) kurmuş ve bu grup büyüyerek dünyada kendi alanındaki en büyüklerden biri haline gelmişti; bünyesinde 100'e yakın yüksek lisans öğrencisi çalışıyordu. Grupta son derece yüksek kaliteli kristaller üretebilen Moleküler Işın Epitaksi Makinesi adlı bir cihazın yanı sıra düşük sıcaklıkta çalışan buzdolapları, Mutlak Sıfır noktasından binlerce derece yüksek sıcaklıklara ulaşabilen sıvı helyumla doldurulmuş, muazzam büyüklükte termoslar bulunuyordu.[6]

6 Sıcaklık, gündelik yaşamda oldukça basit görünen eğlenceli kavramlardan biridir, ancak detaylı olarak baktığınızda epeyce tuhaflaşır. Bildiğimiz kadarıyla, bir şeyin

Sıra geldi yarı iletken fiziğe. Pek çok insan iletkenin ve yalıtkanın ne olduğunu iyi bilir, fakat şu soruyu sorduğunuzu duyabiliyorum: Yarı iletken nedir? İletken, elektrik akımının kolayca geçebildiği cisimdir; mesela bakır tel. Yalıtkan ise elektrik akımının geçmeyeceği, örneğin plastik gibi bir cisimdir, işte bu nedenle bakır teli kaplamak için plastik kullanırız, çünkü plastik kaplamaya dokunduğumuzda elektrik çarpmayacağını biliriz.

Tahmin edebileceğiniz gibi, yarı iletken, elektriği bir miktar ileten cisimdir; ne iletken kadar çok, ne de yalıtkan kadar az iletir. En çok bilinen yarı iletken madde; kum, cam ve kuvarsın temel bileşeni olan silikondur ve elektronik cihazların büyük bir kısmının özünü oluşturur. San Francisco şehrindeki Santa Clara Vadisi bölgesine verilen "Silikon Vadisi" lakabını duymuşsunuzdur; buradaki elektronik çip üreticilerinin sayısından ötürü bölge bu ismi almıştır. Silikonun popüler bir alternatifi galyumdur; katıldığım grup devamlı çok saf galyum kristalleri üretiyor, elektriği iletme düzeylerini değiştirmek için farklı miktarlarda kimyasal katkı maddeleri ekliyor ve bunları sandviç şeklinde birleştiriyordu.

Bu işlemi doğru yaparsanız, sandviç haline getirilmiş iki kristalin arasındaki yüzeyde iki boyutlu bir elektron gazı ortaya çıkar; burada sıcaklığı yeterince düşük tutabilirseniz, elektronların ortalama erkin yolu -herhangi bir şeye çarpmadan önce katettikleri ortalama mesafe- oldukça yüksek olup, bir milimetrenin binde biri civarına ulaşır (bu sayının kulağa aşırı derecede küçük geldiğinin farkındayım, ancak bir elektronun bakır gibi bir metal

---

ısınma sınırı olmamakla birlikte, soğuma sınırı vardır -bunun sebebi, belli bir noktada, ısıyı yok edilebilecek en küçük parçacığa kadar ortadan kaldırmış olmanızdır. Bu sıcaklığa Mutlak Sıfır adını veriyoruz ve yaklaşık -273°C'de ortaya çıkıyor. Bu gelişigüzel sayının bizim için yeterli olması mümkün görünmese de, Celsius ölçeğini *icat ettiğimiz dönemde, donma noktası* 0°C ve kaynama noktası 100°C olan suyun sıcaklık aralığını düzgün bir şekilde açıklamanın yolunu arıyorduk. Bundan daha büyük sıcaklık değişkenleriyle uğraşmak gerektiğinde, genellikle Kelvin (K) ölçeği kullanılır; bu ölçekte Mutlak Sıfır = 0 K ve 0°C tahmin edebileceğiniz üzere 273 K'dir. Örneğin Güneş'in yüzey sıcaklığı aşağı yukarı 10.000 K'dir.

içinde katettiği ortalama mesafe yaklaşık 100 kat daha kısadır). Doktora eğitimimin bir parçası da ufacık galyum arsenit parçacıklarının üzerine minik altın kalıplar yapmaktı; altın kalıplara değişken bir güç kaynağı ile elektrik yüklediğimde, altta kalan elektron gazında küçük kalıplar oluşturabiliyordum.

Üretmeye en meraklı olduğum kalıp noktaydı, şöyle ki elektron gibi çok küçük cisimleri çok küçük kutulara yerleştirdiğinizde tuhaf şeyler olmaya başlar; aslına bakarsanız, nesnelerin günlük hayattaki davranışlarıyla hiçbir alakası olmayan, tamamen yeni bir davranış tablosu görmeye başlarsınız. İşte kuantum mekaniğinin tuhaf dünyası budur; bir sonraki bölümde bu konuyla ilgili çok daha fazlasını öğreneceğiz. Deneyi yürütmek epeyce uzun bir süreçti; bir çipi Mutlak Sıfır noktasına yaklaşana dek soğutmak tüm günümü alabiliyordu ve genellikle işlem sırasında nokta kalıbım zarar görüyordu. Deneyler sıklıkla gece boyunca sürüyordu.

Çoğu akşamlar uyku tulumum ve bir yığın peynirli sandviç eşliğinde kamp kuruyor, korkunç derecede sessiz bir ortamda kuantum davranışını ilk elden izliyor, bekliyor ve çok nadiren de olsa görüyordum.[7]

ABSÜRT ÇOĞUL ŞAHISLAR

Bu kitabın ne işe yarayacağına dair en kısa açıklamaya girişmeden önce, aklınızdan kesinkes geçmiş olan bir soruya değinmezsem olmaz. Bu kadar uzun bir süre büyük bir tutkuyla sevdiğim bilim alanında çalıştıktan sonra neden komedi skeçleri yapmaya yöneldim?

Kabul etmesi zor olsa da, yüksek lisansımın birinci yılının sonun-

7 Doktora tezimin konusu (maalesef tamamlayamadım) "Quasi-Sıfır Boyutlu Elektron Sistemlerinde Yeni Kuantum Etkileri"ydi. Şimdiye kadar tahmin edemediyseniz söyleyeyim; "quasi-sıfır boyutlu" kavramı "nokta" demenin süslü şekli oluyor.

da, tezimin konusuna karşı büyük bir tutku beslememe ve deneysel bilimci olarak muazzam bir yeterliliğe sahip olmama rağmen, hiçbir zaman Stephen Hawking'in araştırma grubunda yer alamayacağımı anlamaya başlamıştım. Başka bir deyişle, fizik alanında stüdyo müzisyenlerinden hiçbir farkım yoktu: Belki teknik yeterliliğe sahiptim ama asla albüm kapağında kendi yüzümü göremeyecektim. Lisans düzeyindeyken bu konuya hayranlığım bana yetiyordu -ancak yüksek lisans düzeyine geçince sürünün peşinden giden değil, sürüyü güden kişi olmam gerektiğini hissettim. İçimde bir yerlerde, doğru yolda olup olmadığımı merak etmeden duramıyordum. Başka bir alanda doğru dürüst deneyimim yoktu ve ne yapacağım hakkında en ufak bir fikre sahip değildim.

Derken, şans eseri 1989 yazında şehre bir sirk geldi.

Ulusal Öğrenci Drama Festivali, yıl boyunca ülkeyi dolaşan bir etkinlikti ve yeniden yola koyulmadan önce iki yıllığına İngiliz üniversitelerinden birinde konaklıyordu. Ekip 1989'da tası tarağı toplayıp Cambridge'e yerleşti ve tesadüfe bakın ki arkadaşım Carole-Anne Upton, festivali organize etme görevini üstlendi. Bu görev oldukça meşakkatliydi.

Carole-Anne, nazik ve cömert bir teklifle günlük 10 sterlin karşılığında jürinin şoförlüğünü yapma fırsatını sundu. Tahmin edersiniz ki o zamanlar pek teklif almıyordum ve bu fırsata balıklama atladım. İşin en büyük avantajlarından biri, festivaldeki atölye çalışmalarına katılabilmemdi. *My Mother Said I Never Should / Annemin Asla Yapma Dedikleri* kitabını kaleme alan oyun yazarı Charlotte Keatley, yazarlık derslerinden birine giriyordu. Derken, oldukça tuhaf bir gün kendimi tüm öğle vakti boyunca oturup skeç yazarken, bu skecin birkaç aktör tarafından canlandırılışını ve seyircilerin gülmekten yerlere yatışını izlerken buldum. Hayatımda hiç bu kadar heyecanlanmamıştım ve devamını getirmek istedim.

Meğer Charlotte, St John's Koleji'nde ihtisas yapıyormuş ve

öğrenciler için bir yazarlık grubu kurmuş. Festival sona erdiğinde beni gruba davet etti. Benim haricimde herkes hayat mücadelesi ve engeller hakkında bayağı ciddi oyunlar yazıyordu; ben ise ortamı rahatlatmaktan sorumluydum ve grup için skeçlerimi canlandırmaya başladım. Yavaş yavaş kafamda "Belki bir gün, bir yerlerde bu işin geleceği vardır" fikri oluşmaya başladı.

Ertesi yılın sonunda, üniversitenin skeç topluluğu Footlights'a yazar olarak katıldım ve ana gösteri olan yaz turnesine yazar-oyuncu olarak seçildim. Gösterinin adı *Absurd Persons Plural (Absürt Çoğul Şahıslar)*'dı ve Cambridge'deki Arts Theatre'da oynarken Griff Rhys Jones ziyaretimize gelmişti. Oldukça hevesli ve destekleyici olan Jones, gösteriden bazı skeçleri satın almakla ilgilendiğini açıklamıştı; içlerinden bir iki tanesini ben yazmıştım. Sonra yavaştan *Smith and Jones (Smith ve Jones)* dizisi için yazmaya başladım ve hatta bir-iki bölümde küçük de olsa rol kapmayı başardım.

Araştırma grubu birbirine bağlı bir ekip olduğundan müfredat dışı faaliyetlerim iş arkadaşlarımdan birkaçının kaşlarını kaldırmasına sebep olmuştu. O zamanlar, yani 90'ların başında cep telefonu henüz yaygın değildi. Bölüm ofisine çağrılıp telefonda menajerimin beklediği söylenince durum biraz utanç verici olmaya başladı. Arthur Smith'in Edinburgh Fringe'de bir aylığına sergilenecek komedi oyunu *Trench Kiss*'te Caroline Quentin ile birlikte tam zamanlı olarak işe alındığımda karar verme zamanının gelip çattığını anlamıştım. Sonuçta hangi kariyeri seçersem seçeyim bilimin verdiği keyif beni daima hazır bekleyecekti, çünkü bilimin eğlenceli yanı herkese açıktır -bu kitapla kanıtlandığını düşündüğüm üzere. Fakat komedi fırsatı hayatta ikinci kez kapınızı çalmayabilir.

Akademik fonların durumunu kestirmek mümkün olmadığından ve bir öğrencinin okula bildirimde bulunmadan ayrılması gelecek sene yapacağı burs başvurusu açısından iyi gözükmeyeceği için, doktorayı bırakmak gerçekten büyük bir meseleydi.

Ama 25 yaşındaydım ve hercai gösteri dünyasında yer bulmak istiyorsam yaşım ilerlemeden bu işe koyulmalıydım, üstelik tezimin tamamlanmasına daha en az 18 ay vardı. Zorluklara göğüs germeye karar vererek Profesör Pepper'a kötü haberi ilettim: Yarı İletken Fiziği Grubu'ndan ayrılacak ve komedi dünyasında şansımı deneyecektim.

Hangimizin daha fazla rahatladığından emin değilim. "Aferin" dedi profesör, Cheshire Kedisi gibi gözleri sevinçle parlayarak. "Whose Line is it Anyway? adlı gösteriyi izledin mi? Piyano çalan delikanlı, yani Richard Vranch, öğrencilerimden biriydi. Laboratuara gelirken smokin ceketi giyerdi. Onun gelişiyle ortam neşelenirdi. Richard'a rastlarsan, selamlarımı ilet."[8]

İşte o an doğru kararı verip vermediğime dair içimdeki en ufak şüphe dahi kaybolmuş, ihtiyacım olan onayı almıştım. O yaz Footlights'ın *Cambridge Underground* turnesini yönettim; bu turne de tıpkı bir önceki yıl sergilenen *Absurd Persons Plural* gibi Cambridge Arts Theatre'da oynadı. Açılış gecesi en ön sıranın tam ortasında, gelmiş geçmiş en büyük kahramanım Profesör Stephen Hawking oturuyordu. Görünüşe bakılırsa gösteriden gayet keyif alıyordu. İnsan bilgisinin sınırlarını zorlamasına yardım edememiş olabilirim, ama en azından onu kahkahalara boğmayı başardım.

BİLİMLE AŞK MACERASI

Bilimin büyük bir hayranıyım, fakat hiçbir işime yaramayan koca bir kısmının da olduğunu itiraf eden ilk kişi olayım. Beni heyecanlandıran ve sizi de heyecanlandırdığını düşündüğüm kısım

8 Bu arada, Richard Vranch benim aksime doktorasını tamamladı. Sırf hava atmak için.

işin şaşaalı yanı: DNA, karadelikler, uzaylılar ve Evren'in sonu. Dolayısıyla bu kitap, bilimsel kitaplarda çok nadir görülen bir noktaya el atacak: Pizzanın üstündeki malzemeleri yiyip hamurunu bırakacağız. Hamurdan kastım, laboratuarlarda kullanılan kâğıt şeritli zamanlayıcılar (bilmiyorsanız hiç sormayın), ozmoz (biyoloji öğretmenlerinin ozmozla ne alıp veremediği var?) ve akmaz göller (sanırım bununla bir tek ben ilgileniyorum). Detayların arasında kaybolmayacağız, tabii detay zevk vermiyorsa. Geniş kapsamlı konuşacağız.

Çılgınlar gibi eğleneceğiz. Bilimle aranızdaki aşk yüzünden gözleriniz öylesine kör olacak ki birbirinizin kusurlarını görmeyeceksiniz. Vahşi, tutkulu bir macera yaşayacaksınız.

Bu heyecan dolu yeni ilişkiye başlarken, daha önce bir nevi hüsrana uğradığınızı biliyorum. Bilim geçmişte kalbinizi kırdı. Tabii ilk zamanlardan bahsetmiyorum. Çocukken bilimle birbirinize tapıyordunuz. Neticede hangi çocuk Ay'a ve yıldızlara hayretle bakakalmaz, Bilim Müzesi'nde elinin uzanabildiği tüm düğmelere korkusuzca basmaz ki? Ancak yaşınız ilerledikçe, ilişkinizi yürütmek zorlaştı. Köprü kurma çabalarınıza rağmen, bilim aklınızı karıştırdı, size üstünlük tasladı ya da en fenası, içinizi bayılttı. Bu sırada, sanat -havalı çapkınlık numaralarıyla- hiç utanmadan aklınızı çeldi. Muhtemelen akranlarınız da baskı yapıyordu; ergenler için bu tür baskıları gözardı etmek güç olabilir. Bilim, diye kikirdedi arkadaşlarınız, "hiç havalı değil". Tüm gücünüzle direnmeye çalıştınız. Belki de, eski zamanların hatırına, ilişkiyi yürütebilmek için son bir girişimde bulundunuz -mesela fen dersinden A aldınız- ve bir süreliğine o eski büyüyü yeniden yakaladınız. Fakat maalesef uzun sürmedi; üniversiteden sonra bağları kopardınız ve o günden sonra birbirinize yabancılaştınız.

Bilim size için adeta "yarım bırakılmış bir iş" demek.

Tabii bugünlerde eski göz ağrınızla hemen hemen hiçbir alakanız kalmadı. Muhtemelen gündelik yaşamınızda Higgs Bozo-

nu olarak da bilinen Tanrı parçacığının peşine düşmek pek aklınıza gelmiyor. Uzayda kaç Evren olursa olsun, yine de çocukların okula gitmesi ve faturaların ödenmesi gerekiyor. Yavaş yavaş karadeliğe düşüyor olsak da, olmasak da (bu arada, düşüyoruz) asılması gereken resimler ve postaneden alınması gereken koliler bitmiyor. Ancak ufak bir sorun var. Bir yanınız, bilim dünyasının bir zamanlar ne kadar heyecan verici olduğunu unutamıyor ve acaba, hani olur ya, eski dostunuzla son bir kaçamak yaşamaya değer mi diye merak ediyor.

Eh, size tam da bu konuda yardımcı olmak için buradayım.

Bilimle ilişkinizi yürütmeniz gerektiğini söyleyecek değilim; aman böyle düşünmeyin. Yaptığınız seçimlerin -omzunuza yüklenen sorumlulukların, kurduğunuz hayatın- kutsal olduğunu düşünüyorum. Ama bence ikiniz biraz da olsa, nasıl derler, birbirinizin tadını çıkarabilirdiniz. Bu yüzden -metaforu azıcık daha uzatmak pahasına- entelektüel anlamda konuşmam gerekirse, bu kitabı şehirdeki evimin yedek anahtarı olarak düşünün. Evim epeyce konforludur, buzdolabı da ağzına kadar dolu, üstelik ben hafta boyunca neredeyse hiç kullanmıyorum. Bilimle istediğiniz zaman uğrayabilirsiniz. Soran olursa, ikinizin sürekli gözümün önünde olduğuna, her akşam *a trois*[9] oturup altyazılı Doğu Avrupa filmleri izlediğimize ya da vaktimizi Vergilius'un orijinal Latince eserlerini okuyarak geçirdiğimize iki gözüm üstüne yemin edeceğim: İki seçenekten hangisi daha makul geliyorsa.

Gözlerinizde beliren anlık çekinceyi görüyorum. Lütfen kabalık ettiğimi düşünmeyin. Mutlu yuvanızı bozmaya niyetim yok. Doğrusu, yuvanıza dair en ufak bir niyetim yok. Ben sadece, ayda yılda bir kez de olsa, değerini daha iyi anlamanız için tavandaki pencereyi açıp yıldızlara bakmanızı öneriyorum.

9 "Üç kişi bir arada / üçlü ilişki" anlamında kullanılan Fransızca bir söz. (ç.n.)

İLK PRENSİPLER VE SON ŞANSLAR

Şimdi sadede gelelim. Elinizdeki kitap bilimi anlatıyor.

Bu düşünce büyük olasılıkla sizi heyecanlandırıyor; yine büyük olasılıkla, köşe bucak kaçmak istiyorsunuz. Her iki durumda da size şu güvenceyi vereyim: Bundan sonra kitabın her anı sırf zevk dolu. Bu sayfalardaki her fikir, hepimizin ölü yıldızlardan meydana geldiği fikri kadar hayret verici olacak ve içindeki hiçbir bilginin anlaşılması güç olmayacak. Ve anlamak için yoğun çaba sarfetmeniz gerekmeyecek; bilimsel bilgi dağının tepesine ağır adımlarla, perişan bir şekilde tırmanmak yerine zirveye paraşütle inip aşağı kayacağız.

Başka bir deyişle, size alışılageldik yöntemlerden biraz daha farklı bir yöntem vaadediyorum. Okulda öğrendiğiniz bilimden ve muhtemelen hevesle okumaya kalkıştığınız birkaç popüler bilim kitabından gördüğünüz gibi, bilim ekseriyetle İlk Prensipler olarak bilinen temel bir şablona göre öğretilmektedir.

Bunun amacı, bilimi en başından, yani temelden (kâğıt şeritli zamanlayıcılar ve grafikler) başlayarak öğretmek ve zaman içinde, ta ki siz resmin tamamını (Newton'un hareket yasası) görene dek karmaşık bilgiler eklemeye devam etmektir. Bilim okullarda çoğumuza bu şekilde öğretildi; konunun yabancısı olanlar için söz konusu yöntem genellikle zalim bir şaka gibi görünebilir.

Mesela atom teorisini ele alalım. Şöyle anlatayım: Ortaokulun ilk senesinde, her şeyin -ağaçlar, evler ve David Tennant'ın küçük plastik modelleri- atom adı verilen inanılmaz derecede küçük parçacıklardan oluştuğu ve maddenin bölünebilen en küçük parçalarının atomlar olduğu öğretildi. Ertesi yıl, aslında atomlardan daha küçük birçok şeyin olduğu öğretildi; mesela çekirdekler ve elektronlar gibi. Bir sonraki yıl, bize yine yalan söylenmiş olduğu ortaya çıktı; çekirdekler de protonlar ve nötronlardan oluşuyordu... Hikâye fizik lisans eğitimi sırasında da,

fizik yüksek lisans eğitimi sırasında da aynı şekilde sürüp gitti; ta ki (a) bilimadamlarının bahsettikleri konu hakkında fikir sahibi olduklarına dair inancınızı kaybetmeye ve (b) tüm fizikçilerin müzmin yalancı ve dolandırıcı olup olmadığını merak etmeye başlayana dek.

Bence bunun gibi bir kitapta İlk Prensipler'i kullanmak, bilimadamı olmayan birinin anlaması gerekenler açısından büyük bir zaman kaybı olurdu. Neticede, Formula 1 ile ilgilenen birini yarışı izlemesi için Monte Carlo'ya gönderirsiniz, yanmalı motor mekaniğini öğrenmesi için Kuzey Londra Üniversitesi'ne değil. Aramızda bilimadamı olmak isteyenler, tatsız tuzsuz basit ayrıntıları, mesela Newton'u ve düz bir doğru üzerinde tekdüze hareketi öğrenmişti; çünkü biz asıl zevkli konuların (Sicim Kuramı, çok boyutlu uzay, kuarklar ve gluonlar) bizi beklediğini ve bunları düzgün bir şekilde anlayabilmek için temel bilgilere sahip olmamız gerektiğini biliyorduk. Bir Büyük Hadron Çarpıştırıcısı yapmak istiyorsanız, elinizi taşın altına koyup doktora sonrası fizik araştırmalarına devam etmeniz gerekiyor. Bu makinelerden birini ağzınız açık izliyor, çalıştırılırsa nasıl da havalı görüneceğini hayal ediyorsanız... Doğru yere geldiniz demektir.

Bu kitabın amacı: İşi yaparak öğrenebilmeniz için, sizi tam donanımlı, büyüleyici bilimsel bilgilerle dolu kuyunun derinliklerine atmak. Çünkü artık anlaşıldı ki, tüm bilim dallarının altında yatan şey -yani matematik- bizim için kapalı kutu olsa da, aynı durum bilimadamlarının "elini sallayıp geçiştirdiği" şeyler için söz konusu değil. Sonuçta dili konuşmuyor olmamız, tatilde el işaretleriyle anlaşarak birkaç hafta takılamayacağımız anlamına gelmiyor.

Üstelik sizinle yaptığım sözleşmenin bir parçası olarak, size en yeni hapisten çıkış kartını da vereceğim. Hiçbir şey anlamanıza gerek yok. Diğer kitapların amacı sizi eğitmek, provoke etmek veya zorlamak olabilir; bu kitabın tek amacı sizi eğlendirmek.

Rahatlayın. Nefes alın. Sınav yok. Kendinizi bırakıp boyunuzu aşan sulara dalmanızı, o tuhaf kokuyu içinize çekmenizi, özünü kavramanızı istiyorum. Bir paragrafı defalarca okumanıza rağmen yine de anlamadığınızı fark ederseniz -bunu yaşamamanız için seviyemi mümkün olduğunca ayarlamaya çalışacağım- suç sizde değil bendedir; devam edin. Bu bir fen dersi değil. Bir bilim şöleni.

BÖLÜM 2

ACAYİP SÜPER ATOM ÇARPIŞTIRICISI

BOYUT ÖNEMLİDİR

Evrendeki en küçük parçanın ne olabileceğini hiç merak ettiniz mi? Gündelik hayatta kullandığımız nesnelerin birçoğu elbette aşağı yukarı insan eli kadardır -bunun bir tesadüf olduğundan pek emin değilim. Ortalama bir cetveldeki en küçük birim milimetredir; bunun en büyük sebebi milimetrenin yaklaşık 10'da birinden çok daha küçük olan bir birimin çoğu insan tarafından anlaşılamayacak olmasıdır. Ancak, bir anlığına kendinizi sanat sepet işlerine kaptırdığınızı; tuhaf bir hobi edinip, elinizde büyüteçle ve minicik bir jiletle kibritin ucuna palmiye ağacı ya da gülümseyen bir zürafa suratı kazıdığınızı hayal edin. Yılsonu gösterisine gerçekten nadide bir parçayla katılmak istiyorsunuz. Süsleyebileceğiniz en küçük nesne ne olurdu?

Cevabım hazır dostlarım: Elektron. En azından, elektronu oyabilecek kadar küçük bir şey bulabilseydiniz... Elbette bu mümkün

değil, çünkü elektrondan daha küçük bir şey yok.[1] Peki, elektrondan sonra gelen en küçük şey nedir? İşte burada bir hikâye yatıyor dostlarım. Çünkü elektrondan sonra gelen en küçük şey tek kelimeyle nefes kesici: Kuark.

Kuarklar -bu arada "kuark" sözcüğü "vıraklamak" ile kafiyeli- büyüleyici parçacıklardır. Şimdiye dek altı tanesini keşfettik, ancak sizi ilgilendirenler yalnızca bunlardan ikisi, "yukarı kuark" ve "aşağı kuark", çünkü proton ve nötronlar bunlardan meydana geliyor ve bildiğiniz gibi atom çekirdekleri de proton ve nötronlardan oluşuyor. Değer verdiğiniz her şey -eviniz, aileniz, Schnauzer cinsi köpeğiniz- kuarkların güzelce dizilmesi sayesinde ortaya çıkıyor.

Peki, kuarkların varlığını nereden biliyoruz? İşte burada, sevgili dostlarım, devreye parçacık çarpıştırıcıları adı verilen oldukça cazip ekipmanlar giriyor. Ve en yeni parçacık çarpıştırıcısı da dünyaca ünlü Büyük Hadron Çarpıştırıcısı, yani LHC (Large Hadron Collider).

Bu isim size bir şey çağrıştırmadıysa bunu bir tür mikroskop olarak düşünün: Gerçekten Çok Küçük adlı garip dünyaya açılan bir pencere. Optik mikroskopla elde edebileceğimiz en iyi çözünürlük bir metrenin yaklaşık 100 milyarda biridir; bu değer, Ebola gibi büyük virüslerin bir kısmını görmeye yetecek kadar küçüktür. Elektron mikroskobu ise bundan bin kat daha küçük cisimleri görüntüleyebilir, mesela karbon atomlarını. Ancak atomdan daha küçük bir şeyi incelemek isterseniz -bir kuark, atomdan yaklaşık bir milyar kat daha küçüktür- tamamen farklı bir yönteme ihtiyacınız var. Kulağa çılgınca gelse de LHC'nin kullandığı yöntemde iki proton çarpıştırıldıktan sonra ortaya çıkan enkaz inceleniyor.

1 Bildiğimizden değil.

TAM AĞZINIZA LAYIK

LHC'yi öylesine heyecan verici buluyorum ki, duygularımı kelimelere dökemiyorum. Bu çarpıştırıcının, fiziğin ve tahmin edersiniz ki teknolojinin geleceği için önemini ne kadar övsem az. Şaşaalı ismi gözünüzü korkutmasın; hadron, kuarklardan oluşan şeylere verilen aile adıdır. Aslında Büyük Proton Çarpıştırıcısı adı verilip geçilebilirdi, çünkü temel fonksiyonu budur. Bu çarpıştırıcı, gezegenin en başarılı on binlerce bilimadamını 20 yıllığına yaklaşık 4,4 milyar sterlinlik bir maliyet karşılığında çalıştıran, olağanüstü ölçüde karmaşık bir mühendislik ürünü olabilir ancak temelinde son derece basit bir prensip yatar: İki protonu çok yüksek hızlarda zıt yönlerden birbirine doğru hareket ettirerek çarpışmalarını sağlayıp ortaya çıkan sonuçları incelemek.

Neden protonlar? Eh, bildiğimiz kadarıyla kuarklar tek başına bulunmuyor, dolayısıyla elimizde buna yakın olan en iyi çözüm protonlar. Protonlar kuarklardan oluşur; yeterli sayıda çarpışma gerçekleştirirseniz, eninde sonunda bir protondaki kuarklardan biri diğer protondaki kuarklardan biriyle kafa kafaya çarpışacak ve bu enkazdan pek çok ilginç sonuç ortaya çıkacaktır. Görebileceğimiz pek çok şeyden biri, hatta en hevesle bekleneni, elbette Higgs Bozonu'dur.[2] Bu ihtişamlı isim de gözünüzü korkutmasın; "Higgs" parçacığı adını Newcastle'lı matematikçi Peter Higgs'ten almıştır. Peter Higgs, bu parçacığı en iyi tanımlayan matematik kuramını ortaya çıkaran kişidir ve "bozon" parçacığı, Higgs parçacığının ait olduğu parçacık grubuna verilen diğer bir aile adıdır. Bu parçacığın "Tanrı parçacığı" rumuzuyla anı-

2 Bozonlar kuvvet taşır ve genellikle "kuvvet parçacıkları" olarak anılır; bu isim onları ilk tanımlayan Hintli fizikçi Satyendra Bose tarafından verilmiştir. Madde parçacıklarının aile adı "fermiyon"dur ve İtalyan fizikçi Enrico Fermi'nin adıyla anılmaktadır. Fermi'den daha sonra detaylı olarak bahsedeceğiz. Bu arada, "bozon" ve "fermiyon" sözcüklerini yemekli davetlerde böbürlenerek sarf etmekten çekinmeyin.

lacak kadar önemli olmasının sebebini bu bölümde size büyük bir zevkle açıklayacağım. Şimdilik şunu söylemem yeterli; eğer Higgs orada bir yerlerdeyse, LHC onu bulacaktır. Onu bulduğumuzu kesin olarak anlamanın yolu, yalnızca uzmanların bildiği büyüleyici bir sırda yatıyor ve ben bu sırrı size açıklamaktan memnunluk duyacağım.

Fakat bölümün ikinci yarısında göreceğimiz üzere LHC yalnızca Higgs'in aranması için kullanılmıyor, daha pek çok işlevi var. Bir metrenin milyarda birinin milyarda birinin onda biri kadar küçük cisimlerden oluşan yepyeni bir dünya araştırmaya açılıyor. Karşımıza çıkabilecek tek kelimeyle sıradışı şeyler arasında ekstra uzaysal boyutlar yer alıyor -evet, gerçekten!- tabii yepyeni, henüz keşfedilmemiş bir sürü parçacık da. Bununla birlikte, göreceğimiz gibi LHC yalnızca kuantum fiziğinin yeni basamağını keşfetmek için değil, aynı zamanda kozmolojideki en temel iki cevapsız soruya yanıt bulma amacıyla yapıldı: Bu sorulardan ilki, eğer Büyük Patlama (Big Bang) sonucunda eşit miktarda madde ve antimadde oluştuysa, tüm antimadde nereye kayboldu? İkincisi ise, eğer Büyük Patlama sonucunda püskürtülen madde, düşündüğünüz gibi, her yöne eşit ölçüde dağıldıysa, nasıl oldu da birikerek yıldızları ve galaksileri meydana getirdi? Bu iki soru nasıl meydana geldiğimizi anlamak açısından mutlak bir temel oluşturduğundan cevaplarını bulmamız şart.

Elbette, LHC'nin tartışmalı diğer noktalarından biri de, çarpışmaların çok yüksek bir enerji ortaya çıkaracağı ve Higgs Bozonu'nun yanı sıra istenmeyen başka şeylerin de doğabileceği ihtimaliydi: Karadelik. Bu da bir olasılık, ancak nihilist bir öfkeye kapılıp elinizdeki kitabı kenara fırlatarak 90'ların sonundan beri dolapta bekleyen tehlikeli Mayorka konyağının rafya kaplı şişesini bir dikişte bitirmeden önce size şunun güvencesini vereyim: Bu tür bir karadelik asla ama asla bilinen Evren'i yok etmeyecektir -bunun sebebini birazdan anlayacaksınız.

ŞEHİRDEKİ TEK OYUN

Bugüne dek Cenevre'ye yalnızca iki sebepten ötürü uğradım: Birincisi Chamonix'de pist dışı alanlarda kayak yapmak, diğeri de Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'nın vatanı CERN'i ziyaret etmek. Hangisinin daha endişe verici olduğunu söylemem çok zor.

Açıkçası Katolikler için Vatikan neyse, fizikçiler için CERN odur. 1950'lerde Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire adıyla kurulan CERN'in asıl kuruluş amacı atom çekirdeğini keşfetmekti, ancak kısa sürede bu amaç yerini yüksek enerjili parçacık fiziğine bıraktı ve CERN kısaltmasını değiştirmek akıllarına bile gelmedi. Dünyanın en önemli bilimadamları burada çalışıyor: Mesela, Tim Berners-Lee araştırma bilgilerini paylaşmak amacıyla Dünya Çapında Ağ'ı (World Wide Web, yani www) CERN'de yaratmış, modern internet bu sayede ortaya çıkmıştı. Bundan böyle, dünyada salt akademik araştırmanın merkezi neresidir sorusuyla karşılaşırsanız, bu örneği kullanmayı deneyin.

Cenevre havaalanından yapacağınız 30 dakikalık taksi yolculuğunun ardından Meyrin adı verilen İsviçre kasabasının merkezden uzak eteklerinde tarımsal silo binaları gibi görünen oldukça itici bir kalabalıkla karşılaşacaksınız. İnsanoğlu tarafından girişilen en büyük bilimsel deneyin komuta merkezine yaklaştığınıza dair hiçbir emare göremeyeceksiniz; oraya ne zaman gitsem hava hep yağmurlu oluyor ve mekân hakkında söylenebilecek en iyi şey, otoparkının daima boş olması. Çünkü Büyük Hadron Çarpıştırıcısı hakkında öğrendiğiniz ilk bilgi, sokak düzeyinde önemli pek bir şey olmadığı; asıl heyecan verici kısım -Tanrım, cidden heyecanlanıyorum- tamamen yeraltında gerçekleşiyor.

LHC aslında protonlar için büyük bir dairesel yeraltı yarış pisti görevi görüyor. Büyük derken, cidden büyük: Çevresi 27 kilometre. Yerin yaklaşık 100 metre altına gömülü makinenin genişliği, Londra metrosundaki ortalama bir metro tüneli kadar.

Ortasına doğru iki boru iniyor. Borulardan birinde proton demetleri saat yönünde son sürat yol alırken, diğer boruda da hız kesmeden saat yönünün tersine yol alıyorlar. İki boru, dairenin etrafındaki dört noktada kesişiyor. Bu dört kesişim noktasında protonların çarpışması amaçlanıyor, etraflarına muazzam büyüklükte dedektörler inşa edilmiş; bu dedektörler, çarpışmalar nedeniyle oluşan döküntüleri elekten geçirerek, ortaya çıkan tüm parçacık çeşitlerini tanımlayabilme özelliğine sahip. Dolayısıyla LHC aslında bir değil dört deneyden oluşuyor; her dedektör farklı bir araştırma ekibi tarafından tasarlanmış ve her birinin kendi hedefleri ve öncelikleri bulunuyor. Bu dört deneyden ikisi -ATLAS ve CMS- dişe diş rakip ve her ikisi de Higgs'i arıyor. Diğer ikisi -ALICE ve LHCb- Büyük Patlama'dan hemen sonra, Evren'in ilk mikro saniyelerinde neler olduğuna dair ipuçlarının peşinde. Bu deneyler, modern fizikteki en belalı sorunlardan ikisine ışık tutmayı umuyor: Antimadde kıtlığı ve günümüzde Evren'in "yamru yumru" şekli.

HIGGS ARAYIŞI

Öyleyse, Higgs parçacığını bu kadar önemli kılan nedir? Bunu anlamak için, fizikçiler tarafından parçacık fiziğinin Standart Modeli olarak adlandırılan kavramdan bahsetmemiz gerekiyor -Standart Modeli anlamak için de parçacıklar ve kuvvetler hakkında birkaç noktayı kavramamız lazım.

Okuldaki fizik derslerinden hatırlayacağınız gibi, doğada dört çeşit kuvvet vardır. Bu dört kuvvetin üçü aşağı yukarı aynı şiddete sahiptir: Elektrik yüklü parçacıklar arasında oluşan elektromanyetik kuvvet; kuarklar arasında oluşan güçlü kuvvet ve radyoaktiviteyi sağlayan zayıf kuvvet. Diğer kuvvet, kütleçekim,

diğer üçünden çok daha zayıftır ve ancak yıldızlar ve gezegenler gibi büyük cisimlerde kendini gösterir. Yerküre'nin kütleçekimi, elbette, sizi şu an koltuğunuzda tutan ve oturduğunuz yerden koparak uzay boşluğuna düşmenizi engelleyen kuvvettir.

Ayrıca okul günlerinden hatırlayabileceğiniz, kuvvetlerin nasıl işlediğine dair standart açıklamaya göre, parçacıklar alanları oluşturmuş, bunlar da daha sonra diğer parçacıkları etkilemişti. Örneğin, elektrik yükü bir elektrik alanı oluşturmuş, bu alana başka bir elektrik yükü yerleştirildiğinde kuvvet ortaya çıkmıştı. Ben bu açıklamayı daima biraz eksik bulmuşumdur: İkinci yük, bir elektrik alanının mevcut olduğunu nereden "biliyordu"? Bu soru sizin de aklınızı kurcaladıysa merakınızı gidereyim; kuantum fiziğinin çok daha iyi bir açıklaması var. Cevap şu: Her alanın bir taşıyıcı parçacığı, yani bozonu bulunur -tıpkı Higgs Bozonu gibi. İki elektron arasındaki elektromanyetik alan, foton olarak da bilinen bir ışık parçacığı tarafından iletilir.

Bay Bailey'nin matematikçilere tembel dediğini hatırlıyor musunuz? Kuramsal fizikçiler matematikçidir ve dört farklı kuvvetle uğraşamayacak kadar tembeldir -dolayısıyla son 50 yıldır fizik biliminin başlıca hedeflerinden biri bu tabloyu basitleştirmeye çalışmaktır. İçimden bir ses, doğanın bu kadar karmaşık olamayacağını ve bu dört kuvvetin temelde birbiriyle alakası bulunduğunu söylüyor. Kısacası, yolun yaklaşık dörtte üçünü katettik ve elimizdeki teorinin adı Standart Model.

60'ların başında büyük bir sıçrama yaşandı ve Glashow, Weinberg ve Salaam üçlüsü elektromanyetik kuvvet ile zayıf kuvvetin birebir aynı olduğunu gösterdi. Bu yeni birleşik kuvveti elektrozayıf kuvvet olarak adlandırdılar, ancak matematiği devreye sokma amacıyla daha radikal bir öneri sundular. Tüm temel parçacıkların özünde kütleye sahip olmadığını saygıyla ileri sürdüler. Doğru duydunuz: Kütle yok. Bunun yerine, Evren'de keşfedilmemiş başka bir alan olduğunu ve tıpkı diğer tüm iyi alanlar gibi,

bunun da taşıyıcı bir parçacığa sahip olduğunu söylediler. Bazı temel parçacıklar, mesela foton, bu alandan genellikle izin bile istemeden geçer ve dolayısıyla kütlesiz görünür. Teorinin devamında görüldüğü gibi, diğer parçacıklar bu kadar şanslı değildir ve alanın etkisi ile öylesine uzun sürüklenirler ki, kütleleri çok büyük görünür. Bu yeni alana Peter Higgs adlı bir İngiliz tarafından biraz matematik eklenmiş ve Higgs alanı bu fizikçinin adıyla onurlandırılmıştır. Söz konusu alanın etkisini ileten taşıyıcı parçacık da kısa sürede Higgs Bozonu adını almıştır.

70'lerin başında çok yoğun bir grup çalışmasının ardından, güçlü kuvvet de Glashow, Weinberg ve Salaam'ın elektrozayıf kuvvetiyle birleştirilmiş ve sonuç olarak ortaya çıkan karışıma, en basit şekliyle, Standart Model adı verilmiştir. Temelinde yatan fikirlerden bir kısmı epeyce tuhaf olsa da, bu model görünüşe göre gerçekten işe yarıyor. Aslına bakarsanız, Standart Model'in bugüne dek icat edilmiş en başarılı teorilerden biri olduğunu söylemekle abartmış sayılmam.

Bilimsel teorileri test etmenin en iyi yollarından biri, kimsenin tahmin edemeyeceği şeyleri öngörme ve bunu büyük bir doğrulukla yapma başarısıdır. Standart Model'in ne kadar etkileyici olduğuyla ilgili küçük bir ipucu vermem gerekirse, şunu bilmeniz yeterli: Tıpkı elektrik kuvveti gibi, zayıf kuvvetin de taşıyıcı bir parçacığa sahip olduğunu önermiştir. Daha doğrusu, W ve Z şeklinde iki parçacığa sahip olduğunu iddia etmiştir (W, İngilizcede zayıf anlamına gelen "weak" sözcüğünden türemiştir, ancak gördüğüm kadarıyla Z'nin özel bir anlamı yok). Ayrıca kütlelerine yönelik sağlam bir tahmin de yapmıştır: W için 86 proton kütlesi ve Z için 98 proton kütlesi. Bu tahmin 60'ların sonuna dayanıyordu ve o günlerde parçacık hızlandırıcılar yalnızca 10 proton kütlesine denk gelen çarpışmalar gerçekleştirebiliyordu. Yaklaşık 10 yıl sonra, 1981'de, CERN'de LHC'nin habercisi olan Süper Proton Senkrotronu -bu arada senkrotron, bir

dairedeki yüklü parçacıkları hızlandıran şeye verilen süslü addır- nihayet gerekli enerjilere ulaştı. W ve Z parçacıkları, tahmin edildiği üzere, tam karşılarında duruyordu ve kütleleri Standart Model tarafından öngörülen değerle birebir aynıydı.

MAKİNEDEKİ HAYALET

Özetlemek gerekirse, Standart Model oldukça etkileyici bir hokkabazlık numarasıdır ve elektromanyetizmayı zayıf ve güçlü kuvvetlerle birleştirmeyi başararak bugüne dek yaratılmış en başarılı bilimsel teorilerden biri olmuştur. Ancak işe yaramasını sağlamak için fizikçiler yeni bir parçacığın, yani Higgs Bozonu'nun varlığını ileri sürmek zorunda kalmıştır, çünkü Higgs Bozonu diğer temel parçacıklara kütlelerini kazandırmaktan sorumludur. Higgs'i bulmak önemlidir; çünkü varlığı gerçekse, Standart Modeli doğrulamaktadır. Maalesef, Higgs bugüne dek partide boy göstermemiştir.

Peki, neden henüz hiç kimse bir Higgs bulmayı başaramadı? Olası yanıtlardan biri -bu aşamada gözardı edemeyeceğimiz üzere- Higgs'in aslında var olmadığı. Standart Model, henüz bilmediğimiz önemli bir noktada yanılıyor olabilir.

Olasılıklardan biri de, şimdiye dek Higgs üretmeye yetecek kadar yüksek enerjili çarpışmalar gerçekleştirememiş olmamız. Sözlerimi netleştirmek için size biraz kuantum dünyasının tuhaflığından ve LHC gibi bir proton çarpıştırıcısının içinde tam olarak neler olup bittiğinden bahsedeyim.

CERN'deki devasa dedektörlerde meydana gelen çarpışmalar, bazı açılardan tıpkı alelade bir bilardo masasında gördüğünüz çarpışmalara benzer. Enerji LHC'deki protonlar arasında sapa-

sağlam korunur, tıpkı Pig and Whistle[3] adlı geleneksel barlarda yapılan artistik vuruşlarda korunan enerji gibi. Tek fark, bilardo masasında tüm çarpışmaların ardından bilardo toplarının sayısının aynı kalacağını bilirsiniz. Ancak aşırı derecede küçüklerin dünyasında -yani fizikçilerin verdiği isimle kuantum dünyasında- hayat böyle işlemez. Temel parçacıkları çarpıştırdığınızda, bazen başlangıçtaki sayıdan daha fazlası ortaya çıkabilir.

Farkında olsanız da olmasanız da, muhtemelen içinizden bir sesin neden sorusuna yanıtı hazırdır, çünkü bu yanıt fizikteki en ünlü denklemde saklıdır: $E=mc^2$. Bu denklemden açıkça anlaşılacağı gibi, madde bir enerji biçimidir. Atom bombası, küçücük bir maddenin kilidi açılabildiği takdirde ne kadar fazla enerji salabileceğinin açık bir göstergesidir -Nagazaki'yi yok eden atom bombasında yaklaşık bir kilogram plütonyum füzyonlanmıştı, yani ağırlığı aşağı yukarı bir torba şeker kadardı.

Atom bombası maddeyi alıp enerjiye dönüştürdüğünden, LHC gibi bir parçacık çarpıştırıcısının başlıca püf noktalarından biri, işlemi zıt şekilde gerçekleştirmek, yani enerjiyi maddeye dönüştürmektir. Kısacası, çarpışmada yer alan parçacıkları gerçekten çok yüksek hızlara getirerek büyük enerjiye sahip olmalarını sağlar, ardından söz konusu enerjiyi yeni parçacıklar üretmek için kullanan çarpışmalara yol açarsınız. Çarpışmanın enerjisi ne kadar yüksek olursa, potansiyel olarak üretebileceğiniz yeni parçacıklar o kadar büyük olur. Makul boyutta bir senkrotron ile protonların oldukça sıradışı yükseklikte hızlara erişmesini sağlayabilirsiniz; LHC açısından, ışık hızının yüzde 99,9999991'ine ulaşabilirler ve bu noktada öylesine vızır vızır geçerler ki, 27 kilometrelik bir parkurun tamamını saniyenin 11.000'inde tamamlayabilirler. Bu inanılmayacak kadar yüksek hızlarda, her bir protonun enerjisi durağan kütle enerjisinin yak-

3 İngiltere'de barlara verilen popüler isim. (ç.n.)

laşık 7.500 katına eşittir.[4] Yani ortaya çıkan ve henüz keşfedilmemiş yeni parçacıklara dönüştürülmeyi hazır ve nazır bekleyen enerjinin boyutu oldukça büyüktür.

Bu enerji faktörü, neden Higgs'i daha önceki çarpıştırıcılarımızdan hiçbirinde görmediğimizi açıklayabilir; gerçekleşen çarpışmaların sağladığı enerji yeterince yüksek değildi. LHC'nin selefi Büyük Elektron-Pozitron Çarpıştırıcısı (Large Electron-Positron Collider -LEP), protonun durağan kütlesinden yaklaşık 122 kat daha ağır olan bir Higgs Bozonu kütlesi ortaya çıkarabilmişti. Bu kitabı yazdığım sırada verilerin yaklaşık 125 proton kütlesi ağırlığında olan bir Higgs'e yoğunlaştığı görülüyor. LHC, protondan 1.000 kata kadar daha ağır parçacıklar üretme potansiyeline sahip olduğundan, Higgs'in var olması halinde LHC'nin onu bulacağından kesinlikle emin olabiliriz.

Peki, Higgs neye benzemektedir? Açıkçası Higgs'i doğrudan gözlemlemeyeceğiz; Higgs'e yönelik bir dedektör yok. Tıpkı Noel Baba gibi, onun da varlığını arkasında bıraktığı kanıtlardan çıkarsamak zorundayız. Elbette Higgs için karşımıza çıkacak kanıt, yarısı yenmiş etli pide ve boş bir konyak bardağından ziyade, Higgs boyutunda, göstermelik bir kayıp enerji parçası olacak. Bir deney sırasında LHC dedektörlerinde milyonlarca etkileşim meydana gelecek ve bilgisayarlar bu sayılamayacak ka-

---

4 Işık hızının belirli bir kesrine ulaşmaya başladığınızda, kütleniz de kayda değer ölçüde artmaya başlar. Bu durum Einstein'in ünlü denkleminde de ifade edilmiştir, "m" birimi aslında şu anlama gelmektedir:

$$m_0 \times \frac{1}{\sqrt{1-\left|\frac{v}{c}\right|^2}}$$

burada m_0 hareket etmediğiniz sırada kütlenizi, v hareket ettiğiniz hızı ve c ışık hızını gösterir. v değeri c'ye yaklaştıkça, başka bir deyişle ışık hızına yaklaştığınızda,

$$\sqrt{1-\left|\frac{v}{c}\right|^2}$$

gittikçe küçülür ve m -yani toplam kütle- de gittikçe büyür. Bundan Bölüm 8'de uzay yolculuğu konusuna geldiğimizde tekrar bahsedeceğim.

dar çok olaydan elde edilen verileri süzgeçten geçirerek sıradışı olanı aramaya koyulacak. Higgs'in oluşumu, ardında belirli bir "imza" bırakacak; bu imzayı taklit eden her türlü olay ayrıntılı olarak incelenecek ve Higgs'in gerçekten var olduğunu şüpheye yer bırakmayacak şekilde işaret edip etmediği belirlenecek. "Ya dedektör hatalıysa?" diye sorabilirsiniz. Ya tüm bu karmaşık mekanizma yolunu şaşırıp fantom bir Higgs sinyali oluştursa? Dostlarım, işte bulunması en zor parçacığı aramak için LHC'de iki deney yapılmasının sebebi bu: ATLAS ve CMS. Burada yatan fikir gayet basit: ATLAS bir Higgs bulduğunu söylerse, CMS'deki rakiplerinin de aynısından bulana kadar rahat etmeyeceğinden emin olabilirsiniz.

KARADELİKLER

LHC dedektörlerinde ortaya çıkma ihtimali olan dayanılmaz ölçüde heyecan verici diğer şeylerden (örneğin ekstra uzaysal boyutlar ve süpersimetrik parçacıklar) bahsetmeye devam etmeden önce, karadelik konusuna kısa ama keyifli bir dalış yapalım.

2008 yılında, Eylül'ün ilk günlerinde kıyasıya iki yarışın sürdüğünü hatırlarsınız: Bunlardan biri, fizikçilerin LHC'yi ateşlemeye hazırlamak için zamana karşı yarıştığı CERN'de, diğeri de Walter L. Wagner ve müttefiki Luis Sancho'nun fizikçileri durdurmayı denemek için mahkeme emri çıkartmak amacıyla elinden geleni ardına koymadığı Hawai Bölge Mahkemesi'nde devam ediyordu. Hawai mahkemesi, LHC'deki çarpışmaların -manyetik monopoller ve strangeletler gibi diğer korkunç şeylerin yanı sıra[5]- gezegeni harabeye çevirecek mikroskobik karade-

5 Manyetik monopol, yalnızca tek kutuplu bir mıknatıs özelliğine sahip parçacıktır. Varlığı halen belirsizliğini korumaktadır; daha önce hiç gözlemlenmemiştir, ancak tıp-

likler oluşturabileceğini iddia ediyordu.

Kıyamet günü iyice yaklaştığında, basında çıkan hikâyelerin sayısı gitgide artmış, LHC'nin ateşlenmesi sonucunda karadelik oluşacağına dair endişeler çığ gibi büyümüştü; söylentilere göre bu karadelik, bilinen Evren'i olmasa bile, İsviçre'nin bazı ücra kesimlerini muhakkak yok edecekti. Aslına bakarsanız, gündelik sohbetlerde LHC'den bahsederken araya karadelikle ilgili şakalar sıkıştırmamak neredeyse imkânsız hale gelmişti; tıpkı yağmurlu bir günü küresel ısınmaya ironik bir şekilde atıfta bulunmadan tamamlamanın neredeyse yasadışı sayılması gibi.

LHC'nin ateşlenmesi kapsamında herhangi bir çarpışma bile gerçekleşmeyeceği, yalnızca iki proton ışınının ana halka etrafında dolaşacağı gerçeğini boşverin; dünya artık harikulade bir olayın beklentisi içindeydi ve modern bir Büyük Patlama etkisinin yanına yaklaşamayan her şey muazzam bir hayalkırıklığına sebep olacaktı. Dolayısıyla, ateşlenmesinden birkaç gün sonra süperiletken mıknatıslardan biri sıvı helyum sızıntısının ardından söndüğünde gerçekten de küçük çaplı bir dizi patlama olduğu zaman, dünya basını "sitcom" dizilerindeki heyecanla beklenen sonuç kısmına, yani epeydir can attığı sahneye kavuştu. Yazılanların büyük kısmının alt metni açıktı: Bu mankafalar bir mıknatısı düzgünce çalıştırmayı beceremiyorsa, ne diye hepimizi yutup öteki dünyaya yollayabilecek -ne de olsa karadelikten bahsediyoruz- bir deney yapmalarına izin veriyoruz ki?

LHC kadar, kültürel öneme sahip teknolojik bir cihaz yaparsanız, daima birkaç çatlak adamın dikkatini çekersiniz; ancak bence tüm bu karadelik tartışmasının altında yatan gerçek ironi,

---

ki Higgs gibi, bunun nedeni de önceki parçacık çarpıştırıcılarında oluşturulamayacak kadar büyük olmaları olabilir. Strangelet ise büyük kuarklar içeren, fakat stabil kalan farazi bir parçacıktır. Acayip kuarklar içerdiği bilinen tüm parçacıklar, örneğin K mezonu, yüksek oranda radyoaktiftir ve alelade yukarı ve aşağı kuarklardan oluşan küçük parçacıklara son derece hızlı bir biçimde ayrışırlar, dolayısıyla kitaplarda bu bilginin bulunduğu sayfanın ucunu kıvırabilirsiniz.

her zamanki gibi asıl bilimin, doğruluğunu sorgulayan sözde bilimden akıllara daha durgunluk vermesidir.

Kısacası, kozmik ışınlar adlı gerçek anlamda tuhaf şeylerin varlığı nedeniyle LHC'nin gezegeni yok edemeyeceğini biliyoruz. Asıl tuhaf olanını duymak istiyorsanız, bana her gün karadelik üzerine kozmik ışın verin.

İNANILMAZ DERECEDE KOCAMAN PROTON ÇARPIŞTIRICISI

Kozmik ışınlar gerçekten büyük bir haber. Bunlar *Star Trek / Uzay Yolu*'ndaki "ışınlardan" ziyade, parçacık olduğundan ismi biraz yanıltıcı görünebilir. Çoğu -yaklaşık yüzde 90'ı- tıpkı LHC'dekiler gibi protondu. Kalan kısmı ise demir gibi daha ağır atomların çekirdekleriydi. LHC, bildiğiniz üzere, bir protonun hızını durağan kütlesinin yaklaşık 10.000 katına eşit enerjiye kadar çıkarabilir; en hızlı hareket eden kozmik ışınların enerjisi yaklaşık 10.000 *milyon* proton durağan kütle kadardır.

Peki, bu ışınlar nereden gelir? Doğrusu biz de kesin konuşamıyoruz. Yerküre'yi mümkün olan her yönden, pek çok enerji türüyle bombalıyorlar. Düşük enerjili kozmik ışınların bir kısmı, görünüşe göre Güneş'in yüzeyindeki güneş patlamalarında meydana geliyor. Bu tür orta halli enerjiler genellikle Samanyolu galaksisinden gelir; kitabın başında bahsettiğim türden süpernovalar da müstakbel bir adaydır. En yüksek enerjiye sahip olanların galaksi dışından geldiği varsayılır ve bunların oluşumuna yol açmış olabilecek bilinen bir süreç yoktur. Sanki Evren'in en derinlerinde bir yerde, gelmiş geçmiş en devasa parçacık hızlandırıcısı yatmaktadır. Ve ne zaman hızlı hareket eden bir parçacığınız olsa, çarpıştırmak istersiniz.

Kozmik ışınlar, yukarı atmosfere ulaştığında hava moleküle-

riyle çarpışır ve tıpkı LHC'deki proton-proton çarpışmaları gibi yeni parçacık yağmurlarının oluşmasına yol açar. Dilerseniz, Yerküre'yi yaklaşık 4,5 milyar yıldır yürütülen büyük bir çarpışma deneyi gibi düşünebilirsiniz. Parçacık fiziğindeki ilk keşifler insanoğlu tarafından yapılan hızlandırıcılarla değil, kozmik ışın çarpışmalarıyla ortaya çıkan bileşkelerin bol olduğu dağ zirvelerindeki "bulut odacıklarında" gerçekleşmişti.[6] Örneğin acayip kuarkla ilk kez aynen bu şekilde, K mezonu adı verilen bir parçacık biçiminde karşılaşılmıştı (mezon, bir kuark ve bir antikuark içeren parçacıktır). LHC kesinlikle doğa kanunlarına aykırı değildir. Tam tersine, kozmostaki en temel süreçlerden birinin zayıf bir taklididir.

Dolayısıyla Hawai'de adamın biri LHC'deki görece ufak çarpışmaların gezegeni yok edecek mikroskobik bir karadeliğe sebep olabileceğini ya da strangelet veya manyetik monopol gibi başka bir korkunç farazi durumun birden vücut bulup, Cenevre havaalanından yola koyularak önüne geçen her şeyi silip süpüreceğini düşünüyorsa, fizik hakkında gerçekten en ufak bir şey bilmediğinden emin olabiliriz. Evren'de aklınıza gelebilecek her cisim -nötron yıldızları, beyaz cüceler, karadelikler, galaksiler, yıldızlar, gezegenler, futbolcular, futbol topları, hava molekülleri, protonlar, elektronlar- zamanın başlangıcından bu yana yüksek enerjili parçacıkların bombardımanına tutulmasına rağmen halen varlığını sürdürüyor. Yüksek enerjili parçacık çarpışmaları minyatür karadelikler, strangeletler, manyetik monopoller ya da beş para etmez MacTavish'ler gibi tuhaf ikincil parçacıklar yaratabiliyorsa, bu durumda Evren'deki tüm cisimler de zamanın

6 Bulut odacığı, soğuk buharla dolu bir kutudan ibarettir. Kozmik ışın gibi yüklü bir parçacık bu odacığın içinden geçtiğinde, buhar geçtiği yol boyunca yoğunlaşır. Çok istekliyseniz, bir fotoğrafını çekip boş zamanınızda parçacıkların izlediği yolu inceleyebilirsiniz. Ek olarak, bilinen kuvvette bir manyetik alan uygulama önlemini de alırsanız, yolun manyetik alanda çizdiği kavise bakarak parçacığın kütlesini hesaplayabilirsiniz. Zekice, ha?

başlangıcından beri bu parçacıkların bombardımanına uğramaktadır. Bilin bakalım ne oldu? Evren'deki her cisim hâlâ yerli yerinde! Özetlemek gerekirse: (i) Evren varlığını sürdürüyor; (ii) Evren devamlı olarak kainattaki tüm parçacıkların bombardımanı altında. Dolayısıyla (iii) kainatta hiçbir parçacığın Evren'i yok edebilecek kapasiteye sahip olmadığı kesin sayılır. Ancak bu bilgi kesin değildir; çünkü bilimde hiçbir şeyin kesinliği yoktur. Yine de bu ihtimal kesinlik derecesine öylesine yakındır ki, aklı olan hiç kimse aksini iddia etmeyecektir.

SÖZDE BİLİMCİNİN KÖŞESİ

CERN'deki bilimciler bunu söylemeyecek kadar nazik, ancak bana sorarsanız, LHC -karadelik tartışmasının kaynağı bilimle sözde bilim arasındaki farkta yatıyor.[7] Kültürümüzdeki başlıca sorunlardan biri, medyanın genellikle bu farkı anlayamaması. Söz konusu durum bazı açılardan anlaşılabilir; neticede sözde bilim -doğası gereği- dünyadaki yerini bilimi taklit etmesine borçlu ve bazen bunu gerçekten çok iyi başarıyor. Medyada çalışanların büyük kısmının sanat bölümlerinden mezun olduğu ve pozitif anlamda bilim fobisi bulunduğu gerçeğini de dikkate aldığınızda, istismar edilecek zayıflığın yerini görebilirsiniz.

Ulusal bir gazetenin haber editörünün Shakespeare'den bihaber olmasını beklemek çok güç olmakla birlikte, kozmik ışınları daha

7 Sıradışı ölçüde sabır isteyen açıklamaları seviyorsanız, CERN'in insanı tüketen "TeV mertebesinde kuramsal olarak kararlı karadeliklerin astrofiziksel çıkarımları (Astrophysical implications of hypothetical stable TeV-scale black holes)" makalesine göz atın. Yaklaşık 100 sayfa boyunca bu konuyu anlatıyor. Mikroskobik bir karadeliğin gezegeni yok edebileceği savının su sızdırmaz bir şekilde çürütülmesi açısından kesinlikle etkileyici, ancak makaleyi okurken can sıkıcı şu soruyu düşünmeden edemiyorum: "Dünyadaki en yetenekli parçacık fizikçileri zamanını bunun için mi harcıyor?"

önce hiç duymamış olabileceğini düşünmek gerçekten çok kolay.

Az önce bahsettiğim haber editörünün örneğin homeopati gibi asılsız sözde bilimsel saçmalıklar hakkında kuşku duyması sağlıklı olabilir, ancak iş parçacık fiziğine geldiğinde konuya hâkim olduklarından nasıl emin olabiliriz? Özellikle de, tıpkı Hawai'deki mahkeme emri vakasında olduğu gibi, dilekçeye imza atanların mantıklı görünmek adına karadelik, strangelet, manyetik monopol gibi yeterli sayıda teknik terimi sıralayabilmesi durumunda?

Sözde bilimci ne kadar gerçek bilimci gibi görünürse, kapı kapı dolaşıp pazarladığı zırvalar o kadar tehlikeli bir hal alır. İpek, siyah bir pelerin giyip yıldızlarla süslü, sivri uçlu şapka takarak geleceği okuyabildiğini iddia etmekle, tıpkı Hawai'li dilekçe sahiplerinden biri gibi, nükleer fizik alanında bilinen hiçbir niteliğe sahip olmamanıza rağmen kendinizi "nükleer fizikçi" olarak tanıtmak arasında büyük bir fark var. Kimse gazetelerdeki burç yorumlarını ciddiye almaz -en azından ben öyle umuyorum- ancak pek çok insan dehşet verici karadelik tehdidini öylesine ciddiye aldı ki, LHC projesinde görevli bilimadamlarına ölüm tehditleri bile geldi. Neslinin en önemli parçacık fizikçilerinden biri olan ve LHC Güvenlik Değerlendirme Grubu'na ışık tutan John Ellis'in sözlerini yorumlamak gerekirse: "Halk LHC tehlikesinden uzak olabilir peki ya LHC halk tehlikesinden uzak mı?"

ESRARENGİZ VE MUHTEŞEM

Çılgınca davalara ve kendini "nükleer fizikçi" olarak tanıtan kimselerin ateşli hayal güçlerine rağmen, somut gerçek yerli yerinde duruyor: Kimse CERN'deki dedektörlerde manyetik bir monopolün veya strangeletin belirmesini nefeslerini tutarak beklemi-

yor, ama ciddi anlamda parçacık fiziği üzerine çalışan pek çok gerçek bilimadamı, LHC'nin mikroskobik bir karadelik oluşturabileceğine inanıyor. Dostlarım, bu ağlayıp sızlamamız değil, kutlamamız gereken bir durum. Peki, karadelik tam olarak nedir ve mikroskobik bir karadelik LHC dedektörlerinde nasıl belirir?

Karadelik fikri aslında o kadar da karmaşık değil; yalnızca, kendi ağırlığı altında tamamen çökmüş çok yoğun bir maddeden bahsediyoruz. Yoğunluk, elbette, belirli bir uzay hacmine sıkıştırılmış madde miktarı anlamına geliyor. Gündelik boyutlardaki sıradan bir madde öbeği, mesela bir piyano, kendi ağırlığı altında çökecek kadar yoğun değildir -böyle bir ihtimal doğduğunda, onu oluşturan atomlar arasındaki kuvvetler tarafından kolayca dengelenir. Ancak yıldızlar sıradan maddeden çok daha yoğundur; yeterince büyük bir yıldız oluştuğunda olay ilginçleşmeye başlar. Mesela kendi Güneş'imize bakalım. Güneş'in yüzeyindeki maddeye uygulanan içe doğru kütleçekim kuvveti oldukça büyüktür; Güneş'in çökmemesinin tek sebebi, çekirdeğindeki nükleer tepkimeler tarafından oluşturulan dışa doğru basınçtır. Peki bu nükleer tepkimeler sonuçta kendi kendilerine yanarak tükendiklerinde Güneş'e ne olacak?

Cevap şu: Güneş kısmen çökecek; aslında ezilerek şimdiki boyutunun yüzde 1'ine kadar küçülmesi ve Yerküre'nin boyutuna inmesi bekleniyor. Evren'i incelediğimizde, pek çok yıldızın kütlesinin Güneş'in kütlesinden yüzlerce kat daha büyük olduğunu görebiliriz -dolayısıyla bunlar yanıp tükendiğinde ne olur? Ne olacak, karadelik ortaya çıkar. Kendi devasa ağırlıklarını destekleyemediklerinden, sıkıştırılarak öylesine küçülecekler ki, boyutları en fazla elektron kadar olacak. Bir karadelikten yeterince uzaktaysanız, etkisi aynen diğer büyük yerçekimsel cisimlerin, mesela bir yıldızın etkisi kadardır. Ancak yaklaşırsanız, bir daha dönmemek üzere yutulursunuz. Elbette "karadelik" adını almalarının sebebi budur. Yakınlaştığında, ışık bile kaçamaz.

"Yavaş Yavaş Dev Bir Karadeliğe Düşüyoruz" adlı bir sonraki bölümde göreceğimiz üzere, yuva dediğimiz Samanyolu da dâhil çoğu galaksinin ortasında bir karadelik olduğuna inanıyoruz. Galaksimizin ortasındaki karadelik 4,3 milyon güneş kütlesi gibi muazzam bir ağırlıktadır, herhangi bir kütleye sahip bir cisim yeterince yoğun olması halinde karadeliğe dönüşebilir. Başka bir deyişle, büyük yıldızlar büyük oldukları veya yıldız oldukları için değil yoğunluklarından ötürü karadelik oluşturur. Sizi de yeterince sıkıp küçültebilirsem, siz de bizzat karadeliğe dönüşebilirsiniz. LHC'de gerçekleşen patlamalardan başka hangi minik uzay hacminde bu kadar fazla madde elde edebilirsiniz ki?

LHC'de bir protonun enerjisi yaklaşık 7.000 proton kütlesine eşittir; iki proton arasındaki çarpışma sonucunda çıkan enerji bunun iki misli, yani yaklaşık 14.000 proton kütlesidir. Kısacası oldukça büyük bir enerji, oldukça küçük bir uzay boyutunda yoğunlaşmıştır. Asıl soru: Bu enerji mikroskobik bir karadeliğe neden olacak kadar yoğun mudur?

Alışılageldik cevap maalesef "hayır"dır ve hiçbir suretle mümkün olmayacaktır. Yerçekimi günlük hayatta göründüğü kadar zayıfsa, LHC'deki protonlar arasında gerçekleşen çarpışmalar karadelik oluşturmaya yetecek kadar -bariz bir şekilde- yüksek enerjiye sahip değildir; aslında yaklaşık bin milyon milyon kat daha küçüktür. Ancak etrafta dolaşan Sicim Kuramı gibi bazı teorilere göre, kuantum düzeyinde yerçekimi gündelik düzeydeki yerçekiminden daha güçlü olabilir. Bu doğruysa, kuantum boyutundaki karadeliklerin varlığı oldukça gerçek bir ihtimale dönüşebilir.

Bir karadelik ortaya çıkarsa, tüm kuramsal öngörüler uyarınca ortada dolanması mümkün olmayacaktır. Karadelik matematiğine ışık tutan başlıca isimlerden Stephen Hawking, karadeliklerin "Hawking radyasyonu" adı verilen bir sürece bağlı olarak buharlaştığını öne sürmüştür. Karadelik ne kadar küçük olursa,

yanıp tükenme hızı o kadar artar; LHC'deki mikroskobik karadelikler açısından, buharlaşma oldukça ani olacak ve her türlü parçacığın ansızın dört bir yana savrulması şeklinde görülecektir. Yani kuantum boyutunda bir karadelik aslında hiç de kara değildir; daha çok minyatür bir Güneş'e benzer.

Bu konuda fazla heyecanlanmak sağlığınızı bile etkileyebilir, çünkü Sicim Kuramı henüz kanıtlanmaktan çok uzaktır ve LHC tarafından oluşturulan karadelikler tamamen boş bir umuttan ibaret olabilir. Kısacası, kuantum karadelikleri oluştukları takdirde -yerçekimini, ekstra boyutları, Higgs'i ve adını anmak istediğiniz her şeyi anlamaya yönelik bir araç mahiyetinde- rakipsiz olacaktır. Bırakın gelişlerinden korkmayı, etrafı bayraklarla donatarak, birinin bize de uğradığını görecek kadar şanslı olmamız için dua ediyorum.

SON SINIR

Bu bölümün başında, günümüze uzanan parçacık fiziği hikâyesinin aslında doğadaki dört kuvvetin birleşme hikâyesi olduğundan bahsetmiştim: Çekirdekleri bir arada tutan güçlü kuvvet; radyoaktif bozulmaya neden olan zayıf kuvvet; elektrik yüklerine etki eden elektromanyetik kuvvet ve son olarak kütleçekim kuvveti; kütleçekim kuvveti diğer üçünden çok daha zayıftır ve kümülatif etkilerini yalnızca Yerküre'nin çekim alanı içindeki elma gibi büyük madde öbeklerinde fark edersiniz. Bugüne dek gösterdiğimiz yoğun çabalar sonucunda Standart Model'i geliştirdik. Standart Model, Higgs alanı adı verilen ve temel parçacıklara kütlelerini kazandırmaktan sorumlu olan yeni bir alan oluşturmak üzere güçlü, zayıf ve elektromanyetik kuvvetleri birleştirir.

Söylemeye lüzum olmadığı üzere, parçacık fizikçileri bu kada-

rının yeterli olduğunu düşünüp paydos etmedi. Aksine, Standart Model'in ortaya çıktığı 60'lardan bu yana, yerçekimini tabloya dâhil eden yeni bir teori bulmak için süratle güncelleme yapıyorlar. Matematiğin Kutsal Kase'si sayılan bu teoriye her şeyin teorisi, yani kısacası TOE -Theory of Everything- adı veriliyor.[8] Ve işe yarayan bir şey bulmak biraz çaba gerektiriyor.

Bugüne dek iki başlı bir mücadeleye tanıklık ettik. Oldukça geniş bir genelleme yapmak gerekirse, kuramcılar kendilerini iki kampa ayırdı, ancak aralarındaki sevginin pek kaybolmadığını söylemek lazım. Kamplardan biri, yani Ayar Kuramcıları, Standart Model'i ortaya çıkaran matematik ile devam ediyor. Diğer kampa Sicim Kuramcıları (bunların daha genç, yeniliklere daha yatkın ve halkla ilişkiler konusunda biraz daha iyi olduğunu söylemeliyim) adı veriliyor. Kullandıkları matematik Ayar Kuramı'ndan tamamen farklı ve sicimler, daha yüksek boyutlar, süpersimetrik parçacıklar ve mikroskobik karadelikler gibi pek çok yeni ve eğlenceli fikir içeriyor. Bu yaramaz çocukların biri ya da birkaçı, Higgs'i bulmak için tasarlanan ATLAS ve CMS parçacık dedektörlerinde görev alabilir, ancak bunun biraz uzun vadeli olacağını düşünmekte haksız sayılmam. Öyleyse teoriye ve LHC'deki bilimadamlarının arayacağı deneysel türden kanıtlara kısaca göz atalım.

SİCİM TEORİSİ VE LHC

Muhtemelen açıkça görüldüğü gibi, kuantum dünyasını işgal eden temel ve kompozit parçacık sayısında cidden sınır yok. 20. yüzyılın başlarında, doğada yalnızca elektronlar, protonlar

8 Bu arada, söz konusu adı CERN Güvenlik Değerlendirme Komitesi'nin başkanı John Ellis bulmuştur.

ve nötronlar bulunurken; ilk bulut odacığı parçacık dedektörlerinin icadından bu yana, hiç kimsenin istemediği ya da ihtiyaç duymadığı şeyler ortaya çıkıyor ve fizik bunu mantıklı bir çerçeveye oturtmak için o günden beri devamlı savaş veriyor.

Bu beklenmedik ziyaretçilerin ilki, şimdilerde müon adını verdiğimiz, elektron gibi negatif yüklü olmakla birlikte elektrondan 200 kat daha ağır bir parçacıktı. Hatta Nobel Ödüllü fizikçi Isodor Rabi'nin "Bunu kim ısmarladı?" esprisine maruz kalmıştı. Bu olay 1936'da gerçekleşti; 1955'e gelindiğinde hem kaon hem de pion ortaya çıkmış, herkes tüm bunların neye yol açacağını merak etmeye başlamıştı.[9] Elektronlar hakkında ufkumuzu genişletmeye yönelik çalışmalarıyla tanınan Amerikalı Willis Lamb, o yıl Nobel Ödülü kabul konuşmasında fizikle ilgili en başarılı esprilerden birine imza atarak şöyle demişti: "Eskiden yeni bir temel parçacık bulana Nobel Ödülü verilirdi, ancak günümüzde böyle bir keşifte bulunanın 10.000 dolar ceza alması lazım."

Haydi, eğlenmek için parçacık bahçesinde kısa bir gezintiye çıkalım. Detaylara takılmayın; asıl önemli olan, John Lewis gibileri hakkında fikir edinmenizi sağlamak. Öncelikle elektron, müon, taon ve bunların ilgili nötrinolarından oluşan leptonlar (Yunanca'da ışık) geliyor. Bunların hepsi anti parçacıklara sahip. Ardından altı kuark geliyor; yukarı, aşağı, üst, alt, tılsım ve acayip. Yine hepsinin bir anti parçacık ikizi var. Sıra, kuark gruplarından oluşan hadronlara geldi: Pion, kaon ve J/Psi gibi, iki kuark içeren mezonlar ve örneğin favorimiz proton ve nötron gibi, üç kuark içeren baryonlar -ayrıca Sigma (iki yukarı kuark ve bir acayip kuark) ve tılsımlı Sigma (iki aşağı kuark ve bir tılsım ku-

9 Pion, tıpkı kaon gibi, bir kuark ve bir antikuark içeren parçacıktır. Varlığı, Japon fizikçi Hideki Yukawa tarafından yirmi yıl öncesinden tahmin edilmiş ve Yukawa'ya Nobel Ödülü kazandırmıştır. Pion, atom çekirdeğinde nötronlarla protonlar arasında güçlü kuvveti taşıyan bozondur. Gluon da güçlü kuvvet taşır, ancak bu taşıma işlemini örneğin bir protonun ya da nötronun içindeki gibi bireysel kuarklar arasında gerçekleştirir.

ark) gibi daha egzotik oluşumlar. Aklınız mı karıştı? Ah, bekleyin -elektromanyetik, güçlü ve zayıf kuvvetlerin ayar bozonlarını unuttum: Foton, gluon, W ve Z.

Ayar Kuramı yetkin kişiler tarafından kullanıldığı takdirde, bu karmaşık tablonun oldukça basite indirgendiği kanıtlanmıştır: Madde parçacıkları ve kuvvet parçacıkları. Ancak, daha önce gördüğümüz üzere bir sorun var: Burada yerçekimi hesaba katılmıyor. Yerçekimi diğer kuvvetlerle aynı doğrultuda etki etseydi, kendi ayar bozonu olan graviton tarafından taşınmasını beklerdik; ama bugüne kadar matematiksel açıklama yapmaya yönelik tüm denemelerin sonuçsuz olduğu kanıtlandı ve parçacık dedektörlerinde ortaya gravitona benzer hiçbir şey çıkmadı.

Öte yandan, Sicim Kuramı çok daha farklı bir yaklaşım sergiliyor. Madde parçacıklarını ve kuvvet parçacıklarını iki farklı ve bağımsız varlık olarak görmek yerine, Sicim Kuramı annemin "aynı at, farklı jokey" olarak adlandıracağı yaklaşımı benimsiyor. Buradan çıkaracağımız ana fikre göre, kuvvet parçacıkları ve madde parçacıkları aslında sicim adı verilen çok daha temel cisimlerin farklı titreşim modlarından ibarettir. Bunlar elbette bilindik sicimler değil; tıpkı kuarklar gibi, büyük olasılıkla asla doğrudan gözlenemeyecek matematiksel cisimler.

Bu yaklaşımın ilginç bir yan etkisi de, tıpkı Ayar Kuramı'nın matematiğin işe yaramasını sağlamak için Higgs Bozonu'nu icat etmek zorunda kalması gibi, Sicim Kuramı'nın da denklemlerin anlam ifade etmesine yardımcı olmak üzere bir şeyler icat etmesi gerektiğiydi: Daha yüksek uzaysal boyutlar ve süpersimetrik parçacıklar. Daha yüksek uzaysal boyutların sayısı, uğraşmaya alışık olduğumuz dört boyuttan fazladır;[10] aslına bakarsanız, Sicim Kuramı'nın en yaygın dalları 10 boyutla uğraşmaktadır. Ne düşündüğünüzü biliyorum: Eğer üçten fazla uzaysal boyut

10 Üç uzay ve bir zaman boyutu; ya da bir sonraki bölümde göreceğimiz gibi, dört uzayzaman boyutu.

olsaydı, bunları fark ederdiniz. Ancak muhakkak öyle olması gerekmiyor; ya bunlar aşırı derecede küçükse ve erişim mümkün değilse? Bir gölün yüzeyi dümdüz görünebilir, girdapları, küçük dalgaları ve büyük ölçekte hemen fark edilmeyen çeşit çeşit dokuyu ancak yakından baktığınızda görebilirsiniz. İnsan ölçeğinde iki boyutlu görünen şeyler -mesela gölün düz yüzeyi- suyun yüzeyinde yaşayan küçük bir böcek için tamamen farklı, üç boyutlu bir maddedir. Dolayısıyla üç uzaysal boyut, onları görebilecek kadar küçük bir yaratık tarafından dört veya daha fazla boyut şeklinde görülebilir. Gerçekten de, LHC'deki çarpışmalardan sonra oluşan parçacıklar bu ek uzaysal boyutların bir kısmına erişebilir -bu durumda, tıpkı Higgs gibi, bunlar da kayıp enerji parçacıkları olarak görünecektir. Eğer görünürlerse, bugüne dek çalışmalarını deneysel bir teste tabi tutamamış olan Sicim Kuramcıları'nın tıpkı bir ton tuğla gibi üzerlerine yığılacağından emin olabilirsiniz.

Önceki sayfalarda ipucunu verdiğim üzere, daha fazla uzaysal boyut olmasının sonuçlarından biri, yerçekiminin diğer üç kuvvete kıyasla neden bu kadar güçsüz olduğuna bir açıklama getirebilecek olmasıdır. Emniyet kemerinizi bağlayın, çünkü Sicim Kuramı'ndan alışık olduğumuz gibi bu hikâye biraz tuhaf. Bu fikre göre, hepimizin adeta bayıldığı dört boyutlu uzay, yerçekiminin ulaşabileceği tek uzay değildir; belki de dünyamızda sıkışıp kalan diğer üç kuvvetin aksine, yerçekimi diğer uzaysal boyutlara sızma özgürlüğüne sahiptir ve dolayısıyla direnci azalıyordur. Haksız mıyım? Eh, size tuhaf olduğunu söylemiştim.

Öte yandan, süpersimetri fikri nettir ve buna göre bildiğimiz ve sevdiğimiz her parçacığın kendisinden daha ağır bir ikizi vardır. Bu tahmin de Sicim Kuramı matematiğine yardımcı olmaktadır ve süpersimetrik parçacık arayışı LHC projesinin muhteşem unsurlarından biri olacaktır. Kozmolojik fizikteki başlıca bilmecelerden biri, Evren'in büyük bir kısmının neden meydana

geldiğini hiçbirimizin tam olarak bilmeyişidir. Bu gizemli şeye "karanlık madde" adını veriyoruz ve muhtemel adaylardan biri de süpersimetrik parçacıklar. LHC'deki çarpışmalarda bu parçacıklardan oluşturabilirsek, dedektiflik hikâyesinde lehlerine ya da aleyhlerine karar verebileceğiz.

Sicim Kuramı'nın büyük avantajı -ve biraz "sıradışı" olmasına rağmen bu kadar başarı sağlamasının nedenlerinden biri- yerçekimi de dâhil dört kuvveti tek bir resimde toplayan bir model sunmasıdır. Bu teoriyi destekleyecek somut bir kanıt olmadığından, fizik cemiyetinde ihtilaf konusuna dönüşmüştür. LHC oldukça heyecan vericidir, çünkü Ayar Kuramı'nın veya Sicim Kuramı'nın doğru yolda olup olmadığına dair ilk belirtileri pekala sunabilir. Higgs, keşfedilmesi halinde, Ayar Kuramcıları'nın Standart Model'ine büyük bir katkıda bulunacaktır. Ekstra uzaysal boyutlar, süpersimetrik parçacıklar ya da -ortalığı iyice kızıştırmamız gerekirse- bir kuantum karadelik, Sicim Kuramcıları için inanılmaz ölçüde katkı sağlayacaktır. Veya oldukça büyük ihtimalle, iki teorinin de eksik olduğu kanıtlanacak ve tamamen yeni bir fizik dalı icat etmemiz gerekecek. Diğerleri arasında en ilginç sonuç herhalde bu olurdu.

ANTİMADDE VE BÜYÜK PATLAMA

Gördüğümüz gibi, LHC'de gerçekleşen deneylerden ikisinde ATLAS ve CMS adı verilen genel amaçlı devasa dedektörler yer almaktadır ve bu dedektörler Higgs parçacığından tutun da, ekstra uzaysal boyuta kadar her şeyin izini sürebilecek kapasitededir. Bu bağlamda, LHC tıpkı inanılmaz derecede güçlü bir mikroskop gibidir ve kuantum dünyasının en ince ayrıntılarını görmemize yardımcı olur. Ancak daha önce de bahsettiğim

üzere, LHC'de gerçekleşen LHCb ve ALICE isimli iki deney daha vardır ve söz konusu deneyler, birçok açıdan, bizi Büyük Patlama'yı takip eden ilk mikro saniyelere ışınlayacak inanılmaz derecede güçlü teleskoplara benzemektedir. Bunlardan biri olan LHCb, antimadde ile ilgilidir. Diğeri, yani ALICE, Evren'in henüz kısa pantolon giydiği zamanlardan bu yana varlık göstermeyen bir madde fazını yeniden oluşturma teşebbüsündedir.

MELEKLER VE ŞEYTANLAR

Antimadde muhteşem bir şeydir. Anlaşıldığı üzere, bugüne dek keşfettiğimiz her temel parçacığın bir antimadde partneri vardır ve madde ile tamamen aynı kütleye sahip olmakla birlikte zıt yüktedir. Mesela elektronun anti parçacığı pozitrondur. Buradaki şaşırtıcı nokta, bir parçacığın ve anti parçacığının karşılaşması halinde birbirlerini yok edecekleri ve ortaya fotonların çıkacağıdır.

LHC'den önceki parçacık çarpıştırıcı, yani Büyük Elektron-Pozitron Çarpıştırıcısı, yeni parçacıklar yaratmak için çok yüksek enerjili elektronlar ve protonlar arasındaki çarpışmaları kullanıyordu ve toplamda 200 tek proton kütlesine eşit bir çarpışma enerjisine ulaşmayı başarmıştı.[11] Aslında milenyumun sonu-

11 Bu arada, yeni parçacıklar yaratmak için elektron/pozitron çarpışmalarını kullanmanın büyük avantajları vardır; bir anlamda bunlar çok daha "temizdir", çünkü söz konusu parçacıklar birbirlerini yok ederek bir yeni parçacık yağmuru oluşturur. Öte yandan, protonları çarpıştırırken yapmaya çalıştığınız asıl şey, bir protondaki kuarklardan birini alıp diğer protondaki kuarklardan biriyle çarpıştırmaktır. Anlayacağınız bu kolay bir iş değildir, yani inanılmayacak kadar çok çarpışma yaratmanız ve veri hesaplamalarına çok daha fazla yoğunlaşmanız; öncelikle kuark-kuark aksiyonundaki kıl payı durumları elemeniz, ardından olup bitenleri incelemeniz gerekecektir. CERN'dekine benzer bir dairesel senkrotronda elektronları ve pozitronları hızlandırmakla ilgili sorun, aşırı miktarda radyasyon yaymaya başlamaları nedeniyle bunlardan en fazla 100 proton kütlesi değerinde enerji elde edebilmenizdir. Dolayısıyla protonlara geçiş yapmak, sonuçların analizinde başınızın daha çok ağrıyacağı anlamına gelir.

na doğru büyük bir dram yaşandı. LEP'te çalışan pek çok fizikçi tam 122 proton kütlesi civarında bir Higgs kanıtı bulduklarına inanmışken, bürokrasi üstün gelmiş ve LHC'ye yol açmak için LEP ortadan kaldırılmıştı. Bu zor bir karardı, fakat sonradan sinyalin ilk düşünüldüğünde olduğu kadar güvenilir olmadığı netleşince doğru karar verildiği anlaşılmıştı. Neticede, Higgs kütlesi için 122 proton kütlesi alt sınır olarak belirlendi.

Hiç şüpheniz olmasın, antimadde kesinlikle gerçek ve fizikteki başlıca gizemlerden birinin tam kalbinde yatıyor: Şöyle ki, neden doğada çok az antimadde bulunuyor? Büyük Patlama'da eşit miktarda madde ve antimadde oluştuğuna inandığımıza göre, Evren'i incelediğimizde nasıl oluyor da antimadde miktarı bu kadar kıt görünüyor?

Bir açıdan, bu elbette oldukça iyi bir haber. Büyük Patlama'da meydana gelen tüm kuarklar ve antikuarklar birbirini anında yok etseydi, ortada fotonlardan başka bir şey kalmazdı. Ne galaksiler, ne yıldızlar, ne gezegenler, ne de tüm bunların nereden geldiğini merak eden fizikçiler olurdu. Bu, gerçekten nadir görülen bir başarıydı: Büyük Patlama'da meydana gelen kuarkların ve antikuarkların çoğu gerçekten de yok oldu ve geriye kalan fotonlar bugün halen dünyanın dört bir yanında radyo teleskoplarla görülebiliyor. Ancak, bir antikuarkla yok olan her bir milyar kuarktan yalnızca biri zarar görmemiş şekilde kaldı ve bugün Evren'de etrafımızda gördüğümüz maddenin oluşmasına yardımcı oldu. Bu fark epeyce küçük olsa da, bugüne dek fizik kanunlarında açıklama getirmeye yaklaşan hiçbir şey bulamadık.

Olası faillerden biri, maddeye ve antimaddeye yönelik davranışı arasında yok denecek kadar az fark bulunan zayıf kuvvettir. Bugüne dek gördüğümüz farklar, milyarda birlik hayatta kalma oranını açıklamak için katiyen yeterli olmamakla birlikte, arama sürecinde oldukça hayati bir ipucu sağlar. LHCb dedektörü -burada b harfi tıpkı alt kuarktaki gibi "bottom" (alt) sözcüğünü

temsil eder- zayıf kuvvete bağlı olarak B mezonunun ve anti parçacığının, yani anti B mezonunun bozunma hızlarını ölçümlemek için tasarlanmıştır.[12] Zayıf kuvvet maddeye ve antimaddeye aynı şekilde davransaydı, bozunma hızlarının aynı olmasını bekleyebilirdiniz; ancak aynı değiller. B mezonları, anti parçacıklarından fark edilemeyecek kadar daha yavaş bozunur. LHC'nin daha önce hiç görülmemiş yüksek enerjilerinde bozunma hızlarındaki bu farkın araştırılması LHCb'nin önemli bir hedefidir ve umarım bize zayıf kuvvet ve bunun yaratılış arifesindeki rolü hakkında daha fazla bilgi verir.

YUMRULU KAİNAT

LHC'nin geriye kalan son deneyi, gerçekten sıradışı olan ALICE(A Large Ion Collider Experiement)'dir. ALICE'nin açılımı Büyük İyon Çarpıştırıcı Deneyi'dir -ancak onu bu isimden sorumlu tutmayın, çünkü içinde olacakların saçma bir kısaltmaya indirgenmesi mümkün değil. Proton-proton çarpışmalarını incelemek için tasarlanan ATLAS, CMS ve LHCb'nin aksine, ALICE oldukça farklı bir görev üstlenecektir: Ulaşabildiği en büyük iyonları, yani kurşun iyonlarını alıp bunları bağıl hızlara ulaştıracak ve ardından birbirleriyle çarpıştırarak, en son Büyük Patlama'dan mikro saniyeler sonra görülen madde halini yeni-

12 Artık konu biraz karmaşık bir hal almaya başladı, ancak şu da ilginizi çekebilir: B mezonu bir alt kuark ile bir yukarı veya aşağı antikuarktan meydana gelir. Anti B mezonu ise bir alt antikuark ile bir yukarı veya aşağı kuarktan oluşur. Bu noktada, beyniniz yanmaya başlayacağından formül kullanmak işinizi kolaylaştırır. Dolayısıyla, parçacık fizikçileri kolaylık için u, d, s, c, t ve b sembollerini kullanır; burada u üst, d alt, s acayip, c tılsım, t gerçeklik ve b güzellik kuarkını temsil eder. Antikuarkı belirtmek için, tıpkı u'da olduğu gibi başına bir çizgi eklersiniz. Bu durumda bir B mezonu bu, bir anti B mezonu ise bü'dur. Gördüğünüz gibi işin içine matematik giriyor. Tam tembeller için.

den oluşturmayı deneyecektir.

Kuarklar ve gluonlar katılaşıp bildiğimiz ve sevdiğimiz proton, nötron ve mezon gibi baryonlara dönüşmeden önceki zamanlarda, fizikçilerin kuark-gluon plazması adını verdiği gaz benzeri bir haldeydiler. Yüksek enerjili bir kurşun iyonu çarpışmasının ardından, CERN'deki fizikçilerin hesaplamalarına göre, bu şeyden ortaya çıkacak küçük bir kütle Güneş'ten yaklaşık 100.000 kat daha yüksek bir sıcaklıkla oluşacaktır. Bu tür küçük kütlelerin incelenmesi parçacık fiziğindeki tüm sorulara ışık tutabilir, fakat pek çok açıdan bebek bir Evren'in özelliklerini taşıyacağı için kozmolojik fiziğe yönelik her türlü çıkarımı da beraberinde getirmektedir.

Kozmolojinin en hararetli sorularından biri, maddenin nasıl toplaşıp yıldızlar ve galaksiler gibi büyük yapıları oluşturduğudur. Büyük Patlama sonrası her şeyin eşit olması ve maddenin eşit bir şekilde yayılması, Evren genişledikçe her parçacığın kalan parçacıklardan gitgide izole olması beklenir. Tabii ki böyle bir şey gerçekleşmemiştir: Vakt-i zamanında bebek Evren'in içinde yumrular olmalı; bu yumruların oluşmasına neden olan sırrın ALICE deneyindeki kuark-gluon plazmasında yatması ihtimali pekala yüksek.

KÜÇÜK BİR ADIM

Apollo 11 misyonunun ay modülü *Kartal (Eagle)*, Ay'ın parlak yüzünün merkezine doğru uzanan 80 kilometre genişliğindeki koyu renkli volkanik kaya Sessizlik Denizi'nin güneybatı köşesine indiğinde üç yaşındaydım. İki adamdan Ay'ın yüzeyine adım atanının fizikçi olması beni gerçekten çok etkilemişti. Daha sonra, aynı adamın Ay'a çıkmalarına yardımcı olan navigasyon

ekipmanının tasarlanmasına da yardım ettiğini öğrendiğimde deliye dönmüştüm. Buzz Aldrin gezegendeki en havalı doktora mezunlarından biri olmalı; bu arada Ay'a seyahatlerin gerçek olmadığını düşünen varsa, Buzz'ın komplo teorisyeni Bart Sibrel'i yumrukladığı YouTube videosunu izlemesi lazım; bence fikri değişecektir.

Tıpkı Apollo misyonlarının bizi gezegenimizin ötesine, güneş sistemine taşıması gibi, Büyük Hadron Çarpıştırıcısı da daha önce hiç görmediğimiz yerlere götürecek: Küçüklerin dünyasına. Orada ne bulacağımızı bilmiyoruz: Higgs parçacıkları, süpersimetrik parçacıklar, ekstra uzaysal boyutlar, belki de küçük yeşil adamlar. Ancak kesin olan bir şey var: Yeni bir bölgeye ayak basıyoruz. LHC bizim için küçücük, insanlık içinse kocaman, hormonlu bir adım. Budalalık ediyor gibi görünmek istemem ama umarım tıpkı Ay seyahatleri gibi bu da yeni bir genç nesle ilham kaynağı olur ve bilimin denemeye değdiğini ispatlar.

Çok amaçlı ATLAS ve CMS dedektörleri sayesinde LHC kuantum ölçeğinin sırlarını ortaya çıkaracak; ALICE ve LHCb sayesinde Büyük Patlama'dan hemen sonraki mikro saniyelerde meydana gelen bebek Evren'i bir anlığına görebileceğiz. Bu bebek Evren'in ALICE deneyiyle ortaya çıkan kuark çorbasından nasıl günümüzdeki tam donanımlı, devasa Evren'e dönüştüğünü bir sonraki bölümde ele alacağız. Kemerlerinizi sıkı bağlayın dostlarım, çünkü süpernovalardan, yıldızlardan ve gezegenlerden oluşan muhteşem dünyaya göz atmanın ve şu soruyu sormanın zamanı geldi: Evren bir patlama ile başladıysa, nasıl sona erecek?

BÖLÜM 3

YAVAŞ YAVAŞ DEV BİR KARADELİĞE DÜŞÜYORUZ

Her ayın son çarşamba günü, karanlık çökerken, Londra'daki Regent's Park'ta bir grup aylak toplanır. Buluşma noktaları, tıpkı kazara dünyaya düşmüş bir uçan daire gibi görünen yüksek teknolojili spor tesisi Hub'dır. Bu insanların kentte yaşayan ve kendilerine Baker Street Irregular Astronomers (Baker Sokağı Gökbilimci Çetesi) adını veren meraklı bir grup bağımsız yıldız gözlemcisi olduğunu bilmiyorsanız, kafalarından çıkarmadıkları püsküllü berelerine ve azimle laklak etmelerine bakarak, örgü kurbanlarını destekleyen bir grup olduklarını düşünebilirsiniz. Bir kısmı dürbünle gökyüzünü karış karış incelerken, diğerleri tazyikli su sıkma makinesi büyüklüğündeki teleskopları kurcalar; ancak büyük çoğunluğu gözlük takıp karanlık gökyüzüne gözlerini dikmekten fazlasını yapmaz. Hem çaylaklar hem de uzmanlar tek bir amaç için oradadır: Karanlık gökyüzünün harikalarıyla kendinden geçmek.

Azimlerini takdir etmek gerek. Londra, gök kubbeyi seyretmek için ideal bir yer değil; öncelikle sokaklardan ve binalardan öylesine çok ışık yayılıyor ki yıldızların seçilmesi zorlaşıyor, bu yüzden Gökbilimci Çetesi aydınlatılmamış bir parkın ortasında buluşmayı tercih ediyor. Aynı sebepten ötürü Ay'ın parlaklığı da sorun olabiliyor, bu nedenle toplantılar dolunayın en uzak olduğu tarihlerde düzenleniyor; ancak ne kadar titiz bir plan yaparsanız yapın, İngiltere'nin hava durumuna çare bulmak mümkün değil. Örneğin bu gece gökyüzünü seyretmek, tanrıların izini sürmekten ziyade, neon turuncu renkte bir kase ılık miso çorbasına[1] boş gözlerle bakmaya benziyor. Bunların hepsi, neden dünyanın en iyi teleskoplarının genellikle Hawai, Şili ve Kanarya Adaları'nda bulunduğunu kanıtlıyor; bu bölgelerde hava koşullarının fazlasıyla elverişli olmasının yanı sıra ekipmanın mümkün olduğunca yükseğe yerleştirilebileceği ve atmosfer nedeniyle yıldız ışığının puslanma düzeyinin en aza indirilebileceği pek çok dağ bulunuyor.[2]

Bizim meslekte verilen ismiyle yıldız partisi, gökyüzünü tanımanın harika bir yoludur; size doğru yönü gösterecek uzmanların katılması bir yana, yıldız gözlemcisinin insanı rahatsız eden kaçınılmaz varoluşsal öfkesini dengeleyecek bolca dost da edinebilirsiniz. Çünkü göreceğimiz üzere, karanlık gökyüzü şahit olabileceğiniz en nefes kesici doğal güzelliğe açılan pencere olmasının yanında, insanoğlunun bugüne dek yaptığı muhtemelen en büyük keşfin anahtarını elinde tutmaktadır: Evren'in doğuşu. Bunun için milletin içinde püsküllü bere takmayacaksınız da ne için takacaksınız?

---

1 Geleneksel bir Japon çorbası. (ç.n.)

2 Ünlü Hubble Uzay Teleskobu, atmosferin tüm engellerini aşma konusunda başarılı olmuştur ve 20 yılı aşkın süredir Evren'in en derin köşelerinden dudak uçuklatıcı görüntüler sunmaktadır. Daha önce ziyaret etmediyseniz, www.hubblesite.org adresine bir göz atın, beklentilerinizin çok üstüne çıkacak...

KARANLIK GÖKYÜZÜNDE KISA BİR TUR

Evde astronomiyle ilgilenmek için en iyi adımın ne olduğunu söyleyeyim. Havanın bulutsuz olduğu bir günde, saatler 12.00'yi vurduğu zaman dışarı çıkıp Güneş'e bakın. Kuzey yarımküredeyseniz, yüzünüzü tam güneye çevirin. Bahçeli bir evde oturma şansına sahipseniz, bahçenizin ideal cephesi budur; çünkü öğle vakitlerinde tıpkı bir güneş kafesine dönmektedir. Tabii birileri bahçenin dibindeki terk edilmiş sanayi bölgesini satın alıp, devasa bir futbol stadyumu inşa etmezse... Benim başıma geldi de oradan biliyorum.[3]

Her iki kolunuzu da dümdüz uzatın; bu durumda sol kolunuz Güneş'in doğduğu yön olan doğuyu, sağ kolunuz ise Güneş'in battığı yön olan batıyı gösterecek. Artık karanlık gökyüzünü gözlemlemek için harika koordinatlara sahipsiniz. Elbette iPhone cihazınızdaki başarılı bir pusula uygulaması da aynı görevi görecektir, ancak tıpkı atalarınız gibi sizin de kendinizi Güneş'e ve yıldızlara bağlı hissetmenizi istiyorum. Şimdi öncelikle sizi güneş sistemine hayran bırakacak birkaç astronomik akıl oyunu oynayalım, ardından galaksiyi ve Evren'in daha uzak noktalarını keşfe çıkalım.

EVİM GÜZEL EVİM

Haydi, kaldığımız yerden devam edelim; yüzümüz gün ışığında güneye bakıyordu.[4] Şimdi Güneş'in gökyüzünde doğudan batıya izlediği yolu takip edelim; bu hayali çizgi size güneş sisteminin

3 Ilginizi çektiyse, Arsenal.

4 Elbette, güney yarımkürede yaşıyorsanız yüzünüzü tam kuzeye çevirmelisiniz; emlakçılar da kuzey cepheli bahçeleri övüp duracaktır.

düzlemini gösterecek. Gökbilimciler buna *ekliptik* adını veriyor, çünkü yeni ay bu çizgiye vurduğunda, güneş tutulmasının görevi başlıyor. Güneş'in etrafındaki yörüngede bulunan her şey, gökyüzünde aşağı yukarı bu kavisten geçiyor. Genellikle, günışığında görülebilecek kadar parlaklığa yalnızca Ay sahiptir; ancak gece vakti geldiğinde, beş komşu gezegenimiz Merkür, Venüs, Mars, Jüpiter ve Satürn'ün doğudan yükselip batıdan battığı ve hepsinin bahsettiğim bu kavisli yolu izlediği görülebilir.

Ay ve gezegenler kendi ışığını üretmez; yalnızca Güneş'ten gelen ışığı yansıtır. İlk bakışta tıpkı yıldızlara benzeseler de, saatlerce izlediğiniz zaman yıldız sahasına bağlı olarak hareket ettiklerini görürsünüz. Onları ele veren işaret, göreceli parlaklıklarıdır; ayrıca bu kadar yaklaştıkları için atmosferdeki türbülanstan daha az etkilenir ve dolayısıyla parıldamazlar. Güneş'e bizden daha uzak olan Mars, Jüpiter ve Satürn genellikle geceleri en net görünen üç gezegendir. Diğer iki gezegen Merkür ve Venüs, Güneş'e yakındır ve bu sebepten ötürü en kolay gözlemlendikleri zaman alacakaranlık ve şafak vaktidir. Bu iki gezegenden Venüs'ü, yani nefes kesici "Sabah Yıldızı"nı görme ihtimaliniz daha yüksektir; Venüs genellikle Ay'ın ardından gökyüzündeki en parlak şeydir.

İnsanoğlu zamanı daima gökyüzüne bakarak ölçmüştür; dolayısıyla haftanın yedi gününe Güneş, Ay ve en yakın beş gezegenden isim verilmesi tesadüf olmasa gerek. Pazar (Sunday, yani Güneş günü) ve Pazartesi (Monday, yani Ay günü) zaten kolaylıkla anlaşılmaktadır; diğer gezegenler de adını Roma tanrılarından almıştır. Latinceniz benimki kadar kötüyse, Fransızca'sından çıkarmanız daha kolay olacak: *Mardi*, Mars günü; *Mercredi*, Merkür günü; *Jeudi*, Jüpiter günü ve *Vendredi*, Venüs günü anlamına gelmektedir. Herkesin en sevdiği dinlenme günü olan Cumartesi (Saturday) ise anlamına yakışır bir şekilde, Satürn günü demenin tembelce bir yoludur. Anglosakson karşılıkları ise biraz daha çözümleme gerektirmektedir: Tues-

day (Salı) kelimesinin kökeni *Tyrsday*'dir ve Mars'a benzeyen Nors savaş tanrısı Tyr'dan gelir. Merkür'le ilişkili Nors tanrısı Odin, bize *Odinsday* adını bağışlamıştır ve bu gün artık Wednesday (Çarşamba) olarak anılmaktadır. Ünlü Jüpiter'e, diğer adıyla Jove'a tıpatıp benzeyen Nors tanrısı Thor, Thursday'ye (Perşembe) adını verirken, Venüs'e benzeyen Nors bereket tanrıçası Freya'nın adı da Friday'ye (Cuma) bahşedilmiştir. Gördünüz mü? Vikingler olmasaydı, her şey çok daha anlaşılır bir hal alacaktı.

Elbette Uranüs ve Neptün'ü de unutmamak lazım; bu gezegenler Güneş'ten en uzak olan ve görülmesi en zor iki gezegendir ve bunları seçebilmek için genellikle dürbün ve biraz da uzman yardımı gerekir. Plüton'un yerini tespit edebilmek için ise güçlü bir teleskop ve profesyonel bir gökbilimci gereklidir; bununla birlikte, Plüton kısa bir süre önce gezegen ünvanını yitirerek "cüce gezegen" olarak anılmaya başlamıştır. Bunun zalimlik olduğunu düşünebilirsiniz, ancak benzer boyutlara sahip diğer tüm kayaların aşağı yukarı aynı yörünge etrafında döndüğünü ve bunlara isim vermeye yetecek kadar Roma tanrısı bulunmadığını düşünürsek, bu adımın atılması gerekliydi.

UYDULAR, METEORLAR VE KUYRUKLUYILDIZLAR

Artık pusula uçlarının hangi yönleri gösterdiğini de, Güneş'in, Ay'ın ve gezegenlerin gündüzleri ve geceleri gökyüzünde izlediği kesin rotayı da öğrendiniz. Astronomi terimleriyle anlatmak gerekirse, tabağınızdaki güneş sistemi sebzelerini bitirdiniz ve artık puding için hazırsınız. Şansınıza, karanlık gökyüzü birbirinden farklı leziz yiyeceklerle dolup taşıyor.

Elbette, öncelikle insan yapımı inanılmaz derecede etkileyici

şeylerden bahsetmek gerek. 1957'de Sputnik'in siftah yapmasından bu yana, 3.000'den fazla uydu fırlattık ve bu uydular bize mükemmel görüntüler sunabiliyor. Yerküre'ye yakın bir noktada yörüngeye yerleştiklerinden onları görmek için en iyi zaman şehir ışıklarından uzakta, alacakaranlık veya şafak vakti, ay ışığının gölgesinden uzak oldukları yeni Ay evresidir; sonuçta yüzlerce kilometre ötedeki tır boyutlarında bir şeyden yansıyan ışığı arıyorsunuz. Gözünüz alıştığı vakit, ne kadar çok uydu görebileceğinize hayret edeceksiniz. Ancak hızlı davranmanız gerekiyor; şahsen favorim olan Uluslararası Uzay İstasyonu, ufuk çizgisinin bir ucundan diğer ucuna yaklaşık beş dakikada sıçrıyor.[5] İnanılmaz, değil mi? İçinde gerçek kozmonotların bulunduğu gerçek bir uzay istasyonu, Yerküre'nin etrafını öylesine yakın mesafeden dolaşır ki, memleketlerine özgü votkalarını soğuk tutan devasa güneş panellerini görebilirsiniz.

Sky TV yayınını evinize taşıyan türden haberleşme uyduları çıplak gözle görülemeyecek kadar uzaktadır ve Yerküre'den yaklaşık 36.000 kilometre uzaklıktaki sabit bir yörüngede park halindedir; uydu navigasyon sisteminizin çalışmasını sağlayan navigasyon uyduları da yaklaşık 20.000 kilometre mesafede olduklarından pek yakın sayılmazlar; ancak uzay istasyonları, teleskoplar ve meteoroloji uyduları gibi ilginç olanları genellikle Alçak Yerküre Yörüngesi adı verilen yerde, 2.000 kilometre dâhilindedir ve bunları herhangi bir cihaz kullanmadan gözlemlemeniz mümkündür.

Fakat bence karanlık gökyüzünde görebileceğiniz en benzersiz ve heyecan verici cisimler, güneş sisteminin özgür havai fişekleridir: Meteorlar ve kuyrukluyıldızlar. Belki biliyorsunuzdur, meteorlar Yerküre'nin yukarı atmosferine çarptıklarında

5 Aklınıza gelen tüm uyduları takip edebileceğiniz ve gökyüzünün tepenizdeki kısmından ne zaman geçecekleri hakkında ipucu alabileceğiniz muhteşem bir web sitesi var: www.heavens-above.com.

yanan uzay taşı parçalarıdır ve karanlık gökyüzünde gözden kaybolmadan önce birkaç saniyeliğine parlayıp söndükleri görülür. Kuyrukluyıldızlar ise aylarca kaybolmadan görülebilir ve çapları birkaç kilometreye ulaşan kocaman, kirli kartoplarına benzerler; Güneş'e yaklaştıkça ısınarak büyük bir alev topu oluşturur ve arkalarında muazzam boyutta gaz ve toz bulutları bırakırlar. Uzaydan gelen bu iki ziyaretçiyi izlemek inanılmaz derecede etkileyicidir; göreceğimiz gibi, bunlar güneş sisteminin kökenlerine ilişkin hayati öneme sahip ipuçları sunmakta ve Yerküre üzerindeki yaşama dair bilginin anahtarını ellerinde tutuyor olmaları da pekala mümkün.

Teori şöyle: Güneş yaklaşık beş milyar yıl önce, çok sayıda başka yıldızla birlikte, hidrojen gazından ve eski yıldız tozundan oluşan bir "yıldız doğumevi"nde kütleçekimsel bir öbek olarak doğdu. Güneş yoğunlaştıkça yerçekiminin şiddeti de arttı ve minik, yıldızlı ellerinin ulaşabildiği tüm toz, gaz ve buzu kendine çekti. Daha sonra yıldızlara ve gezegenlere dönüşecek maddeleri içeren bu girdaplı kütlede hafif bir rotasyon olmalı; çünkü yerçekimi altında yoğunlaştıkça, tıpkı bir patencinin kollarını bağladığında daha hızlı dönmesi gibi, hızlanarak disk şeklini aldı. Güneş'imizin dönmesinin ve tüm gezegenlerin aynı yönde Güneş yörüngesini takip etmesinin sebebi bu. Güneş'in yerçekimi yakındaki hidrojenin son kırıntılarını vakumlayarak içine çektiğinde, diskin daha yoğun bölgeleri yerçekimi altında yavaş yavaş kümeleşmeye başlayarak gezegenleri oluşturdu: Son olarak, Güneş alev alarak yanmaya başladı ve ortaya çıkan güneş rüzgârı, tüm kaçak gazı güneş sisteminin dışına savurarak Güneş'i kardeş yıldızlardan uzaklaştırdı.

Diskteki gezegenler üç ana sekans halinde oluştu. İlk olarak, küçük kayalık gezegenlerden oluşan iç kuşak ortaya çıktı: Merkür, Venüs, Yerküre ve Mars; ardından iki devasa gaz yığını Jüpiter ve Satürn oluştu; en arka sırayı ise buz devleri Uranüs ve

Neptün kaptı. Ne var ki, diskin içindeki maddelerin tamamı gezegenleri oluşturmadı. Mars ile Jüpiter'in arasında, başarısız olan kayalık gezegenlerle ve Ana Asteroit Kuşağı adı verilen enkazla dolu bir çeşit hurdalık bulunuyordu; bu hurdalığın meteorları oluşturan başıboş uzay taşlarından çoğuna kaynaklık ettiği düşünülüyor. Muhtemelen biliyorsunuzdur ama asteroitler önümüzdeki birkaç 10 yıl içinde büyük önem kazanacak. 2010'da, Başkan Obama uzay mekiğini devreden çıkararak NASA'ya yeni bir görev yüklemeye karar verdi: 2025'e kadar bir asteroide ayak basmak. İlk bakışta bunun Ay yolculuğuna kıyasla biraz yavan kaldığı düşünülebilir; ancak asteroitler hakkında bilgi topladıkça onların ne kadar önemli olduğunu daha iyi anlıyoruz.

Öncelikle şunu söyleyeyim: Olağandışı bir meteorun hepimizi yeryüzünden silme tehlikesi gerçekten de var. Meteorların büyük kısmı çakıltaşı boyutundaki maddelerden oluşur; ancak ara sıra gerçekten ağır bir asteroit Yerküre'nin çarpışma rotasına girer ve patlamanın ardından kalan kısmı ciddi anlamda büyük hasar yaratabilir. Kretase döneminin sonunda, bundan yaklaşık 65 milyon yıl önce, 10 kilometreyi aşkın çapa sahip bir asteroidin dünyaya çarpması nedeniyle dinozorların toplu halde yok olduğuna inanıyoruz; bu asteroit Meksika'nın Chicxulub kentinde 180 kilometre genişliğinde bir krater açmıştır. Bir dahaki sefere bu serserilerden biri şehre indiğinde, çay fincanınızı tabağında tutmayı deneyin.

Dolayısıyla Başkan Obama önemli bir noktaya temas etmişti: Nadiren de olsa Yerküre'de krater açan büyük kayalardan birine manevra yaptırmayı öğrenebilirsek dünyamızı ziyaret etme tehdidinde bulunan başıboş bir kayanın yönünü değiştirmeyi başarma şansımız doğar. Yine eşit ölçüde önemli olduğu üzere, asteroitler yaratılışın en karmaşık bulmacalarından birinin kayıp halkası olarak gözükmektedir: Yerküre çok sıcak bir toz katmanının çökmesiyle oluştuysa, suyu nereden geldi?

SULU ASTEROİTLER

Ay'ın kabarcıklı yüzüne bakar bakmaz, bu kabarcıkların tuhaf bir asteroit çarpışması sonucunda oluştuğunu rahatlıkla söyleyebilirsiniz; Apollo misyonları da, tüm kraterlerin yaklaşık 4 milyar yıl önce, yani güneş sisteminin oluşmasından aşağı yukarı 600 milyon yıl sonra, görece dar bir zaman diliminde oluştuğunu göstererek herkesi şaşkına çevirmişti. Günümüzde, Ay'ın Geç Dönem Ağır Bombardıman adı verilen bir felakette asteroitlerin toplu olarak göçmesi sonucu zarar görerek bu kabarcıklı halini aldığı düşünülüyor. Ay bombalandıysa diye düşünüyor insan, demek ki Yerküre dâhil diğer yerbenzeri gezegenler de bombalanmıştır. Ay'ın üzerinde jeolojik aktiviteler oldukça az görülür; dolayısıyla kraterler kıpırdamadan dururken, Yerküre ve diğer yakın gezegenler, örneğin Mars ve Venüs, volkanik patlamalara ve levha hareketine bağlı olarak pürüzsüz bir hale gelmiştir.

Yakın zamanda, büyük ölçüde su bulunduran birçok asteroit keşfedildi; bazılarındaki su miktarı, Yerküre'deki okyanusları birkaç kez doldurabilecek kadar fazla. Soğumakta olan Yerküre'nin sırılsıklam asteroitler tarafından yoğun bir bombardımana tutulması, suyumuzun nereden geldiğinin yanı sıra Yerküre yaklaşık 4,6 milyar yıl önce oluşmasına rağmen, neden bu kadar eski kayalar bulamadığımızı açıklamaya da büyük katkı sağlıyor.[6] Teorilerimiz doğruysa, sulu asteroitler tarafından yaklaşık 4 milyar yıl önce yapılan Geç Dönem Ağır Bombardıman sonucunda, Yerküre'deki tüm yeni oluşmuş yüzey kayaları eriyerek yükselen buhar bulutları oluşturdu ve bu bulutlar Yerküre'nin yerçekimi tarafından tutulup ardından yoğunlaşarak okyanusları meydana

6 İlk kayalardan hiçbirinin günümüze ulaşamadığını düşünürsek, Yerküre'nin tarihini nasıl saptayabildiğimizi merak ediyor olabilirsiniz. Yöntemlerden biri meteoritlerin oluşumuna bakmaktır; meteoritler Yerküre'yle aynı zamanda oluşmuştur, ancak jeolojik açıdan faal olamayacak kadar küçüktürler.

getirdi. Başka bir deyişle, bardağınızdaki su pekala Mars'ın ötesinden gelmiş olabilir.

BU GÜNEŞ SİSTEMİNİ NE TÜR KOVBOYLAR OLUŞTURDU?

Yerküre benzeri gezegenlerin oluşumundan artakalan kaya döküntüsü, Uranüs ve Neptün gibi buz devlerinin oluşumundan kalan devasa şeritler halindeki buz kütleleriyle kıyas kabul etmez. Tıpkı Mars'ın dışındaki kayalık hurda yığınının, meteorların ana kaynağı olması gibi, Neptün'ün dışındaki buzul hurda yığını da kuyrukluyıldızların kaynağını oluşturur. Bunun bir kısmı Kuiper Kuşağı adı verilen kabaca donut şeklindeki bir bölgede yer alır; burası, Plüton'un ve diğer gezegen adaylarının yuvasıdır. Kısa periyotlu pek çok kuyrukluyıldızımızın -hani şu her birkaç yılda bir ziyaretimize gelenlerin- kaynağının bu olduğu düşünülmektedir. Uzun periyotlu olanların kökeninin ise çok daha uzaklara, Güneş'ten aşağı yukarı tam bir ışık yılı mesafede tüm güneş sisteminin etrafını saran ve buz kalıntılarından oluşan Oort Bulutu adlı gizemli bir baloncuğa dayandığına inanılmaktadır.

Evet, yanlış duymadınız: Tam bir ışık yılı. Yani fersah fersah uzaklıkta olduğu kabul edilen Kuiper Kuşağı'nın en uzak noktasından binlerce kat daha uzakta ve en yakın yıldızımız Proxima Centauri'yle aramızdaki mesafenin çeyreği kadar mesafededir. Doğrusu, Oort Bulutu'ndaki pek çok kuyrukluyıldız çekirdeği, yıldız doğumevi zamanlarında diğer bebek yıldızların gezegen disklerinden çalınmış olabilir. Başka bir deyişle, gece arada bir gökyüzünde parıldayan kuyrukluyıldızlar, aslında yabancı dünyalardan gelen ziyaretçiler olabilir. Hatta Yerküre'ye ilk hayat verenler de onlar olabilir. Neticede, kuyrukluyıldızlar bir bebek yıldızdan diğerine malzeme taşıyabiliyorsa, mikrobiyolojik ya-

şamın oluşumu, tıpkı suçiçeğinin anaokulunda kısa sürede yayılması gibi, yıldız doğumevindeki bebek güneş sistemlerine sıçrayan nadir bir olay olabilir. Asteroitler ve kuyrukluyıldızlar sayesinde Yerküre hiç de izole değildir; güneş sisteminin en uzak köşeleriyle ve hatta belki de güneş sisteminin ötesindeki yıldızlarla doğrudan bağlantılıdır.

ZODYAK

Artık arka bahçemizde neler olup bittiğini öğrendiğimize göre, hadi başımızı tekrar gökyüzüne çevirip en yakın komşularımıza, yani yıldızlara dönelim. Elbette tüm yıldızlar derinlik algımızı afallatacak kadar uzaktadır ve yıldız sahası bir bütün olarak üzerimizi tıpkı kubbe gibi sarmaktadır; aslında yıldızlar hem içkin kuvvetleri hem de Yerküre'ye uzaklıkları açısından büyük ölçüde farklıdır. Proxima'nın komşusu Alfa Centauri, çıplak gözle görülebilecek en yakın yıldızdır ve ışığının bize ulaşması yaklaşık dört yıl sürer.[7] Optik hilelere başvurmadan görülebilecek en uzak yıldızlardan biri Deneb'dir ve ışığının yolculuğu yaklaşık 1.600 yıl sürer. Yani, düşünecek olursanız, Alfa Centauri her Olimpiyat öncesinde görülmektedir, oysaki Deneb'i Roma'nın ilk yağmalanmasından bu yana görmüyoruz.

En parlak yıldızlar genellikle takımyıldızlar şeklinde gruplanmaktadır; bu takımyıldızlar bence hayvanlar, tanrılar ve ev eşyalarından oluşan karman çorman bir koleksiyonu andırmaktadır. Yunanlar kuzeydekilerin büyük kısmına isim vermiştir; güneydeki hayvan koleksiyonuna gelince, bu konuda kendimizden başkasını suçlayamayız. Hayvan izlerinin büyük kısmı ekliptik

7 Alfa Centauri'nin yalnızca güney yarımküreden, Centaurus takımyıldızında görülebildiğini belirtmeliyim, dolayısıyla Lahey'den bakıp gözlerinizi yormayın.

boyunca uzanmaktadır; bu durum Babilliler için çok önemliydi ve Zodyak'ın doğmasına neden olmuştu. Zodyak, ismini Yunanca'da hayvan anlamına gelen *zoon* sözcüğünden alıyordu. Ancak astrolojiye tutkuyla inanıyorsanız, Güneş doğumgününüzde öğle vakti "yanlış burçta" görünürse hayalkırıklığına uğramayın. "Dünyanın Sonu Yaklaşıyor" adlı Bölüm 7'de göreceğimiz üzere, Yerküre'nin dönme ekseninde yavaş bir yalpalama vardır ve tam bir döngü yaklaşık 26.000 yılda bir gerçekleşmektedir. Yani, Yerküre'nin perspektifinden, son 2.000 yıl içinde takımyıldızlar yaklaşık bir yıldız burcu kadar geriye kaymıştır. Başka bir deyişle, sık sık lider ruhlu bir Aslan burcu olduğunuzu duysanız da, aslında utangaç ve sıkılgan bir Yengeç'siniz.[8]

Uluslararası Astronomi Birliği -yani Plüton'u cüce gezegen kategorisine düşüren gıcıklar- 88 takımyıldız belirlemiştir; bunlar adını aldıkları şeylere uzaktan yakından benzememelerine rağmen, en azından gökyüzü için bir nevi koordinat vermektedir. Komşu yıldızlarımızın ötesine geçip galaksimizin parıldayan kalesini keşfetmeden önce, hadi köy meydanındaki şenlikten eve yürüyerek dönmek zorunda kaldığınız o uzun, ay ışığından uzak akşamları neşelendirecek bir iki yıldız numarası öğrenelim.

GÖKYÜZÜNDE BİR ELMAS GİBİ

Artık neyle uğraştığımızı bildiğimize göre, Bölüm 1'de yıldızlar hakkında öğrendiklerimizi kısaca hatırlayalım. Yıldızlararası bir

8 Bu arada, ekliptik üzerinde sıralanan takımyıldızları bulmak için karanlık gökyüzünü incelediğinizde, Scorpius ve Sagittarius arasında yer alan 13. takımyıldız Ophiuchus'u, yani Yılancı Takımyıldızı'nı da fark edeceksiniz. Merak ediyorsanız söyleyeyim, Ophiuchus'lar "astrolojiye çatlak dünya görüşleriyle herhangi bir şekilde çelişen tüm somut kanıtları görmezden gelebilecek kadar tutkuyla inanır".

gaz, toz ve buz bulutu -örneğin süpernovada patlayan yakın bir yıldız sebebiyle- bir tür şok dalgasına maruz kaldığında, bazı parçacıklar diğerlerinden daha fazla yoğunlaşarak kendi yerçekimleri altında çökmeye başlar. Şok dalgası büyük olasılıkla yığınların bir miktar dönmesine de neden olur; söz konusu yığınlar daraldığında daha hızlı dönmeye başlayarak, çöken sıcak gazdan oluşan merkezi bir top şeklini alır ve etrafı bir diskle çevrili olan bu gaz topu neticede gezegenleri oluşturur. Kısa süre içinde merkezi gaz topu, nükleer füzyonun başlamasına yetecek kadar yoğun ve sıcak bir hale gelir; nükleer füzyon ile hidrojen helyuma dönüşünce ortaya büyük miktarda enerji çıkar. Böylece bebek yıldız oluşur.

İyice ısınan her şey gözle görülebilir ışık yaymaya başlar. Pek çoğu, yaklaşık 1.000 K (kabaca 700 °C) sıcaklığa eriştiğinde kırmızı ışık yayar, "alev gibi kırmızı" ifadesi de buradan gelmektedir. "Her şey" derken çok ciddiyim: Bir zerrenin kömür parçası ya da muz olması hiç fark etmez. Bu zerreyi sıcaklığı 6.000 K'ye erişecek kadar ısıtırsanız, beyaz ışık yaymaya başlayacaktır; sıcaklığını yaklaşık 10.000 K'ye yükseltirseniz, yaydığı ışığın rengi mavi olacaktır. Bu kadarla da kalmıyor: Neticede, mangalda ateş yaktığımızda akkor bir közün kırmızımsı közden daha sıcak olduğunu, mavi alevin de beyazdan daha sıcak olduğunu içgüdüsel olarak biliriz.

ÜÇÜZLER

Peki, bunun yıldızlarla ne alakası var? Eh, yıldızlar, en temel haliyle, gözle görülebilir ışık yayacak kadar sıcak olan devasa nükleer füzyon reaktörleridir. Mavi yıldızlar en büyük, en sıcak ve en parlak olanlarıdır ve "hızlı yaşa, genç öl" felsefesini benimserler.

Güneş'in kütlesinden 10 ila 100 kat daha büyük olabilirler ve ömürleri görece kısadır (milyonlarca yıl civarı); sonunda nükleer yakıt kaynaklarını tüketerek süpernova şeklinde infilak ederler. Sizi meydana getiren tüm atomlar, bunun gibi tek kelimeyle çığır açan muhteşem yıldızlardan oluşur. Yaratılış arifesinden bu yana, sayılamayacak kadar çok yıldız nesli tekrarlayan bir döngüde gelip geçmiştir: Süpernovadan gelen şok dalgası yıldızları oluşturur, aralarındaki büyük yıldızlar süpernova olarak patlar, süpernovadan gelen şok dalgası yeni yıldızlar oluşturur.

Güneş gibi beyaz yıldızlar, bu doğumevlerinde en sık görülenlerdir ve orta ölçekli boyutlarla sıcaklıklara sahiptirler.[9] Bu tür bir yıldız yakıtını tüketip patlamadan önce birkaç milyar yıl yaşar. Nükleer füzyon tamamen sona erdiğinde, gaz ve tozdan oluşan dış katmanlar uzaklaşarak gezegenimsi nebula adı verilen bir bulut oluştururken, çekirdek büzüşerek Yerküre'nin boyutuna küçülür. Gökbilimciler Yerküre boyutundaki bu yoğun cisimlere "beyaz cüce" adını verir. Çekirdek genellikle karbon üretmeyi başarır, yani sonuç olarak Güneş gibi bir yıldız gerçekten de gökyüzünde bir elmas haline gelir; tabii bu elmas akkordur ve Yerküre boyutundadır.

Öte yandan, kırmızı yıldızlar en küçük, en soğuk ve en sönük olanlardır ve trilyonlarca yıl yaşarlar. Bizzat Evren'in yalnızca 14 milyar yaşında olduğu düşünüldüğüne göre, bugüne dek oluşan tüm küçük kırmızı yıldızlar hâlâ hayattadır; Evren henüz ortaya çıktığında oluşanlar bile... Yıldızlara isim verildiği sırada siyaseten doğruluk kavramından henüz eser yoktu; dolayısıyla Güneş'ten büyük yıldızlara genellikle "dev" ve "süper dev" adı

9 Ne düşündüğünüzü biliyorum: Güneş beyaz değil, sarıdır. Aslında, atmosferimiz yüzünden sarı görünmektedir. Hava molekülleri ışığı dağıtmaya meyilli olduğundan, ışık ne kadar mavileşirse o kadar fazla dağılır. Bu nedenle, Güneş'ten gelen tüm mavi ışık gökyüzünün etrafında seker ve Güneş'in sarı, gökyüzünün de mavi görünmesine neden olur. Güneş'e ancak uzaydan baktığınızda gerçek rengini görürsünüz: Göz alıcı, parlak bir beyaz.

verilirken, Güneş'le aynı veya daha küçük boyuta sahip olan yıldızlara terbiyesizce "cüce" adı verilmiştir. Küçük kırmızı yıldızlar, yani bilinen adlarıyla "kırmızı cüceler", nükleer yakıt kaynaklarını idareli kullanır ve bildiğimiz kadarıyla asla hidrojeni helyuma dönüştürmekten öteye gidemezler. Dolayısıyla oldukça sıradan görünürler; ta ki kırmızı cücenin yörüngesinde dönen bir gezegende hayatta kalmayı başaran herhangi bir yaşam formunun, tıpkı onlara evsahipliği yapan yıldız gibi, hangi açıdan bakılırsa bakılsın, asla sönüp yok olmayacağını fark edene kadar. Bölüm 8'de dünyadışı yaşamdan bahsederken bu konu hakkında detaylı bilgi vereceğim...

CÜRETKÂR DEVLER VE UTANGAÇ CÜCELER

Yıldızlar, çöken hidrojen gazından oluşan yıldız doğumevinde meydana gelir ve üç farklı boyuttadır: Büyük (mavi), orta (beyaz, Güneş gibi) ve küçük (kırmızı). Şimdi, karanlık gökyüzüne baktığımızda neler görebileceğimizi düşünelim.

Öncelikle pek çok küçük kırmızı yıldız görebiliriz, çünkü bu yıldızların ömrü şaşırtıcı derecede uzundur; bununla birlikte, Güneş gibi birçok orta ölçekli beyaz yıldız da görebiliriz, bunun sebebi de en sık meydana gelen yıldız olmalarıdır. Büyük mavi yıldız görme ihtimalimiz oldukça düşüktür, çünkü bunlar daha nadir görülür ve çok kısa sürede sönerek kaybolurlar. Ancak, gece gökyüzüne şöyle bir baktığınızda neredeyse hiçbir kırmızı yıldız görmezsiniz; bunların hemen hemen hepsi beyaz ya da mavidir. Böyle bir şey nasıl mümkün olabilir?

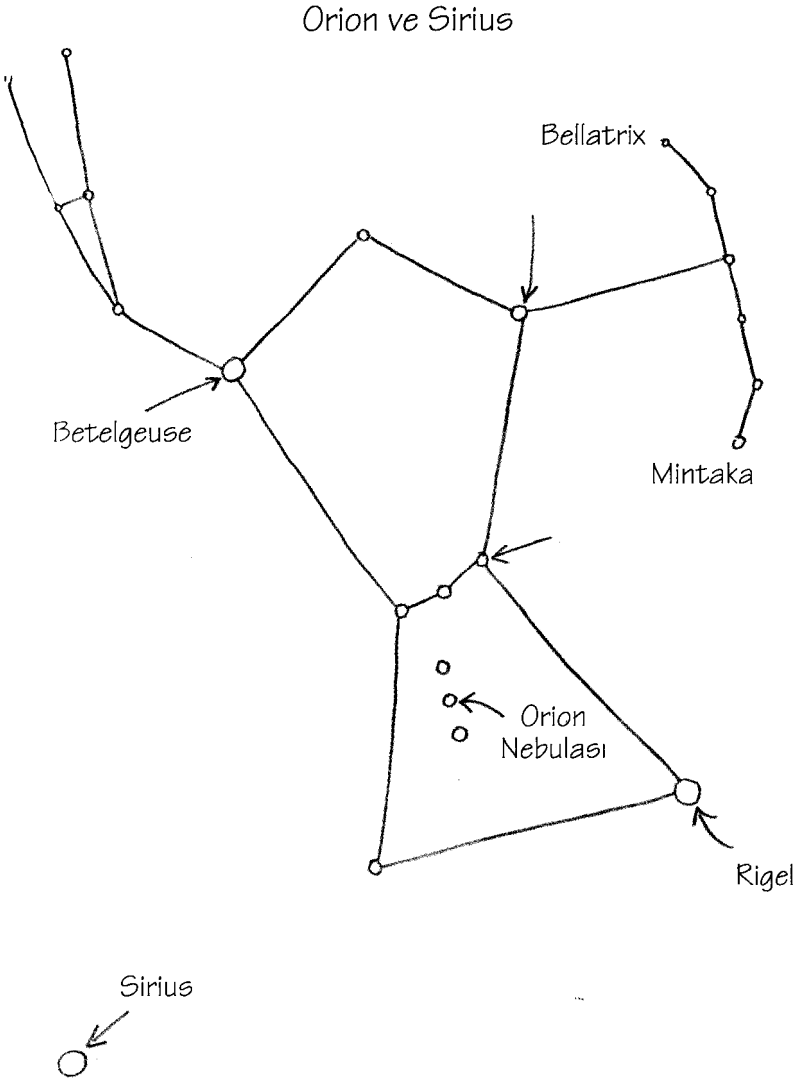
Cevap elbette kırmızı yıldızların aşağı yukarı beklediğimiz oranda çıkması, ancak hiçbirini çıplak gözle görmemizin mümkün olmamasıdır. Proxima Centauri bir kırmızı cücedir, ancak

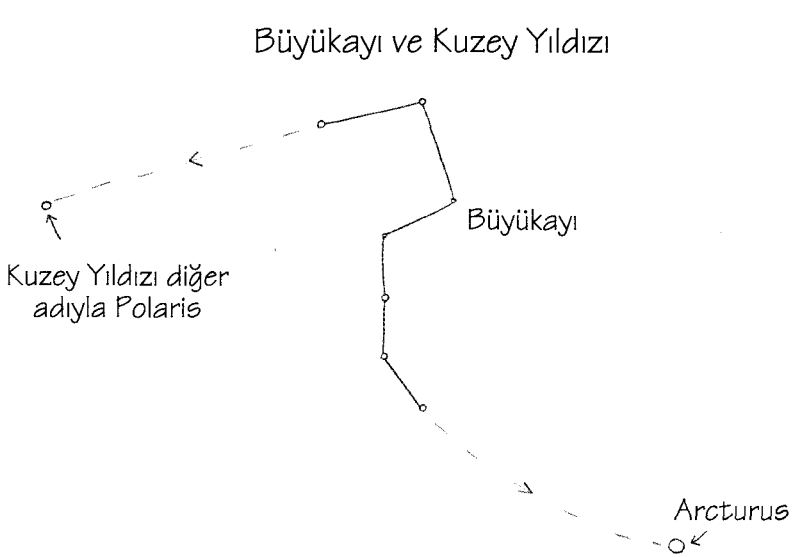
en yakın komşumuz olmasına rağmen, güçlü bir optik teleskop olmadan görülemeyecek kadar sönüktür. Ve tam olarak güney yarımkürede yer alır, dolayısıyla ekvatorun kuzeyinde yaşıyorsanız tabii ki göremezsiniz. Aynı şekilde, mavi yıldızlar nadir olmasına rağmen öylesine parlaktır ki, genelde çıplak gözle görülmeleri çok daha kolaydır. Şunu hayal edin: Gece gökyüzünde gördüğünüz yıldızların yüzde 10'u devasadır ve bulunmaz hint kumaşı gibidirler.

İŞTE GÜNEŞ DOĞUYOR

Güneş'le aynı boyuttaki bize en yakın yıldız olan Alfa Centauri'den daha önce bahsetmiştik; güney yarımkürede yaşayanlar bu yıldızı Güney Haçı'nı işaret eden iki İşaretçi yıldızdan daha parlak olanı şeklinde tanıyacaktır. Kuzey yarımküredekiler için ise Güneş'e benzeyen en yakın yıldız, Akyıldız olarak da bilinen Sirius'tur. Kütlesi ve boyutu Güneş'in yaklaşık iki katıdır ve aşağı yukarı 8,6 ışık yılı uzaklıkta yer alır. Genellikle geceleri kuzey yönündeki en parlak yıldızdır; Orion'a, yani Avcı'ya baktığınızda, bu avcının topuğuna tutunan parlak yıldız Sirius'tur.

Şimdi, patlama fazına girmiş olan Güneş tipi yaşlı bir yıldıza dönelim. Bu yıldız aynı zamanda "kırmızı dev" olarak bilinmektedir. "Arcturus" adındaki bu yıldızı bulmak için yedi parlak yıldızdan oluşan cezve şeklindeki gruba, yani Büyükayı'ya bakın ve "kâseden" uzaklaşarak "kulpu" oluşturan kavisi takip edin; karşınıza çıkan en parlak ikinci yıldız Arcturus'tur. 36 ışık yılı mesafedeki bu yıldız, Sirius'tan yaklaşık beş kat daha uzaktadır ve kütlesi aşağı yukarı Güneş'le aynı olmasına rağmen çapı yaklaşık 25 kat daha geniştir. Bir gün mütevazı Güneş'imiz de bu "klozete oturmuş Elvis"e benzeyen yıldız gibi görünecek.


Orion ve Sirius
Bellatrix
Betelgeuse
Mintaka
Orion
Nebulası
Rigel
Sirius



MAVİ BİR ŞEY

Size Güneş benzeri yıldızlardan bazı klasik örnekler sundum. Artık daha bodur -ve daha sıcak- mavi yıldızlara bakmanın zamanı geldi. Orion takımyıldızı, bulması en kolay takımyıldızlardan biri olmasının yanı sıra her iki yarımküreden de görülebilir ve içindeki tüm yıldızlar devasa boyuttadır. Hangi yarımkürede olursanız olun, öncelikle kuşağın üç yatay yıldızını bulmalısınız; bu yıldızların hemen altında kılıcı oluşturan üç yıldız yer alır. Bunlara başka bir isim de verilebilirdi, fakat kılıç olarak adlandırılmışlar. Belki inanmayacaksınız ama bu üç kılıç yıldızının ortasındaki yıldız aslında Orion nebulası, yani bizzat kendi yıldız doğumevinizdir. Yaklaşık 1.300 ışık yılı mesafededir ve 24 ışık yılı çapındadır; hidrojen ve tozdan meydana gelen bulutlarında bebek yıldızlar oluşur.

Sırada henüz kısa pantolon giyen gerçekten büyük bir mavi

yıldız var. Orion kuşağına geri dönelim; üç yıldızın en sağındaki yıldız Mintaka'dır ve göz alıcı mavi bir ışık saçar. Kuşaktaki üç yıldızın en sönüğü olmasına rağmen, kütlesi Güneş'in yaklaşık 20 katıdır ve aşağı yukarı 90.000 kat daha parlaktır. Orion'un devasa mavi yıldızlardan oluşan kuluçkasındaki diğer tek piliç, avcının sağ omzunu oluşturan Bellatrix'tir; diğerlerinin tamamı mavi süper devdir, yani hidrojen yakmayı bırakıp daha ağır elementler oluşturmak üzere Güneş'in çapının yaklaşık 100 katı kadar şişmişlerdir. Bunun klasik bir örneği, Orion'un sağ ayağını oluşturan Rigel'dir.

Şimdi, meraklı gözlerimizi hayatının sonuna yaklaşmış gerçekten büyük bir yıldıza çevirelim. Kuşağın üç yıldızını tekrar bulun ve ardından Orion'un sağ omzuna bakın. Karşınıza çıkan kıpkırmızı yıldız, "beetle juice" (Beterböcek) olarak telaffuz edilen süper dev Betelgeuse'dur ve önümüzdeki birkaç milyon yıl içinde her an patlaması beklenmektedir. Orion'daki Rigel gibi mavi süper devler büyüktür, ancak Güneş'ten en az 10 kat büyük olan Betelgeuse bambaşka bir hikâye konusudur. Nükleer yakıt kaynağının çoğunu tüketmiştir ve çekirdeğinin mümkün olduğunca büyük kısmını demire, yani bir yıldızda oluşan en ağır elemente dönüştürmeye çalışmaktadır. Füzyon tamamen sona erdiğinde -bu gece siz izlerken de gerçekleşebilir- yıldızın çekirdeği yerçekimi altında çökerek muazzam miktarda enerji yayacak ve bu enerji yıldızın dış katmanlarını bir süpernovada patlayana kadar ısıtacaktır.[10] Bu patlamanın yaklaşık 600 ışık yılı mesafede, kapsama alanımız dışında gerçekleşeceğini rahatlıkla söyleyebiliriz; buna rağmen öylesine parlak olacaktır ki, gündüz

10 Yıldız çekirdeklerinde yalnızca demir kadar büyük atomlar oluştuğundan, Yerküre'deki diğer 92 elementin nasıl ortaya çıktığını merak edebilirsiniz. Cevap şu: Süpernovaların aşırı derecede yüksek basınçlarında ve sıcaklıklarında oluşurlar. Başka bir deyişle, çelik çatalınızdaki demir büyük ihtimalle irice bir mavi yıldızda gerçekleşen nükleer füzyon sonucunda dövülmüştür; çatınızdaki baca eteğinde bulunan kurşunun tohumları da devasa bir yıldız patlamasında ekilmiştir.

bile rahatlıkla görülebilecektir. Şok dalgaları, yıldızın etrafını saran yıldızlararası gaza saçılacak ve yeni madde öbeklerinin oluşmasına yol açacak, bu öbekler de kendi yerçekimleri altında çökerek yepyeni bir yıldız nesli oluşturacaktır.

Kütlesi Güneş'in yaklaşık 10 katı olan Betelgeuse öylesine büyüktür ki, patladığında ardında bıraktığı her şey büyük olasılıkla, beyaz cüce olarak da bilinen, Yerküre boyutundaki akkor karbon öbeklerinden birini oluşturacak kadar büyük olacaktır. Fakat Betelgeuse iki kaderinden birini yaşayacaktır. Geriye kalan şey yaklaşık 1,4 güneş kütlesinden büyük olursa, kendi yerçekimi altında ezilip küçülerek nötron yıldızı olarak bilinen etkileyici ölçüde yoğun bir madde topu oluşturacaktır. Beyaz cüce de yoğundur, ancak nötron yıldızı aşağı yukarı bir milyar kat daha yoğundur; toplu iğne başı kadarı yaklaşık 1.000 ton ağırlığında olacaktır. Öte yandan, Betelgeuse'un süpernovası ardında yaklaşık üç güneş kütlesinden büyük bir çekirdek bırakırsa, söz konusu çekirdek ezildiğinde nötron yıldızının pamuk şeker gibi görünmesine neden olacak kadar yoğun bir şey ortaya çıkacaktır: Karadelik.

SÜPERSTARLARIN KORKUNÇ KADERİ

Bölüm 2'de LHC'deki parçacıklar arasında gerçekleşen çarpışmaların nasıl karadelik oluşturabileceğinden, nasıl doğrudan gözlemlenemeyeceklerinden -tanımsal olarak- ve muhtemelen bir ışık gösterisi eşliğinde belirip adeta göz açıp kapayıncaya dek buharlaşacaklarından bahsetmiştik. Bildiğiniz gibi, cüsseli yıldızların ezilip küçülmesiyle oluşan karadelikler pek iyi huylu değildir. Belirli bir mesafeden bakınca tıpkı alelade büyüklükte bir cisim gibi görünürler: Mesela uzay geminizi doğru açıya ayarlarsanız, bir karadeliğin yörüngesinde herhangi bir büyük

yıldızın yörüngesindeymiş gibi güvenle dönebilirsiniz. Ancak çok yaklaşırsanız, kendinizi ışığın bile kaçamayacağı çok güçlü bir kütleçekim alanının etkisi altında buluverirsiniz.

Güvenle yaklaşabileceğiniz mesafe nedir? Bilinen ismiyle olay ufku, dönüşün olmadığı noktadır; Güneş'in 10 katı kütleye sahip bir karadelik için bahsettiğimiz mesafe aşağı yukarı 30 kilometredir. Pratikte böyle bir şeye bu kadar yaklaşmanız mümkün değildir; çünkü yerçekimi öyle kuvvetli olacaktır ki, sizi ve uzay geminizi bu mesafenin yaklaşık 10 katı uzağa püskürtecektir. Güvenli tarafta olmak için 3 milyon kilometreden biraz daha yüksek bir yörüngeye yerleşmeniz gereklidir, bu da Yerküre'nin Güneş'e uzaklığının yaklaşık 50'de 1'idir. Böylece yolculuğunuz en fazla Disneyland'deki Uzay Dağı macerası kadar stresli olacaktır; bu da benim için yeterli.

X IŞINLI GÖZLÜK

Peki, karadelikleri göremiyorsak varlıklarından nasıl emin oluruz? Neticede ışık bile onlardan kaçamıyorsa teleskopla görülmelerini bekleyemeyiz, değil mi?

İlginç bir şekilde, cevap şu: Görünür ışık kullanan teleskoplarla görülmezler, ancak başka dalga boylarına bakan teleskoplar kullanırsanız görünürler. Elbette, görebildiğimiz azıcık miktardan daha fazla ışık vardır: X ışınları, morötesi, kızılötesi, mikrodalgalar ve radyo dalgaları temelde aynı şeydir, ancak bunları gözlerimizle tespit edemeyiz. Doğru araçlar sayesinde, bahsettiğim diğer dalgaboylarını kullanarak görüntüleri tıpkı gözlerimizin görünür ışık kullanarak yarattığı şekilde oluşturabiliriz. Ayrıca, radyo dalgaları ve X ışınlarının uzaktaki bir galaksi bölgesinin karadelik barındırdığını işaret eden göstergeler olduğu anlaşılmıştır.

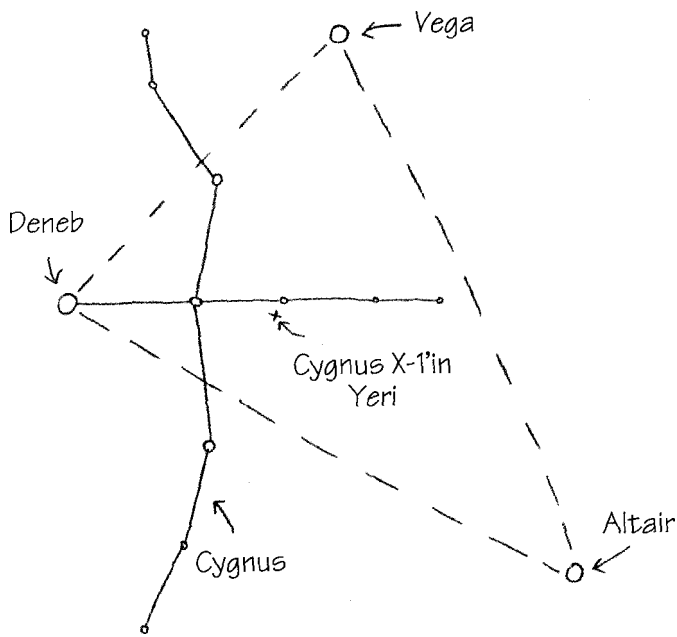
Görünüşe göre karadelikler oldukça pisboğazdır. Çoğu yıldız, bildiğiniz gibi, yıldız doğumevlerinde öbekler halinde doğar ve genellikle ortak kütleçekimleri sayesinde birbiriyle kaynaşır. Güneş'imiz biraz daha yalnızdır;[11] etrafımızdaki yıldızların yaklaşık üçte biri, çeşitli boyutlarda bir veya daha fazla partnere sahiptir. Mesela Polaris'in yörüngesinde aslında en az dört farklı yıldız bulunmaktadır. Yıldızsal bir karadelik genellikle kardeşlerinden beslenmeye başlar; madde, kurban yıldızın dış katmanlarından akar ve emilerek içeri çekilirken muazzam boyutta enerji yayar. X ışını ve radyo dalgaları biçiminde açığa çıkan bu enerji, biraz akıllıca iz sürülmesi halinde karadelik olması pekala mümkün bir şeyi işaret edebilir.

KUĞUNUN KARANLIK KALBİ

1.600 ışık yılı uzaklıktaki Deneb'in çıplak gözle görülebilecek en uzak yıldızlardan biri olduğunu hatırlıyor musunuz? Deneb, Kuğu adıyla da bilinen Cygnus kuzey takımyıldızının "kuyruğunu" oluşturan yıldızdır. Göbeğinde Cygnus X-1 adı verilen ve 30 güneş kütlesi boyutundaki mavi bir süper devden beslenen yıldız boyutunda bir karadelik olduğuna inanılan bir cisim bulunur. Tabii ki biz karadeliği doğrudan göremeyiz; bunun yerine, eş yıldızdan küçük bir görünmez cisme akan ve bu süreçte büyük miktarda X ışını yayan maddeyi görebiliriz. Besleyici yıldızın her bir yörüngeyi tamamlaması için gereken zamanı ölçerek, görünmez

11 En azından, bildiğimiz kadarıyla. Aslında bir teoriye göre, uzaklarda bir yerlerde, Oort Bulutu'ndaki buzul enkazından oluşan mezarlığın ötesinde, Güneş'in kütleçekimsel ikizi olan ve henüz keşfedilmemiş başka bir küçük sönük yıldız vardır. Hatta bu farazi ikize Nemesis adı verilmiştir. Buz kütlelerini periyodik olarak Oort Bulutu dışına atmaktan ve böylece uzun periyotlu kuyrukluyıldızlar oluşturmaktan sorumlu olduğuna inanılır.

Cygnus ve Yaz Üçgeni



cismin kütlesinin Güneş'ten yaklaşık 10 kat daha büyük olduğunu söyleyebiliriz: Başka bir deyişle, nötron yıldızı olamayacak kadar ağırdır ve en iyi ihtimalle %100 gerçek bir karadeliktir.

Cygnus, yaz aylarında en kolay bulunabilecek takımyıldızlardan biridir ve tıpkı Orion'un kışın yaptığı gibi, akşamın erken saatlerinde kuzey göklerine hâkimdir. Parlak Deneb, Vega ve Altair yıldızlarından oluşan meşhur "yaz üçgenine" bir bakın; bunlar güneydoğu yönündeki en parlak üç yıldızdır ve aşağıyı gösteren bir ok şeklindedir. Üçgenin sol üst köşesi Deneb'dir; şimdi daha yakından bakacak olursanız kanatlarını iki yana açmış, boynunu doğruca sağ üstteki Vega ile alttaki Altair arasından uzatmış, uçan bir kuğunun kuyruğuna benzediğini görürsünüz. Parlak yıldızlardan oluşan bu küçük grubun ortasında evrendeki en ka-

ranlık, en yoğun cisimlerden biri bulunur. Şükürler olsun ki, bu cisim yaklaşık 6.000 ışık yılı ötede, çok uzaklardaki Deneb'den bile daha uzaktır. Daha da şükürler olsun ki, öğle yemeğinde başka bir güneş sisteminden beslenmektedir.

IŞIK NEHRİ

Deneb'den çok uzaktaki yıldızsal karadeliklerden bu kadar bahsettiğimize göre, artık galaksinin derinliklerine bakmanın zamanı geldi. Bu serüvende, bize X ışınlarından radyo dalgalarına kadar mümkün olan her türlü ışık frekansıyla uğraşan en hassas teleskoplar yardımcı olacak. Ancak, galaksiyi tamamen geride bırakıp Evren'in en uzak sınırlarını keşfetmeye başlamadan önce, çıplak gözlerimizle karanlık gökyüzüne son bir bakış atalım.

Artık gök kubbeyle birbirimize adımızla hitap edecek kadar samimi olduk. Kendi güneş sistemimizdeki en yakın beş gezegenin yörünge düzlemi etrafında gezinmesini izledik. Gözle görülebilir en yakın yıldız olan Alfa Centauri'yi ayrı olarak ele aldık. Sağdıçlarımız da Orion, Cygnus ve Plough (Büyükayı). Bildiğimiz üzere, gök kubbedeki yıldızlar genellikle büyük oynar: Karbon, hidrojen ve ikisi arasındaki her çeşit elementten oluşan büyük yığınlar halindedirler ve her biri monoton Güneş'imizden kat be kat daha devasa ve parlaktır. Ve şimdi bildiğimiz üzere, bu devlerin ve süper devlerin büyük kısmı, göz alıcı süpernovalar olarak hayata veda edecekler, Evren'i periyodik tablodaki tüm elementlerin yağmuruna tutacak ve bunların közleri kendi inanılmaz derecede büyük ağırlıklarının altında ezilerek beyaz cüceleri, nötron yıldızlarını ve hatta karadelikleri oluşturacak. Ancak karanlık gökyüzünde henüz bahsetmediğimiz hayal edilemeyecek kadar devasa bir cisim var. Samanyolu.

Yıldız sahasında teknik olarak hiçbir optik destek kullanmadan görülebilecek kadar parlak yıldızların sayısı aşağı yukarı 4.000'dir. Ancak, ayışığının olmadığı berrak bir gecede gökyüzüne bakarsanız, tüm gök kubbeyi kaplayan sarmal, hayaletvari ışık nehri sayesinde sayılamayacak kadar çok yıldız olduğu fikrine kapılırsınız. Bu ışık milyarlarca yıldızdan gelmektedir: Aslında sayıları 100 milyardan fazladır. Bu oldukça sıradışı bir durum olmakla birlikte, galaksimiz aslında ince bir disk şeklindedir ve ortasında bir şişkinlik bulunmaktadır;[12] galaksideki yıldızların büyük kısmı ise yaklaşık 100.000 ışık yılı genişliğinde ve yalnızca 1.000 ışık yılı kalınlığındaki bir bölgede yer alır. Başka bir deyişle, Samanyolu'na baktığımızda, doğrudan diskin düzlemine baktığımız için, gökyüzünde bir ışık şeridi görürüz.

Karanlık gökyüzünde Samanyolu'nu inceleyecek olursak inanılmaz derecede çok şey öğreniriz. Öncelikle, Samanyolu'nun doruk noktası gökyüzünün tam ortasından geçmektedir. Yani, derinlik açısından bakınca Yerküre diskin hemen hemen ortasında bulunmakta ve Samanyolu hem üst hem de alt kısmını sarmaktadır. Bu, ölçümle de doğrulanmıştır: Söyleyebileceğimiz kadarıyla, Güneş şu anda galaksi düzleminin yaklaşık 100 ışık yılı üzerindedir ve üst kenara doğru yönelmiştir.

İkincisi, Samanyolu ekliptik üzerinde yer almaz. Böyle olsaydı, güneş sistemi de galaksi ile aynı düzlemde yer alırdı. Samanyolu ile ekliptiğin buluştuğu noktaya baktığınızda, aşağı yukarı 60°'lik bir açı yaptıklarını göreceksiniz. Yani tahmin ettiğiniz gibi güneş sistemi diskin düzleminde "düz" olarak değil, 60° açıyla durur.

12 Aslında, yukarıdan Samanyolu galaksisine bakabilseydiniz, "çubuklu sarmal" şeklinde olduğunu görürdünüz. Başka bir deyişle, yıldızlar tek bir merkezden dağılmaz. Ortada bir çubuk vardır ve bu çubuktan spiral kollar yayılır; çarkıfelek gibi düşünün. Kendi güneş sistemimiz Orion Kolu'nda yer alır ve bir tarafında Orion, diğer tarafında Cygnus bulunur.

Son olarak, elbette, Samanyolu'nun bazı kısımları diğer kısımlarından daha incedir. Gökyüzü boyunca aynı genişlikte olsaydı, galaksinin tam ortasında yer aldığımızı bilirdik. Bu haliyle, merkezden biraz uzakta olmamız gerektiğini biliyoruz; aslına bakarsanız, en iyi tahminle göbek ile kenar arasında hemen hemen ortadayız. Genel anlamda kuzey yarımküre diskin kenarına doğru bakmaktadır, dolayısıyla Samanyolu daha ince ve sönük görünmektedir. Güney yarımküre ise merkeze bakmaktadır, dolayısıyla Samanyolu daha geniş ve parlak görünür. Diskin tam ortası, Yay olarak da bilinen Sagittarius takımyıldızına denk gelir; başka bir deyişle, Sagittarius yıldızları tıpkı tül bir perde gibi asılı durur, bu perdenin ötesinden galaksinin göbeğindeki yıldız kümelerini görebilirsiniz.[13]

İşte sürpriz geliyor: Yerküre'nin sizi devamlı yüzeyde tutan kütleçekim kuvvetini hissedebilirsiniz. Güneş'in Yerküre'yi -ve dolayısıyla sizi- tamamlanması bir yıl sürecek kadar geniş bir dairesel yörüngede tutan çekim kuvvetini de biliyorsunuz. Ancak muhtemelen sizin, kedinizin ve tüm güneş sisteminin daha da büyük bir canavar etrafındaki yörüngede sıkışıp kaldığınızı fark etmemişsinizdir. Bu yörünge öylesine büyüktür ki, etrafında bir tur atmak yaklaşık 250 milyon yıl sürer. Söz konusu canavar galaksinin tam kalbinde, Sagittarius'un arkasındaki semavi yıldız bulutunda pusu kurmuştur. Tam şu anda sizi kontrolü altında tutmaktadır, bilseniz de bilmeseniz de. Bu, akıl almayacak derecede büyük bir karadeliktir ve kütlesi Güneş'in 4 *milyon* katıdır. Bölümün sonunda, bu karadeliğin tam ortasına düşeceğiz.

13 Elbette, Sagittarius aslında bir güney takımyıldızıdır. Kuzey yarımküredeyseniz, haksızlığa uğradığınızı düşünmeyin: Kendinizi diskin dış kenarının mükemmel manzarasıyla avutabilirsiniz. Önce Orion'u bulun, ardından kuzeye, kutup yıldızına doğru bakın. Çok geçmeden Samanyolu gözünüze çarpacaktır. Galaksinin tam kenarına baktığınızdan Samanyolu'nu çok ince ve sönük bulacaksınız.

KENDİNİ YETİŞTİRMİŞ BİR ADAM

Gelmiş geçmiş en büyük bilimadamlarının asosyal inekler olduğunu düşünüyorsanız Edwin Hubble hakkında bilgi edinmelisiniz. Hubble, muhtemelen Galileo'dan bu yana görüp görebileceğimiz en önemli gökbilimci olmakla birlikte, Ernest Hemingway'i yumruk kavgasında pelteye çevirebilecek, çenesi köşeli bir atletti. Üstelik bilimadamları arasından tüm kozmos hakkındaki fikirlerimizi bir kez değil, tam iki kez değiştirmesiyle sıyrılmaktadır.

1910-1913 yılları arasında Oxford'da geçirdiği üç yıl boyunca Rhodes Bursu alan bu frapan öğrenciyle tanıştıysanız, Queen's College üniversitesinde okuyan bu genç hukuk öğrencisinin sosyetik İngiliz aksanına, pelerinine ve bastonuna bakarak, en verimli Avrupa soyundan gelen bir aristokrat olduğunu tahmin edebilirdiniz. Hubble'ın etkileyici boyu ve atletik kabiliyetinden tutun da, kendinden emin tavırlarına kadar her şey "ben ayrıcalıklıyım ve soyluyum" diye bağırıyordu. Aslında, soyu Missouri'li küçük çiftçilerden oluşan uzun bir geçmişe dayanıyordu ve bir elmalı turta kadar Amerikalı'ydı. Konuk odasında geçen düellolar ve ağır sıklet boks maçları hakkındaki kuyruklu yalanlara eğilimi olan ve kendi kendine deneyimli bir gökbilimci olmayı öğrenen Ed Hubble, her açıdan kendini yetiştirmiş bir adamdı.

Atletizm pistlerinden ve partilerden hevesini aldıktan sonra genç Hubble olağanüstü bir ilerleme kaydetti. "Nebula" adı verilen özel bir tür parlak buluta kendini kaptırdı. O zamanlar kozmosun Samanyolu galaksisinden ibaret olduğu düşünülüyordu. 100 inçlik yeni Hooker Teleskobu'nu Güney California'daki Wilson Dağı'nın tepesine kurup uzun soğuk gecelerde durmaksızın çalışan Hubble, bunun aksini kanıtladı. Bazı nebulaların yakındaki gazlardan oluşan küçük parlak kütlelerden ibaret ol-

madığını gösterdi;[14] bu nebulalar tıpkı Samanyolu gibi birer galaksiydi ve üstelik milyonlarca ışık yılı uzaktaydı. Ed Hubble, Evren'i keşfetmişti.

Pek çok insan işi bu noktada bırakırdı, ancak Hubble, tahmin etmeye başlayabileceğiniz gibi, çoğunluğa benzemiyordu. Galaksi üstüne galaksi buldu ve yaydıkları ışık türünü inceledi. Tesadüfe bakın ki, her atom ve molekül, yaydığı ışık açısından karakteristik bir "barkoda" sahiptir. Örneğin, sodyum sokak lambası belirli bir sarı tonunda yanar. Galaksilerde çok daha bol bulunan hidrojen ise karakteristik bir morötesi frekans yayar. Hubble bu "barkodların", yani *tayfların* "kızılımsı" olduğunu fark etmiştir. Başka bir deyişle, barkodlar tayfın kızıl, yani düşük frekanslı ucuna doğru kayıyordu.

Bir cisimden gelen ışık kızılımsıysa, bu genellikle cismin uzaklaştığı anlamına gelir. Bildiğiniz gibi, eğer bir tren geçerken düdüğünü çaldığı sırada tren rayının yanında durursanız, tren size yaklaşırken düdüğün sesi daha tiz duyulur, uzaklaşırkense pesle-

14 Hubble, bunu "Sefe değişeni" adlı bir tür yıldızı kullanarak başarmıştır; söz konusu yıldızın türündeki ilk bilinen yıldız Delta Sefe'dir. Bir Sefe değişeni, hidrojen yakmayı bırakmış ve helyumunu harcamaya başlamıştır, bu süreçte şişerek "cüce" boyutundan "dev" boyutuna geçmiş ve radyasyon ile kütleçekimi arasındaki "halat çekme oyunu" sırasında nizami bir döngüde yanarak az da olsa daha yüksek bir parlaklığa ve koyuluğa ulaşmıştır. Bu yıldızlar Evren'in mesafe göstergeleridir. Bir Sefe değişeninin her bir döngüyü tamamlama süresi özünde ne kadar parlak olduğunu gösterir ve gökyüzündeki belirgin parlaklığına bakarak ne kadar uzaklıkta olduğunu çözebilirsiniz. Müthiş, değil mi? Daha da müthişi, kuzey yıldızımız Polaris de bir Sefe değişenidir. Pek çok insan kuzey yıldızının gökyüzünün kuzey kısmındaki en parlak yıldız olduğunu düşünür, ancak aslında oldukça sönüktür. Bu yıldızı bulmak için Büyükayı'ya bakın, "cezvenin" uzak ucunu oluşturan iki yıldıza odaklanın, "cezvenin" altındaki yıldızdan üstündeki yıldıza uzanan hattı takip edin, bu hattın yaklaşık beş kat daha geniş olduğunu hayal edin, böylece Polaris'e varacaksınız. Polaris'in ufuk çizgisinden yüksekliği, ekvatordan yüksekliğiniz ile eşittir; dolayısıyla Los Angeles'tan bu yıldızı parmağınızla işaret ederseniz, kolunuz yatay olarak 34°'lik bir açı yapacaktır; Kuzey Kutbu'nda iseniz, tam tepenizde olacaktır. Polaris benim gözüme beyaz görünmektedir; kütlesi Güneş'in yaklaşık altı katıdır ve aşağı yukarı 430 ışık yılı uzaklıktadır. Gece boyunca gökyüzünü seyrederseniz, gök kubbenin tıpkı devasa bir yıldızsal çamaşır kurutma makinesi gibi bu yıldız etrafında döndüğünü göreceksiniz.

şir. Bunun sebebi Doppler etkisidir, buna göre dalga kaynağı size doğru geliyorsa dalgaları birbirine kenetlenir ve böylece daha yüksek frekansa sahip olur; eğer uzaklaşıyorsa, dalgalar daha esnek hale gelir ve frekansları da daha düşük olur.

Işık da bir dalgadır; dolayısıyla uzak galaksilerde hidrojenin yaydığı ışığın olması gerekenden daha düşük frekansta (morötesinden ziyade görünür ışık frekansında diyelim) bulunması, tüm bu galaksilerin birbirinden uzaklaştığı anlamına geliyordu. Hubble aynı zamanda galaksiden uzaklaştıkça ışığının daha kızılımsı olduğunu ve dolayısıyla geri çekilme hızının daha yüksek olduğunu bulmuştur. Hubble, Evren'in durağan olmadığını fark etmiştir. Tüm galaksilerinin birbirinden uzaklaşmasının yanı sıra bu galaksiler uzaklaştıkça hızları da artmaktadır. Filmi geri sardığınızda hepsinin bir başlangıç noktasından harekete geçmiş olması gerekiyordu. Evren'in bir başlangıcı olmalıydı. Hubble, Büyük Patlama'yı keşfetmişti.

İKİZLER PARADOKSU

Haydi, karanlık gökyüzüne geri dönelim, çünkü Hubble'ın genişleyen Evren'ini çıplak gözle son bir kez güzelce inceleme zamanı geldi. Bazen bariz olan bir şey kolayca gözden kaçabiliyor, en bariz olanı da şu: Geceleri gökyüzü siyahtır. Bunun ne anlama geldiğini biraz düşünelim. Gökbilimcilerin geleneksel olarak inandığı gibi Evren sonsuzsa, içinde sonsuz sayıda yıldız bulunmalıdır. Yani, baktığınız her yönde bir yıldız olması gerekir. Işık düz çizgiler halinde yol aldığına göre, karanlık gökyüzü zifiri karanlık değil, kesinlikle göz alıcı beyazlıkta olmalıdır değil mi?

Bu bilmece, yani Olbers Paradoksu, adını 19. yüzyılın ortasında popüler olmasını sağlayan Alman gökbilimci Olbers'ten

almıştır; ancak gökbilimcileri bu tarihten önce yüzyıllarca oyalamıştır. Hubble'ın keşfi, Evren'in bir başlangıcı olduğunu belirtmiş ve dolayısıyla kesin bir çözüm sağlamıştır. Neticede, eğer Evren'in yaşı sonluysa, en uzak yıldızlardan gelen ışığın bize ulaşacak kadar zamanı olmayacaktır, karanlık gökyüzü beyaz değil, siyah olacaktır. Başka bir deyişle, güneş gözlüğü takmak zorunda kalmadan karanlık gökyüzüne bakabilmeniz, Büyük Patlama'nın varlığını gösteren kanıtlardan biridir.

Elbette, "Büyük Patlama" ifadesi bir açıdan yetersiz kalmaktadır, çünkü gözümüzün önüne merkezi bir noktadan patlayarak yayılan galaksileri getirmektedir. Hangi durumda, patladıklarında ne yayarlar? Şans eseri, parlak kıvılcımlardan biri Hubble'ı ve bulgularını yakından takip ediyordu ve birkaç cevap sunmayı başarmıştı...

ALBERT EINSTEIN

Yaşamdaki pek çok kurum gibi, eğitim de "tek bedenin herkese uyduğu" bir sistemdir ve çoğumuzun üstüne uymakla birlikte, aşırı uçlardaki insanlarda pek işe yaramaz. Albert Einstein, herkesin bildiği gibi bu insanlardan biriydi. Efsaneler Einstein'ı geç gelişmiş, liseden terk, bilimsel kuruma entelektüel el bombaları atan biri olarak yansıtıyordu; daha da ilginci, eğitim hayatı tek kelimeyle sıradandı. İlkokulda da, ortaokulda da fen ve matematik derslerinde yeteneğini göstermiş ve yüksek lisans masraflarını karşılamak için Zurich Polytechnic okulunda öğretmenlik eğitimi almıştı. Öğretmenlik yapabileceği bir pozisyon bulamayınca, gündüzleri İsviçre Patent Ofisi'nde katip yardımcısı olarak işe başladı ve bu sayede Zürih Üniversitesi'ndeki fizik doktorasına çalışmak için boş zaman yarattı.

Buraya kadar her şey çok tekdüze. Ancak 1905'te doktorasını ta-

mamlar tamamlamaz, Albert tam anlamıyla harika bir yıl geçirdi. Bir anda, çığır açan dört makale yayınladı; bu makalelerin hepsi Nobel Ödülü'ne layık görülebilecek değerdeydi. İkisi kuantum mekaniğinin temellerini atmış, bunlardan ilki atomların varlığını kanıtlamış ve ikincisi de ışığın parçacıklardan, yani "fotonlardan" oluştuğunu göstermişti. Diğer ikisi ise modern çağın muhtemelen en bilindik fizik teorisini ortaya koymuştu: Genel İzafiyet.

Önceki bölümde göz ucuyla gördüğümüz üzere, çağdaş fizikte bir parça kördüğüm söz konusu. Kabaca söylemek gerekirse, büyük şeyler hakkında çok güzel bir teorimiz var, küçük şeyler hakkında da eşit derecede etkileyici bir teorimiz mevcut, ancak bunların her ikisi de öylesine farklı ki, aralarında ilişki kurabilmemiz oldukça zor görünüyor. Küçük şeyler için zayıf, güçlü ve elektromanyetik kuvvetleri birleştiren, fakat yerçekimini halı altına süpüren Standart Model'e sahibiz. Büyük şeyler için de Genel İzafiyet var.

Büyük şeylerden kastım gerçekten de büyük şeyler, çünkü Genel İzafiyet aslında Evren'i tanımlayan bir denklem sağlar. Güçlü ve zayıf kuvvetleri gözardı edip, yerçekimi ve elektromanyetizma arasındaki ilişkiye yoğunlaşır. Matematiksel açıdan bu biraz kâbus gibidir ve denklemlere çözüm bulmanın zor olduğu iyi bilinmektedir; ancak birkaç yetenekli birey, bunun karadeliklerle dolu genişleyen bir Evren'in habercisi olduğunu göstermeyi başarmıştır. Tıpkı teleskoplarımızın bize gösterdiği gibi...

HER ŞEY GÖRECELİDİR

Genel İzafiyet teorisini içeren denklemleri çözmek için sayılarla arası iyi olan en yüksek düzeyde bir dizi hesap uzmanına ihtiyaç duyabilirsiniz, ancak bu teorinin dayandığı basit fikirleri herkes

anlayabilir. Albert Einstein, göreceğiniz gibi, sıradışı bir kabiliyete sahipti ve basit bir içgörüyü alıp mantıksal sonuç elde edene dek peşini bırakmaz, sonucun işe yarayıp yaramamasına da aldırmazdı. Genel İzafiyet konusunda sorduğu basit sorular, zamana ve uzaya yönelik ortak algımızı terk etmesine ve yerçekiminin bir kuvvet olduğu fikrini tamamen reddetmesine yol açmıştı.

Başlangıç noktasını oluşturan basit içgörü buydu. Yerküre'nin yüzeyine park etmiş, penceresiz, sabit bir asansörde ayakta durduğunuzu düşünün. Bir sarkacın sallanma süresini ölçmek ya da top zıplatmak gibi birkaç deney yapacak olursanız, elde ettiğiniz tüm ölçümler sizi Yerküre'nin kütleçekim alanında olduğunuzu gösteren sonuca götürecektir. Şimdi asansörünüzün uzayın derinliklerinde olduğunu ve etrafınızdaki kütleçekim alanının sıfır olduğunu hayal edin. Asansör tam olarak doğru hızda ivme kazanırsa, deneyleriniz tıpatıp aynı sonuçları verecektir. Tıpkı Yerküre'nin yüzeyine park ettiğiniz zamanki gibi, bir kuvvetin sizi aşağı çektiğini hissedersiniz. Bu kez, kuvvet Yerküre'nin kütleçekimsel çekiş gücünden ziyade asansörün ivmesine bağlıdır, ancak bu farkı anlamanız mümkün değildir. Aynı şekilde birkaç deney yaparsanız, birebir aynı etkileri fark edersiniz: Sarkacın soldan sağa sallanma süresi ve topu bıraktıktan sonra zemine çarpma süresi aynı olacaktır.

İlginç, değil mi? Hangi deneyi yaparsanız yapın, kütleçekim alanında mı olduğunuzu, yoksa tamamen yerçekiminden arınmış bir uzay bölgesinde ivme mi kazandığınızı anlamanın hiçbir mantıklı yolu yoktur. Einstein'ın hayalini cesur bir şekilde gerçeğe dönüştürmesi için gereken ipucu buydu: Belki de yerçekimi bilindik anlamda bir kuvvet bile değildi; belki tuhaf bir çeşit ivmeli hareketten kaynaklanıyordu. Tabii ki bu fikrin ardından işin içine bir dünya dolusu ızdırap verici matematik işlemi giriyordu, ancak işin diğer yönünü günışığına çıkaran Einstein yerçekimi yerine yeni bir kavram buldu: Uzayzaman.

DÖRT YÖNDE ESNEK

Artık siz de, ben de zamanın ve uzayın iki ayrı şey olduğunu biliyoruz. Sonuçta, benimle dairemde buluşmanızı istesem, üç uzay ve bir zaman koordinatına ihtiyacınız olacak: Mesela navigasyon cihazınız için gereken enlem ve boylam, dairemin bulunduğu kat ve "*Saturday Night Live*'a yetişmek için gereken zaman." Bu şekilde, uzayın üç boyutlu ve zamanın tek boyutlu olduğunu söylüyoruz. Einstein bu fikri benimsememiş, uzay ve zamanın karışık olduğunu, karışım miktarının seyahat ettiğiniz hıza bağlı olabileceğini söylemiştir. Yavaş hareket ettiğinizde, zaman en yüksek hızda geçer; böylece uzay ve zaman karışmamış görünür. Biz insanlar dünyayı bu şekilde görürüz. Öte yandan, ışık hızına yaklaştığınızda, karışım artar ve daha az zaman, daha fazla uzay deneyimi yaşarsınız.

Kafanız karıştıysa merak etmeyin; bu normal, çünkü beyniniz dünyayı belirli bir şekilde düşünmek üzere programlanmıştır ve Einstein konuya tamamen olağandışı bir açıdan bakmamızı ister. Fakat soğuk bir içecek alarak yan gelip yatmadan önce, Albert'ın aynanın içinden geçerek bambaşka bir dünyaya adım atmanıza yardımcı olabilecek basit içgörülerinden bir diğerini deneyin. Biraz konsantrasyon gerektirir, ancak odaklanmayı başarırsanız uzayzaman ile neyi kastettiğimizi gerçekten anlayabilirsiniz.

Einstein koltuğundan kıpırdamadan deney yapmakta oldukça başarılıydı, bu da başka bir harika örneği: Tıpkı Albert gibi monoton bir masabaşı işte çalıştığınızı ve gözlerinizi umutla pencerenizin tam karşısındaki meydanda bulunan saat kulesine dikip, saatin beş olmasını bekleyerek günü geçirdiğinizi düşünün. Saate sabit bir şekilde bağlı olduğunuzdan, zaman ve uzay karışmamıştır ve saniye ibresinin her tik sesini büyük bir zafer gibi kutlarsınız. Burada ışık hüzmeleri saat kadranından yola çıkıp

gözlerinizin arkasına inmekte, beyniniz söz konusu hüzmeleri görüntüye dönüştürmekte ve bu sayede zamanı çözmektedir. Buraya kadar her şey ortada.

Ancak asıl olay şu: Saatler beşi gösterdiğinde, ışık hızıyla yola düşerek kadrandan uzaklaşırsınız. Anladığınız üzere, saatteki zaman daima aynı kalacaktır. "Sonraki" herhangi bir zamandan gelen hiçbir ışık beşi bir saniye geçse bile, size yetişemez. Başka bir deyişle, saat kulesinden ışık hızında ayrılarak yola çıkan bir gözlemci için zaman sabit görünecektir. Anlamaya başladınız, değil mi? Canı sıkılmış bir ofis çalışanı saat kulesinin önünde hareketsiz oturduğunda saatin normal hızda geçtiğini görür. Aynı saatten ışık hızıyla tam gaz uzaklaşan bir ofis çalışanı zamanın aniden durduğunu görür. Artık, saate görece ne kadar hızlı hareket edersek zamanın bizim için o kadar yavaş geçeceğini anlamışsınızdır.

Bana hâlâ inanmıyor musunuz? Öyleyse bu teoriyi aşırı derecede hassas atom saatleriyle uçaklarda yoğun bir teste tabi tuttuğumuzu ve her seferinde zaferle döndüğümüzü öğrenmek ilginizi çekebilir. Genellikle Yerküre'de öylesine düşük hızlarda seyahat ediyoruz ki, zaman ve uzayın göreceli karışımını fark etmiyoruz; ancak uydu sektöründe, örneğin yörüngedeki cismin yerdeki cisimlere görece yüksek hızda uçmaya meyilli olduğu durumlarda, bu tür düzeltmeler hayati önem taşır.

SARHOŞ UZAYZAMAN

Uzayzaman kavramının Genel İzafiyet teorisine dâhil edilmesiyle nihayet yıldızlar, gezegenler, karadelikler ve Evren gibi büyükler liginde neler olup bittiğini anlamamıza yardımcı olabilecek bir çerçeveye sahip olduk. Einstein'ın dediği gibi, büyük cisimler uzayzamanı eğriltir ve yerçekimi olarak düşündüğümüz şey as-

linda diğer cisimlerin bu eğrilmeye tepkisidir. Örneğin Güneş, etrafındaki uzayzamanı çarpıtarak, gözü pek minik gezegenimizin tıpkı zorlu bir vuruş sonrasında golf deliği etrafında dönen bir golf topu gibi kapana kısıldığı bir çeşit vadiye dönüştürür.

Işık, uzayzamandaki iki nokta arasında mümkün olan en kısa yolu takip eder ve tıpkı madde gibi, büyük cisimlerin etrafını saran uzayzaman "vadileri" tarafından yolu saptırılır. Bunu hayret verici bir olay olan "kütleçekimsel mercekleme" ile görebiliriz; kütleçekimsel mercekleme, teleskobunuz ile uzak bir galaksi arasındaki görüş hattı üzerinde bir karadeliğe ulaştığınızda aniden ortaya çıkma eğilimindedir. Galaksinin tamamen karanlığa gömülmesinden ziyade, karadelik etrafında bükülen uzayzaman bir tür mercek görevi görerek tıpkı bir lunapark aynası gibi etki gösterir ve galaksi bir halka, bir kavis ve hatta birden fazla görüntü şeklinde görülür.[15]

Son olarak, Genel İzafiyet sayesinde, patlayan Evren bilmecesinin cevabını da bulduk. Galaksiler dışa doğru patlamıyor; aksine, uzay bizzat genişliyor ve maddeyi de yanında götürüyor. Görünüşe göre, Evren patlayan bir bombadan ziyade pişmekte olan bir meyveli kek gibidir ve kuş üzümleri galaksileri temsil eder. Meyveli kek fırında kabarırken, kuş üzümleri birbirinden uzaklaşır. Kekten ayrı olarak düşünürseniz, bunların patlayarak birbirinden ayrıldığı görülür; kekle birlikte düşünürseniz, genişlemenin bunları da yanında getirdiğini görebilirsiniz. Keşfetmekte olduğumuz uzay hiç de "boş" değildir; tüm yaratılışın ardında yatan görünmez itici kuvvettir.

15 Burada ince bir fark var; Newtonyen yerçekiminde de sapma olacağı öngörülür, ancak teorinin eksik kısmı Genel İzafiyet ile tamamlanmıştır. İngiliz gökbilimci Arthur Eddington, güneş tutulmasını kaydetmek için 1919'da Brezilya'ya meşhur bir ziyarette bulunmuştur. Güneş'e yakın görünen yıldızlardan yayılan ışığın Newton tarafından değil, Einstein tarafından öngörülen miktarda saptırıldığını göstermiştir.

Artık öğrendiniz. Geceleri gökyüzü siyahtır, çünkü Evren'in bir başlangıcı vardır ve bugün de genişlemeye devam etmektedir. Yıldızlar, atomlardan oluşan ve parlak ışık yayan devasa şenlik ateşleri gibidir: En büyüğü hızlı yaşayıp genç ölür, süpernova şeklinde patlar ve böylece periyodik tablodaki 92 elementin tamamı ortaya çıkar. Ardında kalanlar bir araya toplanarak ya beyaz cüce adı verilen sıcak bir elmas, ya fevkalade yoğun bir nötron yıldızı, ya da yıldızsal kütleli bir karadelik oluşturur. Kendi galaksimiz Samanyolu karanlık gökyüzünde tıpkı bir şerit gibi görünür, çünkü yassımsı sarmal şeklindedir ve biz onu tersten görürüz. Güneş sistemimiz göbeğin hemen hemen ortasında yer almaktadır ve galakside geriye kalan her şey gibi, galaktik merkezde Güneş'in 4 milyon katı kütleye sahip dev bir karadelik etrafındaki yörüngede konumlanmıştır.

Genel İzafiyet teorisinden bildiğimiz gibi, galaksinin ortasındaki bu canavar karadelik, etrafındaki uzayzamanı çarpıtarak derin bir kuyuya çekmiştir ve biz, etrafımızdaki tüm yıldızlar, gazlar, tozlar ve spiral kollarla birlikte kavisli dört boyutlu uzayzaman içinden geçerek serbest düşüyor, tıpkı küvetteki suyun delikte dönüp durması gibi, karadeliğe doğru hızlanarak ilerliyoruz. Şansımıza epeyce uzaktayız ve asla yutulmamaya yetecek kadar momentum ile hareket ediyoruz; yine de, gerçekten göreceli olarak bakmamız gerekirse, hepimiz dev bir karadeliğe doğru düşüyoruz.

SONUMUZ GELDİ

Hadi bir oyun oynayalım. Deney amaçlı uzay geminizle yola koyulduğunuzu, Yerküre'den kilometrelerce uzakta olduğunuzu, ivme ile yerçekimi arasındaki farkı anlayıp anlayamayacağınızı

deney yaparak test ettiğinizi ve kısa süre içinde anlayamayacağınızı gördüğünüzü hayal edin. Bitkin bir halde, gemiyi otomatik pilota almaya ve bir-iki saat kestirmeye karar verdiniz. Deney sonrası sersemliğiniz geçmediğinden, yanlışlıkla geminizin koordinatlarını Samanyolu'nun merkezine ayarladınız ve hiper süratiş hızına getirdiniz.

Birkaç saat sonra gemideki çay makinesinin sesiyle uyandınız ve jaluzi perdeyi kaldırıp baktığınızda, galaksinin merkezinde bulunan ve gökbilimciler tarafından Sagittarius A* adı verilen süper büyük bir karadeliğe düşmek üzere olduğunuzu fark ederek korkudan dehşete kapıldınız. Şimdi ne olacak? Ne göreceksiniz? Peki, yakındaki kurtarma gemisi ne görecek? İşte Genel İzafiyet'e göre en iyi tahminimiz:

Yıldızsal bir karadeliğin siz henüz olay ufkuna erişmeden çok önce nasıl paramparça edeceğini hatırladınız mı? Eh, bu durumun Samanyolu galaksisinin merkezinde yer alan türden, gerçek anlamda dev bir karadelik için geçerli olmadığı anlaşılmıştır. Düşünmesi bile hakikaten dehşet verici; ancak karadelikler ciddi şekilde büyüdüğünde olay ufuklarını farkında bile olmadan geçmek fevkalade mümkün hale gelmektedir.

Kaldığımız yerden devam edelim, en son uzay gemisindeydiniz ve Sagittarius A*'ya doğru sürükleniyor, buradan defolup gidebilmek için uzay geminizin koordinatlarını çaresizce yeniden yapılandırmaya çalışıyordunuz. Böylesine büyük bir karadeliğin olay ufku, merkezden yaklaşık 30 milyon kilometre dışarıda olacaktır. Bu mesafenin 50'de 1'i kadar yaklaştığınızda, görebileceğiniz ilk şey parlak bir nokta olacaktır; burada karadeliğin ardındaki yıldızlar ve galaksiler güçlü yerçekimi nedeniyle merceklenerek karadeliğin önünde görünür.

Daha da yaklaştığınızda, karadeliğin diski görünmeye başlar; bu disk yoğun bir şekilde sıkıştırılmış yıldızlar ve galaksilerden oluşan yuvarlak bir halkayla çevrilidir. Bu da bir mercekleme

etkisidir, burada karadeliğin kenarında bükülmüş uzayzaman, etrafındaki tüm yıldızlardan gelen ışığı bükmektedir; bazı durumlarda, aynı yıldızı iki kez bile görebilirsiniz. Elbette canavardan hiçbir ışık yayılmaz, dolayısıyla gayet üç boyutlu olmasına rağmen, çıplak gözle baktığınızda oldukça tuhaf görünecektir: Tıpkı düz bir siyah daire gibi, hatta neredeyse Evren'in bir kısmı "kesilip atılmış" gibi.

Olay ufkunu geçerken gerçekten de hiçbir tuhaflık hissetmezsiniz. Gösterge paneliniz geri dönüşü olmayan noktayı geçtiğinizi işaret etse de, roketinizin penceresinden baktığınızda görülen manzaradan karadeliğin yüzeyine gitgide yaklaştığınız anlaşılır. Ufkun çevresini saran gökyüzü mavimsi yıldızlarla dolacaktır, bunun sebebi de deliğe yakın uzayzamanın tuhaf eğrisidir; bu tuhaf eğri sayesinde, aslında diğer tarafta olan yıldızları ve galaksileri görebilirsiniz.

Son anlarınızda vakur görünmekten epeyce uzak olacaksınız, çünkü deliğin merkezinde bulunan, tüm kütlenin yoğunlaştığı "tekilliğe" yaklaştıkça uzayzamanın uçsuz bucaksız eğrisi roketinizi -ve elbette sizi- ipliğe dönene dek germeye başlayacaktır. Tabii üzerinize yağan mavimsi radyasyon sizi henüz yakıp kavurmadıysa. Ardından olacaklar hayalgücünüze kalmış; fizik bir tekilliğin içinde olup bitenler hakkında bilgi vermez, ancak korkarım ki sizin için haberler pek iyi değil. Dönmekte olan karadelikle ilgili bir teoriye göre, sizi başka bir Evren'e püskürten bir solucan deliğine girmenin yolunu bulabilirseniz tekillikten kaçabilirsiniz, ancak ben bu teoriye pek güvenmiyorum. Başka bir aleme fırlamayı başarsanız bile fizik kanunlarının aynı olacağını kim söylemiş? Atomlarınız spontane olarak yanmadan hemen önce, bir bakarsınız ki dudaklarınızın üstünde kocaman bir Meksikalı bıyığı çıkmış.

Peki ya kurtarma gemisinin personeli düşmenizi engellemeye çalışmak için geç kalırsa: Ne görecekler? Tuhaf ama onlar

da sizin olay ufkunu geçtiğinizi asla göremeyecek. Geminizin karadeliğin karanlık yüzeyine gitgide yaklaştığını ve ardından zamanda donmuş şekilde, ta ki tamamen gözden kaybolduncaya dek kızılımsı bir renkte yanıp durduğunu görecekler.

SENİNLE ARADA SIKIŞIP KALDIM

İşte bu kadar. Önceki bölümde parçacık fiziğinin garip dünyasına günübirlik bir gezi yapmış ve Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'na da nezaketen uğramıştık; şimdi roketimizle diğer bir uca uçacak ve Evren'in galaksiler ve karadelikler gibi büyük ölçekli parçalarını ağzımızın suyu akarak inceleyeceğiz. Güneş'in ve güneş sistemimizdeki gezegenlerin yaklaşık beş milyar yıl önce hidrojen ve yıldızlararası tozdan meydana gelen bir topağın çökmesiyle oluştuğunu gördük ve kendi dünyamızın muhteşem okyanuslarına nasıl kavuştuğunu kısaca öğrenmeye çalıştık. Olağanüstü başarı sağlamış iki teori ile boğuştuk: Küçük şeyleri en iyi tanımlayan kuantum mekaniği ve büyük şeylerde harika bir iş çıkaran Genel İzafiyet. Şimdi sıra, arada olup biten tüm hayret verici şeyleri keşfetmeye geldi.

Mağazaları dolaşırken, genellikle Higgs parçacığına veya karadeliğe rastlayacağınızı düşünerek endişelenmenize gerek yoktur. Kuantum mekaniğinin evinizdeki tüm elektronik cihazların tasarımında kullanılmış olma ihtimali yüksek, ayrıca Genel İzafiyet konusunda bilgimiz olmadan arabanızdaki navigasyon sistemi de işe yaramaz. Yine de bunları anlamadan -veya takdir etmeden- yaşamınızı sürdürmek fevkâlade mümkündür. Bana sorarsanız, böyle bir yaşam trajik olmakla birlikte imkânsız değildir. Ancak bir sonraki bölümümüz, bilmeniz gereken şeyleri anlatıyor. Bilimin kendimiz hakkında neler anlatabileceğini gör-

menin zamanı geldi: Bizi harekete geçiren nedir, nereden geldik ve nereye gidiyoruz? Muhtemelen bilimin en başarılı teorisi ile karşılaşmak üzereyiz: Evrim. Birazdan göreceğimiz çarpıcı gerçek şu ki, siz de, ben de başka türlerin sütünden beslenmeye adapte olma sürecindeki giyinip kuşanmış balık mutantlarından fazlası değiliz...

BÖLÜM 4

İNSANOĞLU VE DİĞER FOSİLLER

BİR UZAYLIYI ÇOK SEVDİM

Hiç rahimdeki bir insan fetüsünün resmini gördünüz mü bilmem, ancak size şöyle söyleyeyim, pek iç açıcı bir manzara değil. Gelecekte çok seveceğiniz bir varlığın karşı konulamaz derecede tapılası özellikleriyle karşılaşmayı beklerken genellikle karşınıza -birinci veya ikinci ayda tabii- silindir şeklinde bir plankton parçası, bir alabalık embriyosu, bir semender adayı ya da *Fil Adam / The Elephant Man* filmindeki Jonathan Merrick'in bir minyatürü çıkar. Elbette yaklaşık 12 haftanın ardından doğa bir tür origami numarası yapar ve oradaki bir membranı tekrar katlayıp, şuradaki bir solungaç yarığını yeniden şekillendirmesi sonucunda insanı andıran bir şey ortaya çıkar; yine de içinizden bir ses ıskaladığını söylemektedir. İnsanlık aslında oldukça insandışı bir varlığın üzerine örtülen duvak gibidir.

Elbette bebek adayının fotoğraflarına göz attığımızda, tüm yaratıkların bir omurgaya sahip olduğunu fark ederiz; bu temel bir

genetik benzerliktir. Morina balıklarının, boğa kurbağalarının, kerkenezlerin ve yarışma programı sunucularının embriyoları yaşamlarının başlangıcında benzer bir görünüme sahiptir, çünkü kulağa inanılmaz gelse de, hepsi ortak bir atadan türemiştir. Üstelik biyoloji sayesinde yalnızca omurgalıların değil, en nihayetinde Yerküre'deki tüm canlıların birbiriyle ilişkili olduğunu görüyoruz: Bakteriler kelebeklerle akrabadır ve I. William, yuvarlak solucanların uzaktan kuzenidir. Bunun tam olarak nasıl mümkün olduğu ve Yerküre'deki pek çok türün ortak özelliğinin ne olduğu, önümüzdeki sayfalarda ele alınacak önemli bilgilerden yalnızca biridir.

Dünyanın en merak uyandıran sorularından biri "Hayatın sırrı nedir?" sorusudur; fakat bu soru günümüzdeki bilimin cevaplamaya yaklaşıp da hayalkırıklığı yarattığı çok eski bir bilmecedir. Gezegenimizin en eski kayalarına defalarca yazılmış olan ve tüm yaratılışı harekete geçiren basit mekanizmayı kavradığımızda, eşit ölçüde büyüleyici diğer soruları da cevaplamaya başlayabiliriz: İnsan tam olarak nedir, nereden geldik ve nereye gidiyoruz?

Elbette bahsettiğim mekanizma, muhtemelen tüm bilimin en parlak zaferi olan biricik evrim teorisidir. Genel İzafiyet kendi klasmanında etkileyici olabilir ve kuantum mekaniği de tamamen tuhaflıklar üzerine kurulduğundan ilgi çekici gelebilir, ancak hayatın her anına tesir eden bilimsel başarıdan bahsediyorsak, evrimi alt etmek hiç de kolay değildir. İyi bilimde aradığımız özelliklerden biri, alakasız görünen karmakarışık bilgileri tek bir yol gösterici ilkede toplama kabiliyeti ise evrim gerçekten oldukça faydalı bir araç sayılır. Çünkü evrim, tıpkı göründüğü kadar muhteşem bir şekilde, Yerküre'deki yaşamın sıradışı çeşitliliğini ve karmaşıklığını ziyadesiyle açıklamaktadır ve işe yalnızca birkaç azman şeker molekülü ile başlar. İnsanoğlunun şempanzelerle yakın zamanda yaşamış ortak bir atadan geldiğine ya da şans eseri gerçekleşen mutasyonlar sonucunda örneğin Akıllı

Tasarım'a inanan insan gibi karmaşık bir yaratığın nasıl ortaya çıkabildiğine inanmakta güçlük çekiyorsanız, bu bölüm tam sizlik.

TEORİLER, HİPOTEZLER VE ÖNSEZİLER

Bir "teori" işin içine bilim girdiğinde günlük yaşamdaki teoriden oldukça farklıdır. Diyelim ki "From Russia with Love" (Rusya'dan Sevgilerle) şarkısının "How Much is that Doggy in the Window?" (Vitrindeki Yavru Köpek Kaç Para?) şarkısından esinlendiğine yönelik bir teorim var; bu teorimin kaynağı, "Dünyayı gezdim" kısmındaki notaların "Bu köpek kaç para" kısmındaki notalarla eşleşmesi, ancak neredeyse başka hiçbir benzerlik yok. Hiçbir araştırma yapmıyorum, gelecekte hiçbir deney yapmayı planlamıyorum ve yakın zamanda yayınlamak üzere meslektaş incelemesinden geçmiş bir bilimsel makale hazırlamıyorum. Bu durumda, bir bilimadamı "Vitrindeki Yavru Köpek" teorisinin aslında "hipotez" olduğunu söyleyecektir: Bitmemiş bir işin parçası, desteklemek için kanıt mahiyetinde bir şeyler gerektiren, bilgiye dayalı bir tahmin.

Öte yandan, bilimadamları "evrim teorisi" hakkında konuşurken, aslında bu teorideki fikirlerin geniş kapsamda kabul görmüş diğer prensiplerin mantığına ve tahminlerine dayanarak doğrulanabilir ya da varsayımsal olarak geçerli olduğunu kastediyor. Fiziğin ve bir dereceye kadar kimyanın aksine, biyoloji kesin konuşmanın zor olduğu bir alandır; canlı organizmalar kesin bir şekilde açıklanamayacak kadar karmaşıktır ve sürdürülmesi katiyen etik olmayan birçok deney vardır.[1] Dolayısıyla, en güçlü ve eksiksiz bilimsel te-

1 Elbette, homeopatların ve astrologların büyük kısmının evine ekmek götürebilmesinin sebebi budur. Yan etkileri hakkında en ufak bir fikre sahip olmadan, burcu yay olan bir kişinin midesini arnika bitkisiyle doldurmak yanlıştır.

orilerden birinin, basite indirgenmesinin zor olduğu bilinen bir disiplinde ortaya çıkması daha da takdire şayandır. Evrimin ne kadar ihtişamlı olduğunu anlamak için, çözelim diye önümüze koyduğu bulmacanın karmaşıklığını hatırlamakla başlayalım.

TÜRLERİN KÖKENİ

Bir anlığına Ay'daki Adam olduğunuzu, Yerküre'ye dönüp baktığınızı ve yeryüzündeki yaşamla "Ebe tura 1, 2, 3" oyunu oynadığınızı hayal edin. Çok uzun bir süredir sırtınızı gelişmekte olan gezegene dönmüş oturuyor, arada bir neler olup bittiğini kontrol etmek için arkanıza bakıyorsunuz.

Oyunun başında, Yerküre'nin akkor halindeki erimiş kayalardan oluşan, simsiyah ve için için yanan bir küre şeklinde doğduğunu görürsünüz. Yüzeyi soğuyarak bir kabuk oluşturur. Volkanik patlamalar nedeniyle yüzeye ve kabuğun dışına büyük miktarda sıcak gaz püskürür ve bu gaz daha sonra yerçekimi tarafından hapsedilerek Yerküre'nin ilk atmosferini oluşturur. Güneş sistemine göz gezdirdiğinizde, benzer bir durumun Yerküre'nin komşu gezegenleri Venüs ve Mars'ta da söz konusu olduğunu görürsünüz; Ay ile aşağı yukarı aynı boyutta olan küçük Merkür, yerçekiminin görevini yapmasına izin vermeyecek kadar küçüktür ve volkanları doğrudan uzaya püskürür.

Başınızı tekrar çevirip, bir milyar yıl boyunca diğer tarafa bakıyorsunuz. Arkanızı döndüğünüzde, Yerküre yüzeyinin çoktan soğumuş ve dağınık haldeki birkaç volkanik ada haricinde, artık yeşilimsi, demir açısından zengin bir suyla kaplanmış olduğunu görürsünüz. Tabii, sırılsıklam asteroitlerin gezegene bir bir çarptığı Geç Dönem Ağır Bombardıman'ı da kaçırdınız. Tam olarak anlaşılamayan nedenlerden ötürü, Güneş günümüzdekinden

daha az parlamasına rağmen, gezegen bir bütün olarak çok daha sıcaktır ve her iki kutupta da buz emaresi yoktur.[2] Burası tıpkı sıcak, oksijensiz bir küvet gibidir. En önemlisi, tek hücreli yaşam bakteriler şeklinde varlık göstermekte, şükürler olsun ki hidrojen ve karbondioksit emip metan salarak harika bir iş çıkarmaktadır.

Tekrar güneş sistemine göz atıyorsunuz. Venüs çoraktır; Güneş'e çok yakın olduğundan, suyun sıvı halde oluşması mümkün değildir. Fakat Mars'ta su bir görünüp bir kaybolmakta, ardında meşhur boş kanalları bırakmaktadır. Mars'ın sularını nasıl yitirdiği konusu hâlâ gizemini korumaktadır. İddialardan biri, asteroit çarpışması sonucunda manyetik alanının şalterlerinin indiği, yani artık güneş rüzgârının yüklü parçacıklarından korunamadığı ve atmosferinin patlayarak uzayın derinliklerine gömüldüğü şeklindedir. Her halükârda güneş sisteminde yaşanabilecek tek güvenli liman bildiğimiz kadarıyla Yerküre'dir.

Bir milyar yıl daha sırtınızı dönüp arkanıza tekrar baktığınızda, Yerküre'nin oluşumu üzerinden 2 milyar yıl geçtiğini görüyorsunuz. Değişiklikler çok ufak olmasına rağmen belirgindir. Kara miktarı artarak muhtemelen günümüzdekinin çeyreğine yaklaşmıştır, suyun yüzeyi de artık büyük kümeler halindeki tek hücreli mavi-yeşil alglere evsahipliği yapmaktadır; karbondioksit emen bu algler Yerküre'nin solunabilecek ilk serbest oksijeni-

2 Günümüze kıyasla, Güneş'in eskiden % 20-30 daha az parlak olduğuna inanıyoruz. Önceleri Güneş'ten gelen enerji günümüze oranla daha az ise gezegen neden daha sıcaktı? Olası açıklamalardan birine göre atmosfer volkanik sera gazlarıyla doluydu ve bu gazlar, küresel ısınmayı anlatan Bölüm 7'de göreceğiniz gibi Güneş'in enerjisini hapsetmektedir. Bir diğer açıklamaya göre Yerküre günümüzdeki kadar yansıtıcı değildi; çünkü su topraktan daha koyu renkliydi ve uçsuz bucaksız okyanus Güneş ışınlarını günümüzdeki kara-deniz birleşiminden daha fazla soğuruyordu. Yine bir başka açıklamaya göre Yerküre yüzeyindeki suyu donarak buz tabakası oluşturmaya başlayacak kadar yeterli yükseklikte -ve dolayısıyla yeterince soğuk- tutmak için karasal toprakların var olması gerekiyor olabilir. Geçmişte Güneş daha az parlak olmasına rağmen Yerküre ikliminin nasıl daha sıcak olduğuna yönelik bu çetrefilli soru, Zayıf Işıyan Güneş Paradoksu olarak bilinir ve tartışmaya ilk kez Amerikalı kozmolog Carl Sagan tarafından açılmıştır.

ni üretir. Şimdilik, bu oksijenin çok küçük bir kısmı atmosfere girmektedir.[3] Çünkü oksijen eline geçen her şeyle reaksiyona girmekle meşguldür; mesela dünyadaki okyanuslarda bulunan demiri paslandırarak demir okside dönüştürmekte ve atmosferik metanla reaksiyona girerek gezegenin ilk ozonunu üretmektedir.

Birkaç milyar yıl daha sırtınızı çevirip ardından geri döndüğünüzde yaşamın önemli bir adım daha attığını fark ediyorsunuz. İlk defa, yapıları günümüzdeki bitkilerin ve hayvanların bireysel hücrelerine oldukça benzeyen karmaşık tek hücreli yaratıklar etrafta yüzmektedir. Artık okyanuslar mavidir ve atmosferdeki serbest oksijen, dünyadaki okyanuslarda bulunan demirin tamamıyla reaksiyona girmiştir; atmosferdeki oksijen miktarı, günümüzdekinin yaklaşık 50'de 1'i kadardır.

Birkaç milyar yıl daha sırtınız dönük oturduktan sonra arkanıza baktığınızda, sonunda tanıdık bir gezegenin belli belirsiz emarelerini ve çok hücreli yaşamın ilk kıpırtılarını göreceksiniz. Karada likenler yetişmekte ve denizanaları sularda bir aşağı bir yukarı salınmaktadır. Devasa bir süperkıta olan Rodinya'dan henüz kopan tüm kıtalar topluca sıkışık bir halde durmaktadır; ayrıca kutuplarda buz tabakaları vardır. Atmosferdeki oksijen günümüzdeki değerlere yaklaşmaktadır ve tüm gezegenin üzeri Güneş'in zararlı morötesi ışınlarını filtreleyen tam korumalı bir ozon tabakasıyla kaplıdır.

Son olarak, arkanızı döndüğünüzde şimdiki zamanla karşılaşıyorsunuz. İşte bu kısım çok acayip. Yerküre'yi tıpkı bugünkü haliyle görürsünüz, kıtaların tamamı olması gereken yerdedir ve yerkürenin dört bir köşesi yaşamla dolmuştur. Yerküre'deki hemen hemen tüm yaşam türleri oluşmuş ve siz bunu kaçırmışsınızdır. İlk trilobitleri, ilk balıkları, ilk amfibik hayvanları, ilk

3 Aslında herhangi bir şeyin akciğerlerine demeliyiz, çünkü o zamanlar hiçbir yaratıkta akciğer oluşmamıştı.

sürüngenleri, ilk dinozorları, ilk memelileri, ilk maymunları ve ilk insanları kaçırdınız. Yerküre'nin 4,5 milyar yıllık ömrünün son yarım milyar yılında hepsi yeryüzüne kaydını yaptırıp çoğu durumda tekrar sildirmiştir. Üstelik içlerinden biri -*Homo sapiens sapiens*- dil, kültür ve teknolojiyi geliştirmiş, ardından mükemmel sağduyusu sayesinde gidip bu kitabı satın almıştır. Tüm bunları hangi teori açıklayabilir?

PARDON, HAYATTA KALAN NEYDİ?

Basit olarak ifade etmek gerekirse evrim türlerin değişebileceği fikrinden ibarettir.[4] Yerküre artık kerkenezler, boğa kurbağaları, insanlar vs ile dolsa da bir zamanlar tamamen farklı şeylerle doluydu. Türlerdeki bu değişime neyin sebep olduğunu sorabilirsiniz. Cevap, doğal seleksiyondur. İster bakteriler, marmosetler ya da Dolomite dağlarındaki çiftlik köyleri olsun, tüm organizma nüfuslarında yeterince neslin ardından daha fazla döl üretmeye meyilli olan tüm özellikler gitgide yaygınlaşacaktır. Bir bakteri kolonisinin üstüne dezenfektan sıktığınızda aralarından en dirençli olanlar galip gelecektir. Tıpkı sert rüzgârlı bir havada ağaç kanopisi üzerinde en uzun süre asılı durabilen marmosetler ve yukarıda bahsettiğim Dolomite köyünde kadınların etkileyici bulduğu uzun burunlu erkekler gibi.

"Bunların tümü tamam da, uzun burunlu erkeklerle dolu bir İtalyan köyü tam olarak yeni bir tür sayılmaz ki!" diyebilirsiniz. Haklısınız. Ancak izole bir nüfus yeterince nesilden geçip hayatta

4 Peki, tür nedir? İki hayvan, yaşayabilecek durumda bir döl üretemiyorsa farklı türdendir. Dolayısıyla inek ve domuz farklı türden, Chihuahua ve Danua ise aynı türdendir. Gerçi makul nedenlerden ötürü, Chihuahua ve Danua'nın mutlu sona ulaşması mucize olabilir.

kalabilirse, doğal seleksiyon ile yepyeni bir türün ortaya çıkmasına yetecek kadar değişim yaşanabilir. Örneğin zürafa ve okapinin soyu, 5 milyon yılı aşkın bir süre önce Afrika'da dolaşan uzun boylu, geyik benzeri bir memeliden gelmiştir. Zürafaların uzun boyunlu ve okapilerin kısa boyunlu olduğunu düşününce, atalarından iki grubun kendilerini azıcık farklı ortamlarda izole halde bulduklarından şüphelenebilirsiniz; belki de bu ortamlardan birinde pek çok leziz akasya ağacı bulunuyordu ve karada pek de lezzetli yiyecekler yoktu.[5] Biz orada olmadığımızdan, gerçeği asla bilemeyeceğiz. Ancak zürafalar ve okapiler, geyik benzeri uzun boylu atalarına kıyasla oldukça değişmiştir ve şimdi iki farklı türdür.

BIKTIM ARTIK, HİÇBİR ŞEY ANLAMIYORUM

"Evrim" kelimesinin gündelik dilimizin bir parçası haline gelmesi Charles Darwin'e ait teorinin başarısının göstergesi olsa da bu kelimeyi genellikle doğru kullanmadığımızı söylemeliyim. Mesela, son 20 yılda İngiliz kriket takımının "evrim geçirerek" hızlı ve etkili bir savaş makinesine dönüştüğünü ya da Tesco zincirinin "evrim geçirerek" İngiltere'nin bir numaralı süpermarketine dönüştüğünü söyleyebiliriz. Bundan kastımız,

5 Darwin'in doğal seleksiyon teorisinin işleyişi hakkında kesin konuşmak gerekirse, öncelikle çeşitlilik ve ardından seleksiyon gelir. Dolayısıyla, uzun boyunlu zürafalar akasya ağaçlarındaki yapraklara ulaşabilmekte ve dolayısıyla kısa boyunlu zürafalardan daha fazla yavruya sahip olmaktadır. Darwin'den önceki evrim teorilerinden biri olan ve adını Fransız zoolog Jean Lamarck'tan alan Lamarkizm'e göre -neyi kast ettiğimi anladıysanız- önce uzun ağaçlar, ardından uzun boyunlar oluşmuştu. Başka bir deyişle, yüksekteki yapraklara erişme çabası nedeniyle ilk zürafaların boyunları uzamış ve bu özellik yavrularına miras kalmıştı. Kısacası, Lamarck evrimi tamamen amaca yönelik görürken, Darwin kör talihe dayalı olduğunu düşünüyordu. Lamarck'ın görüşü geceleri biraz daha rahat uyumamızı sağlasa da -yaşamın bir amacı olsa iyi olurduancak Darwin'in görüşü gerçeklerle desteklenmektedir.

genellikle, bahsettiğimiz şeyin zamanla yavaş yavaş ve dengeli bir şekilde geliştiğidir. Fakat Darwin'in kastettiği evrim, organizmaların objektif bir şekilde "geliştiği" anlamına gelmez; mesela, keskin gözlü balık sürüleri zifiri karanlık yeraltı mağaralarında sıkışıp kalırsa, yalnızca birkaç nesil içinde gözleri kör olacaktır. Ya da berbat hava koşullarında tam 40.000 yıl geçiren Avrupalılar sonunda güneşlenerek bronzlaşma yetisini kaybetmiştir; en azından benim kaybettiğim kesin. Evrimin değişiklik sonucunda daha iyisini ortaya çıkarması da, bu değişikliğin yavaş yavaş gerçekleşmesi de şart değildir; örneğin en iyi aşılarımızdan kaçmanın yolunu bulan yeni virüs nesilleri türemektedir; ayrıca tropikal seyahatlerde üzerime kat kat sivrisinek ilacı sürmeme rağmen bir türlü peşimden ayrılmayan, ortama iyi adapte olmuş sivrisineklerle karşılaşıp duruyorum.

Durgunluk döneminde iflas bayrağını çeken şirketler ya da aç bir çitadan kaçan antilop bağlamında "en güçlünün hayatta kalmasından" da bahsedelim: Genel kanıya göre yaşam bir hayatta kalma mücadelesidir ve kazanan taraf, mücadelenin sonunda ayakta kalmayı başarandır. Ancak yine tuhaftır ki, biyolojide "en güçlünün hayatta kalması" ile kastedilen bu değildir. Biyologlar organizmanın "güçlü olması" derken kaslarının boyutundan değil, üretebildiği yavru sayısından bahsetmektedir. Çok çocuk yaparsanız, güçlüsünüz demektir. Çocuğunuz yoksa gücünüz de yoktur.[6] Organizma için sadece kendinden kaç tane kopyalayabileceği önemlidir. Yani, evrim açısından soru antilobun çitadan kaçıp kaçamayacağı değil, antilobun kaçmadan ya da parçalara ayrılmadan önce çok sayıda yavru antilop doğurup doğuramadığıdır.

6 Sperm bankasına bağış yapan erkekleri düşünürseniz, evrim açısından aşırı derecede güçlü olup -başka bir deyişle pek çok yavruya sahip olup- yine de çoktan ölmüş olmak pekala mümkündür.

AKILSIZ TASARIM

Evrim -hani şu büyük, gösterişli, güzel evrim- hiç belli etmese de oldukça basit bir teoridir ve etrafımızda gördüğümüz müthiş yaşam çeşitliliğini açıklamaya yönelik sıradışı bir güce sahiptir. Jeoloji, paleontoloji ve genetik biliminden elde edilen tüm kanıtları bir araya getirerek tutarlı ve pırıl pırıl bir bütün oluşturabilen sihirli bir bağdır. Yine de, biz evrimi sıklıkla yanlış tanıtıyoruz. Bilime hevesli olanlarımız bile böyle: Genler, fosiller ve kaya örneklerinin radyoaktif olarak tarihlenmesi gibi olguları benimseyen ve bu tür bilgilerin okullarımızda okutulmasından memnun olan geniş fikirli bireylerden bahsediyorum. Ancak Darwin'in teorisine karşı arada bir kendini gösteren tembel yaklaşımımız, bu teorinin sağ görüşlü dindar kesim tarafından dışlanmasıyla hiçbir şekilde kıyaslanamaz. Bu kesim, fosil kalıntılarının yetersiz olduğunu ve maymunlarla insanlar arasında bağ oluşturan hiçbir kanıt bulunmadığını söylemektedir. Görünüşe göre organizmalar ortamlarına öylesine harikulade bir şekilde uyum sağlamıştır ki, mutlaka bir yaratıcıları olmalıdır. Onlara göre evrim yalnızca bir fikirdir ve bu şekilde öğretilmelidir.

Peki, evrim anlayışımız tam olarak nasıl doğmuştur ve kanıtı nedir? Mutlak gerçeklerden bahsetmenin zamanı geldi. Görüp görebileceğiniz en titiz saha çalışanı hatta en öngörülü teorisyen -sıradışı Charles Robert Darwin'in ta kendisidir. Ve göreceğimiz gibi doğal seleksiyonla evrim kokusunun peşine hafiye gibi düşmesini sağlayan hayati ipucu, bir ispinozla şans eseri karşılaşmasında yatıyordu.

HIK DEMİŞ BURNUNDAN DÜŞMÜŞ

Zekânın kalıtımsal bir özellik olduğuna dair pek çok kanıt vardır. Kalıtımsal ise Charles Darwin'in dâhiyane zekâsına açıklama

getirmek mümkün olabilir. Neticede, Darwin Staffordshire'lı iki sıradışı ailenin meyvesiydi: Anne tarafından ünlü çömlekçi Josiah Wedgwood'un ve baba tarafından saygın fizikçi ve doğa bilimci Erasmus Darwin'in torunuydu. Wedgwood, çömlekçilikte çığır açacak bilimsel bir yöntem kullanmış ve bu süreçte bir servet kazanmıştı, bu nedenle torunu Charles hayatı boyunca çalışmasına gerek kalmayacak kadar zengindi. Erasmus Darwin'in bahşettiği miras da en az bunun kadar önemliydi: Evrim olarak bildiğimiz fikir üzerinde ilk düşünenlerden biri oydu.

Erasmus iştahına düşkün bir adamdı: Kadınlara, turtalara ve fikirlere daima açtı. Hipokondrinin çaresinin seks olduğuna kanaat getirmişti; 14 çocuğu olduğu düşünülürse kendi ilacını seve seve kullandığı aşikâr. Oburluğu efsaneydi; rivayetlere göre ileriki yaşlarında göbeğini sığdırabilmek için yemek masasını yarım daire şeklinde kestirmişti. Şair, botanikçi ve mucit olan Erasmus hipotez kurmayı öylesine severdi ki, Samuel Taylor Coleridge delicesine kafa yormak anlamında "darwinleşmek" sözcüğünü bulmuştu. 1794'te yayınlanan *Laws of Organic Life* (*Organik Yaşamın Kanunları*) isimli eserinde olağanüstü derecede öngörülü bir cümleyle şunu açıklamıştı: "Bu canlı bağın, geçmişte de bugün de tüm organik hayatın kaynağı olduğunu varsayabilir miyiz?"

Dürüst olmak gerekirse aynı dönemde aynı şeyi varsayan başka insanlar da vardı. 1666'da ilk fosiller bu yolla tanımlanmıştı[7] ve 1700'lerin ortalarında Georges-Louis Leclerc, yani Comte de Buffon, Yerküre'deki türlerden pek çoğu arasındaki benzerliğin ortak bir atanın varlığı ile açıklanabileceğini ileri sürmüştü. Ancak genç Darwin'in doğal dünyaya ilgi beslemesinde, büyükbabasının evrimle ilgili ayrıntılara takılmasının önemli ölçüde etkisi olmuş olmalı. Charles'ın elindeki, büyükbabasına ait kitapların nüshaları notlarla doluydu ve *Türlerin Kökeni*[8] eserinde aynı

7 İlginizi çekecekse köpekbalığı dişleri.

8 Ukalalar için söyleyeyim, kitabın orijinal adı *Origin of the Species* değil, *The Origin of*

fikirlerin birçoğu geçiyordu, ancak Darwin yaşlanıp akıllanınca şöyle bir yorumda bulunmuştu: "(Erasmus Darwin'in *Organik Yaşamın Kanunları)* kitabını 10-15 yıl sonra ikinci kez okuduğumda epeyce hayalkırıklığına uğradım; söylentilerin sayısı hakikatlerin sayısından çok daha fazlaydı."

Genç Darwin hevesli bir koleksiyoncuydu, şüphesiz ki adını duyurmasına yol açacak yolculuğa çıkmasını tetikleyen istek, doğayı sorgulamaktan ziyade doğanın kronolojisini çıkarmaktı. Napolyon Savaşları'nın ardından, İngiliz İmparatorluğu serpilmeye başlamıştı ve Yeni Dünya'yla ticaret kurmak için yanıp tutuşuyordu. Kahramanımız araya birkaç adam sokarak, Kraliyet Donanması tarafından Güney Amerika kıyısına gitmek üzere görevlendirilen az sayıda araştırma gemisinden biri olan *Beagle*'da misafir doğa bilimci olarak iş bulmayı başarmıştı. Darwin, çalışkanlık konusunda kendisini aşarak, yaklaşık 5.500 yeni bitki ve hayvan örneği toplamış ve seyahatnamesi sayesinde hem doğa bilimci olarak ün kazanmış hem de kitabı en çok satanlar arasına girmişti.

İlginç biçimde, daha sonra çok önemli olduğu anlaşılacak bulgu, Darwin'in seyahatinde en az ilgisini çekenlerden biriydi: Galapagos Adaları'ndaki ötücü kuşlardan oluşan karmakarışık bir koleksiyon. Londra'ya döndüğünde, Darwin ve önemli bir kuşbilimci bunların 13 ispinoz türü olduğunu keşfetti -Darwin, Galapagos Adaları civarında yaşayan yalnızca tek bir ispinoz türü bildiğinden ve bu tür de Güney Amerika kıyısında olduğundan, bu sonuç oldukça tuhaftı. Bunu fark eden kahramanımız, bilimin gelmiş geçmiş en önemli fikirlerinden birini ortaya

---

Species; hatta daha da ukalalık yapmak gerekirse: *On the Origin of Species by Means of Natural Selection (Doğal Seçilim Yoluyla Türlerin Kökeni Üzerine).* Hazır başlamışken şunu da ekleyeyim: Doğrusu Stephen Hawking olacak, Hawkings değil. Ayrıca Flanders and Swan'in klasikleşmiş şarkısı "Hippopotamus Song"da da "Follow me, follow me, down to the hollow" (Beni takip et, beni takip et, çukurun dibine kadar) değil, "Follow me, follow, down to the hollow" (Beni takip et, takip et, çukurun dibine kadar) diyor.

koymuştu. Ya bir çift Güney Amerika ispinozu rüzgâra kapılıp Galapagos'a savrulduysa? Durum böyleyse, belki de bu 13 yeni tür onların soyundan geliyordu. Darwin, tüm Galapagan türlerinin gagalarının farklı şekillerde olduğunu belirtmişti; farklı besin kaynaklarına adaptasyon sağlamış, birbirlerine benzemekten gitgide uzaklaşarak sonunda beraber yavru üretemeyecek hale gelmiş olabilirler miydi? *Beagle*, 1836 yılının Ekim ayında beş yıllık seyahatini tamamlayarak geri döndü. 1837 yazında, Darwin defterine ilk evrim ağacını çizdi.

YAYINLA DA GÖR GÜNÜNÜ

Makul bir insan, bu noktada, modern biyoloji için dönüm noktası oluşturan teoriyi tesadüfen bulan Charles'ın Royal Society'de bir akşam ayarlayacağını, ağzındaki baklayı çıkaracağını ve akademik çevrede zaferini ilan edeceğini düşünebilir. Ancak, belki de karşılaşabileceği dini öfkeden korktuğu için Darwin 20 yılı aşkın bir süre boyunca doğal seleksiyon hakkında makale yayınlamak dışında her şeyi yaptı. Genelde jeolojiyle uğraştı ve bu alanda büyük bir otorite oldu; ancak bir de canlı ve fosilleşmiş kaya midyeleri hakkında yazdığı ciltler vardı ve bana sorarsanız bunlar bekleyebilirdi. 11 Ocak 1844'te en yakın arkadaşı, botanikçi John Dalton Hooker'a yazdığı özel mektupta, laf arasında nihayet "oldukça cesaret gerektiren bir çalışma" hazırlamakta olduğunu açıklamış ve türlerin değişebileceğine yönelik inancını ve bu fikrin tıpkı "cinayet itirafı"na benzediğini ifade etmişti.

Mektubun üzerinden 15 yıl geçti, hâlâ tek bir haber yoktu. 1858'de Darwin'e genç İngiliz doğa bilimci Alfred Russel Wallace'tan bir mektup geldi. Zarfta Wallace'ın imzasını taşıyan, kendi başına keşfettiği doğal seleksiyonla evrim teorisini

özetlediği bilimsel bir makale de vardı. Mektubun, yaşlı adamın gününü mahvettiğini tahmin edebilirsiniz. Charles'ın elinde yayınlamaya hazır hiçbir şey olmasa da utanç verici derecede çok sayıda not, mektup ve araştırma vardı ve tüm bunlar bitiş çizgisine önce kendisinin ulaştığını acı ayrıntılarla gösteriyordu; tabii bir de Hooker'a mektupta çıtlattığı *Türlerin Kökeni*'nin yarı tamamlanmış taslağı bulunuyordu. Bu durumda Hooker ve diğerlerinin araya girmesiyle bir anlaşma yapıldı ve hem Wallace'ın makalesi hem de *Türlerin Kökeni*'nin özeti birlikte yayınlandı. Dünyanın en yenilikçi bilimsel teorisi nihayet gün yüzüne çıkmıştı.

İKİ ARADA BİR DEREDE

Galapagos'tan gelen ve hiçbir albenisi olmayan kahverengi ispinozlar, Charles Darwin'i Yerküre üzerindeki yaşamın şans eseri evrimleştiğine inandırmak için yeterli olabilir, ancak o zamandan bu yana hangi kanıtlar torbalanıp etiketlenmiştir? Doğrusu öylesine çok kanıt var ki nereden başlayacağımızı bilmek zor. Darwin'in zamanında görece daha az fosil vardı ve canlı organizmalar üzerindeki gözlemler haricinde pek bir şey yapılmıyordu, bu nedenle Darwin'in dünyanın en uzak köşelerine yaptığı seferler oldukça biçimlendiriciydi. Ancak son 150 yılda biyoloji bilimi epeyce uzun bir mesafe katetti. Göreceğimiz gibi Darwin'in gündüzleri jeolog olarak çalışması tesadüf değildi, çünkü etrafımızda bulunan sert cisim öbekleri, hayatın Yerküre üzerinde attığı ilk paytak adımları izleyebileceğimiz mükemmel bir pencere sunuyor. Levha tektoniği, kayaç döngüsü ve fosil kalıntısından bahsetmenin zamanı geldi.

GÜN OLUR DEVRAN DÖNER

Yaygın kanıya göre her şey dönüp dolaşıp aynı yere gelir. Mesela sakallar 1970'lerden bu yana ilk kez Londra'yı işgal etmiş durumda; gerçi benim sakallarım öylesine geç uzuyor ki, ben uzatana kadar modası geçiyor. Bilim dünyasında muhtemelen su döngüsünü duymuşsunuzdur; duymadıysanız bile ne olduğunu kesin olarak biliyorsunuz: Denizdeki su buharlaşarak bulutları oluşturur, ardından bulutlar yağmur olarak yeryüzüne iner, yağmur suyu nehirleri oluşturur, nehirler tekrar denize dökülür ve böylece sonsuz döngü yeniden başa döner.

Duymuş olabileceğiniz bir döngü daha var: Karbon döngüsü. Kulağa tuhaf gelse de vücudunuzu oluşturan karbon atomlarının sizden önce başka birinin -ya da başka bir şeyin- vücudunda olma ihtimali epeyce yüksek. Örneğin, havadaki karbondioksit molekülü bir öğlen vakti karahindiba çiçeği tarafından fotosentezde kullanılabilir; bu molekül suyla birleşerek şeker üretir. Bir tilki gelip bu karahindibayı yer,[9] şeker molekülünü sindirir ve böylece güzel kuyruğunu sallamasını sağlayan enerji ortaya çıkar; bu süreçte şeker molekülü karbondiokside dönüşür ve tilki solunum yoluyla karbondioksidi tekrar havaya verir.

Gezegenin dört bir yanında ormanlar, deniz suyu ve atmosfer gibi yerlerde bol miktarda karbondioksit depolanmıştır ve bunlar sonsuz bir döngüde sürekli karbon alıp verir. Mesela bir ormanı ele alalım. Güneşli bir günde, yapraklar fotosentez için karbondioksit emer ve dolayısıyla karbonu atmosferden söküp alır. Ancak bu orman yanacak olursa yoğun miktarda karbonu karbondioksit biçiminde havaya salar. Genel anlamda, bu farklı kaynaklar ve gömülümler birbiriyle dengelenir ve havadaki karbondioksit miktarı aşağı yukarı sabit kalır.

---

9 Tabii yanlışlıkla. Tilkinin doğal beslenme düzeninde karahindibaların yeri yoktur.

Elbette karbon döngüsünün haberlerde yer almasının sebebi küresel ısınmadır. Buradan çıkarılacak ana fikre göre, yeraltında da kömür, petrol ve gaz gibi fosil yakıtlar biçiminde epeyce karbon depolanmıştır. Ormanlar, deniz suyu ve karahindiba yiyen tilkiler görevlerini yerine getirirken, karbon genellikle yedek kulübesinde oturur. Bir parça kömür yaktığımızda, halihazırda dengede olan sisteme daha fazla karbon eklemiş oluruz; tıpkı bir uzay yük gemisini Mars'tan aldığımız suyla doldurup bu suyu Atlantik Okyanusu'na boşaltmamız gibi düşünün. Gezegene daha fazla su eklerseniz, deniz seviyesi yükselir. Fosil yakıtları yakarak daha fazla karbon eklerseniz, atmosferdeki karbon miktarı artar. Bir sonraki bölümde göreceğimiz gibi 1950'lerden bu yana havadaki karbondioksit miktarının kaydını iyi bir şekilde tutuyoruz ve kayıtlar kesin ve sabit bir artış olduğunu gösteriyor. Bu konuda endişelenmemiz gerekip gerekmediğini bir sonraki bölümde işleyeceğiz, ancak şimdilik kavranması gereken ana noktalar şöyle; (a) karbon, gezegenimizdeki yaşamın büyük bir kısmı için hayati önem taşımaktadır ve (b) bazı döngülerin tam bir tur atması, ortalama su molekülünün turundan çok daha uzun sürmektedir. Ve evrim devam ettiği sürece, anlaşılması gereken en önemli nokta kayaç döngüsüdür.

KAYA DEVRİMİ

Kayaların hiç değişmediğini düşünürüz: Bir temel taşı sonsuza dek yerinde durur; mermer heykeller kıyamete kadar varlığını sürdürür. Ancak kayalar aslında hiç de kalıcı değildir. Tıpkı Yerküre'deki diğer tüm şeyler gibi -mesela su, karbon, yaşam formları ve televizyon programlarının formatları- kayalar da günü gelince başa döner. Bir su molekülünün su döngüsünü ta-

mamlaması yalnızca birkaç gün sürebilirken, kaya için eşdeğer bir döngü yaklaşık 150 milyon yıl sürer, tabii sonuçta bu da bir döngüdür. Bu süre insan ölçeğinde oldukça fazla görünse de 4,6 milyar yaşındaki gezegenimiz için göz açıp kapayıncaya kadar geçer: Yerküre'nin başlangıcından bu yana en az 30 kayaç döngüsüne yetecek kadar zamandan bahsediyoruz.

Yerküre aslında dört katmandan oluşmaktadır: Çekirdek katı haldeki demirden oluşur, bunun etrafını sıvı demir katmanı sarar, ardından katı manto gelir ve en üstte de katı kabuk yer alır. Çekirdek aşırı derecede sıcaktır ve tahmini sıcaklığı 5.000°C'nin üzerindedir. Demirin 1.500°C'de eridiği düşünülürse çekirdeğin katı halde kalmayı nasıl başardığını merak ediyor olabilirsiniz. İnanılmaz ama çekirdek öylesine büyük bir basınç altındadır ki, erimesi mümkün değildir. Aynı durum manto için de geçerli. En üstte, kabukla birleştiği yerde sıcaklık 900°C'nin üzerindedir; en altta ise 4.000°C'den fazladır. Çoğu kaya 600-1.200°C'de eridiğinden mantonun da erimesini beklersiniz, ancak tıpkı çekirdekte olduğu gibi, maruz kaldığı muazzam basınç erimesini önlemektedir. Manto parçacıkları örneğin bir volkanın etkisiyle yüzeye fışkırdığında basınç dağılır ve bu parçacıklar büyük ölçüde sıvı kayaya, yani lava dönüşür; daha sonra soğur ve yeni bir kabuk oluştururlar. İşte kayaç döngüsünün sorumlusu bu aşırı sıcak, katı ama şekil vermeye elverişli manto ile soğuk, katı kabuktur.

Kayaç döngüsü bir anlamda Yerküre'nin soğuması sırasında kayanın kabuk ile manto arasındaki dönüşümüdür. Mantoyu konveksiyonla soğuyan koca bir kase yulaf lapası gibi düşünün.[10]

10 Burada sıvı ya da gaz akımlar aracılığıyla soğur. Daha sıcak ve yoğunluğu daha az olan akımlar sıvı veya gazın yüzeyine yükselir ve daha soğuk, daha yoğun olan akımlar dibe çöker. İşte genelde yanlış kullanılan sürme pencerenin aslında harika bir buluş olmasının nedeni budur. Buradaki fikir elbette sıcak hava akımını serbest bırakmak için pencerenin üst kısmını aşağıya kaydırmanızda ve soğuk hava akımının içeri dolabilmesi için pencerenin alt kısmını yukarıya kaydırmanızda yatar. Sürme pencerenin yalnızca alt kısmını yukarı kaldırmak pek işe yaramayacaktır.

Sıcak kaya keseleri mantodan geçerek yüzeye yükselir, burada soğur ve levha olarak da bilinen muazzam büyüklükteki muhteşem katı kabuk tabakalarını oluşturur. Levhalardan her biri gezinerek Yerküre yüzeyinden dışarı çıkmaya çalışır ve sonunda kendisine benzeyen bir diğer levha ile çarpışarak bir kez daha mantoya dönmek zorunda kalır; burada tekrar ısınır, plastiğe dönüşür ve böylece tüm döngü yeniden başlamaya hazır olur.

Şimdi yeryüzündeki levhaların neden hareket ettiğini anladınız: Aşırı derecede yavaş hareket eden, muazzam boyuttaki ısıl konveksiyon akımları tarafından itilip kakılmaktadırlar. Kıtalar aslında deniz seviyesinin üstündeki levha parçalarından ibaret olduğundan, onlar da hareket etmektedir. Örneğin Kuzey Amerika kıtasının tamamı, Kuzey Amerika Levhası adı verilen muhteşem bir kaya parçasının üzerinde yer almaktadır. İşin ilginç kısmına gelecek olursak: Bu levhanın üzerinde Kuzey Amerika olarak adlandırdığımız kıtanın yanı sıra batısında Siberya'nın bir kısmı ve doğusunda Grönland bulunmaktadır; bununla birlikte, levhanın tamamı Orta Atlantik Yükselimi'nden her yıl yaklaşık bir santimetre kadar uzaklaşmaktadır.

Kuzey Avrupa, Avrasya levhası üzerinde yer almaktadır ve bu levha da Orta Atlantik'ten uzaklaşmaktadır, ancak zıt yönde hareket eder. Orta Atlantik Sırtı, iki levhanın arasındaki eklemdir; aslına bakarsanız, okyanus sırtları tıpkı dağlar, volkanlar ve deprem fay kuşakları gibi genellikle tektonik levhalar arasındaki sınırda oluşur. Örneğin California'daki ünlü San Andreas fayı, kuzeydoğuya yönelmiş Pasifik Levhası ile güneybatıya yönelmiş Kuzey Amerika Levhası arasındaki kaygan bağlantı noktasıdır; Himalayalar aslında kuzeye doğru hareket eden Hindistan Levhası ile Avrasya Levhası arasındaki yığıntıdır; Karayipler'deki Küçük Antiller adaları da Karayip Levhası ile Kuzey Amerika Levhası'nın en güney kısmının kesişim noktasında yer alan bir volkan zinciridir. Okulda karşımıza çıkan, kalplerimize ve akıllarımıza kazıdığımız

dünya haritası aslında bir şipşak fotoğraftan fazlası değildir. Memleketim dediğiniz ülke, bu ülkeyi içinde barındıran kıta, hatta belki de üzerinde yaşadığınız dağlar aslında 150 milyon yıllık kayaç döngüsünün geçici bir aşamasından ibarettir.

GRANİT KAYALAR

Şunu dediğinizi duyar gibiyim: Kayaç döngüsü 150 milyon yıl civarında sürüyorsa, kainatta bu kayalardan daha eski kayaların var olması da, Yerküre ve Yerküre'deki yaşam formları hakkında Jurassic'ten öncesine dayanan bir keşifte bulunmak da mümkün değildir. Bu konuda haklı olabilirsiniz, ancak fevkâlade bir şeyi unutuyorsunuz. Granit.

Gördüğünüz gibi jeoloji aslında iki kayanın, yani bazalt ve granitin arasında geçen bir oyundur. İkisine de *volkanik* kaya adı verilir (volkanik sözcüğünün İngilizce'deki karşılığı olan "igneous", kökenini Latince'de ateş anlamına gelen *ignis* sözcüğünden alır), yani bunlar erimiş kayanın soğuması ile oluşmuştur. Mantodan çıkan erimiş kaya, tıpkı deniz tabanında yayılan iki tektonik levha arasından yukarı doğru çıktığı zamanki gibi hızla soğuduğunda koyu renkli, ince taneli, yoğun bazalt; yavaş yavaş soğuduğunda ise açık renkli, iri taneli, daha az yoğunluğa sahip granit elde edersiniz. Granit genellikle sıcak kayanın mantodan çıkıp kabuğa doğru yükselmesi, ancak yüzeye ulaşamaması durumunda oluşur. Dolayısıyla genellikle yaşamının ilk evresini yeraltında geçirir ve ancak üzerindeki kayalar havanın etkisiyle aşınıp yok olduğu zaman ortaya çıkar.

Öyleyse, graniti bu kadar özel kılan nedir? Ağır olduğunu düşünebilirsiniz, ancak jeolojik açıdan tüy gibi hafiftir. Gezegendeki ilk kayaların hepsi bazalttı ve havada ya da okyanusta hızla

soğumuş eriyik kayalardan oluşmuşlardı. Ancak çok kısa bir süre sonra, söz konusu ilk kayalar havanın etkisiyle aşınarak yok olmuş ve ortaya yeni oluşan granit çıkmıştı; granit bazalttan çok daha hafiftir. Biri granitten, öteki bazalttan oluşan iki levha karşılaştığında, tıpkı bir trafik kazasında ağır Volkswagen'in tüy kadar hafif Reliant Robin'in altına girmesi gibi, bazalt da büyük olasılıkla altta kalır. Başka bir deyişle, bazalt tekrar mantoya itilerek geri dönüşüme uğrarken, granit çok hafif olduğundan tıpkı yüzme havuzundaki deniz yatağı gibi tepede süzülür. Akıllı çocuk granit çoğu zaman kayaç döngüsünün yıkıcı fazını atlayıp geçer.

Genellikle manto ile tekrar birleşmekten kaçındığı için granitin birikme ihtimali vardır. Doğrusu kıtalar aslında şundan ibarettir: Devasa büyüklükte granit öbekleri. Deniz tabanı ise genellikle bazalttan oluşur. Yani anlayacağınız, Yerküre'nin oluşumunda ortaya çıkan granitin büyük bir kısmı halen ortalıkta dolaşmaktadır. Daha önce bahsettiğim gibi tarihi Yerküre'nin başlangıcına dayanan bir granit bulamadık, ancak *kraton* adı verilen büyük öbekler yaklaştığımızı gösteriyor.[11] Gerçekten şanslıysanız, büyük granit öbekleri diğer kayalar için bir nevi cankurtaran botu işlevi görebilir. Şu an Yerküre üzerindeki bilinen en eski kaya, Quebec'in kuzeyindeki Hudson Körfezi'nin doğu kıyısında yer alan Nuvvuagittuq Yeşil Kuşağı'nda büyük bir granit öbeğine hapsolmuş pembemsi bir bazalt parçasıdır ve yaşının 4,3 milyar olduğu düşünülmektedir. Ancak evrim açısından bakarsak, ca'nın granitin suya batmama özelliği sayesinde onca zaman aşıp bize ulaşan çok daha heyecan verici başka kayalar da bulunmaktadır. Kulağa saçma gelse de bu minik mucizeler Yerküre'de yaşamış ilk yaşam formlarının üç boyutlu iskeletini tamamen muhafaza etmiştir. Gezegenin gerçek harikalarından biriyle tanışma zamanı geldi: Fosiller.

11 Örneğin, Güney Afrika'daki Kaapvaal *kratonunun* yaklaşık 3,6 milyar yıllık olduğu düşünülüyor.

AH O KEMİKLER VAR YA

Herhangi bir hayvanın fosile dönüşmesini engelleyen kuvvetli faktörleri gelin bir düşünelim. Aslında, sizin ve tanıdıklarınızın mesela yarım milyar yıl boyunca kayanın içinde muhafaza edildikten sonra gelecekteki bir tür yaşam formu tarafından keşfedilme olasılığınız ne kadardır?

Öncelikle, canınızın istediği yerde fenalaşıp ölemezsiniz. Ya bir nehirde, ya gölde ya da deniz tabanında ölmeniz ve cesedinizin yırtıcı hayvanların istilasına uğramaması, kemikleriniz çürümeden önce ince bir tortu ile hızla örtülmesi gerekiyor. Daha sonra, gömüldüğünüz suyun bol miktarda çözünmüş mineral (silikon dioksit, kalsiyum karbonat, demir sülfür vs) içermesi lazım, böylece su tortudan sızarak kemiklerinizdeki organik maddenin yerine güzel, eskiden kalma, dayanıklı, inorganik kimyasal bileşenler doldurabilir.[12] Ardından tüm bu acayip mekanizmanın milyonlarca yıl boyunca çok daha fazla tortu katmanıyla örtülmesi gerekiyor, böylece tamamı kayanın içine sıkışarak yoğunlaşabilir.

Neticede, kemikleriniz tortul kaya katmanlarının içinde mineralleştirilmiş, kayamsı bir şekilde muhafaza edilecektir. Şimdi, kayaç döngüsü devredeyken, bu tortul kaya mantoda tekrar ısıtılmaktan kaçınmak zorundadır; 500 milyon yıl içinde yaklaşık üç ila dört tam kayaç döngüsü yaşanacaktır. Gördüğümüz gibi tortul kaya için en iyi yol otostop çekerek büyük bir granit öbeğinde yolculuk etmesidir ve söz konusu granit öbeğinin mantoya geri itilmeden ve yaklaşan bir levha ile karşılaşmadan önce

12 Kimya temelde ikiye ayrılır: Karbon içeren şeyler organik kimyanın, geriye kalan her şey inorganik kimyanın kapsamındadır. Örneğin karbon bazlı bir moleküle sahip şeker organik bileşiktir, o güzel mavi kristalleri oluşturan bakır sülfat ise inorganik bileşiktir. Genel anlamda, yaşam formları karbon kimyasını kullanır. Aslında, bir sonraki bölümde göreceğimiz üzere şeker moleküllerinin evrim sürecindeki en önemli faktörlerden biri olduğu anlaşılmıştır.

kurtulacak kadar şanslı olması şarttır.

Tüm bunlar uzak bir ihtimal gibi görünüyorsa şunu düşünün: Fosilleşmiş ve mantoda erkenden banyo yapmaktan kurtulmuş olabilirsiniz, ancak henüz keşfedilmediniz. Bu da bambaşka bir ihtimaller zinciridir. Keşfedilmeniz için tortul kayanın içinde bulunduğunuz üst katmanlar 500 milyon yıl içinde, tam da gelecekteki fosil avcısı vardığı sırada, kemiklerinizi açığa çıkaracak kadar hızla aşınarak yok olmalıdır. Avcının da gerçekten dikkatli olması, emrinde bir uzman ekip bulunması lazım; neticede fosilleşmiş yapraklardan ve salyangoz kabuklarından oluşan bir hazinenin arasından sadece ayak tırnağınız görünüyor olabilir. Üstelik bu bölgenin uzun süredir medeniyetten uzak olması gerekiyor -aksi halde elementlerin etkisine maruz kalması nasıl mümkün olabilirdi ki?- dolayısıyla, avcının epeyce sağlam bir mali kaynağa ve toplumdan neredeyse hiçbir ilgi veya ödül görmeden geçmişin sırlarını ortaya çıkarmak için takıntılı denebilecek bir güdüye sahip olması da gerekecektir. Böyle adamlar zor bulunur. Kısacası, iyi şanslar.

ATALARINIZDAN BİRİ BALIKTI

Bana sorarsanız, bırakın dünyanın dört bir yanındaki müzelerde ve özel koleksiyonlarda bulunan binlerce fosili, tek bir fosilin bulunmuş olması bile hayret verici. Yerküre'nin akla gelebilecek her çağından ve köşesinden gelen sıradışı bitkiler ve yaratıklarla dolu sessiz bir taş ormanında gibiyiz. Kâğıt mendilin bile çok kısa sürede çürüdüğü düşünülürse, yaratıkların sert uzuvlarının ilk evrildiği 540 milyon yıl öncesinden kalan nadir sayıda fosil bulmamız şaşırtıcı olmasa gerek. Dünya tarihinin bu dönemine Kambriyen adı verilir ve bu çağa ait tortul kayaların içinde ani-

den fosillerin belirmesi Kambriyen Patlaması olarak bilinir. Bununla birlikte, daha önceki dönemlerden kalma yumuşak gövdeli yaratıklara ve tek hücreli hayvanlara ait fosil kalıntılarına da rastladık; bu fosilleri jeolojik kanıtlarla birlikte değerlendirerek bölümün başında ebe tura 1, 2, 3 oyunuyla tasvir ettiğim tabloyu çizmemiz mümkün hale geliyor. Ancak evrimi hiçbir mantıklı insanın şüphe duyamayacağı kadar kesin bir gerçek haline getiren tek bir fosil kanıtı söylememi isterseniz, 370 milyon yıllık oldukça tuhaf bir balığa bakmamız yeterli olacaktır.

İyi bir bilimsel teorinin olmazsa olmaz özelliği, test edebileceğiniz varsayımlarda bulunmasıdır. Bu özellik evrimde şu şekilde görülmektedir: Doğal seleksiyon örneğin Galapagos Adaları'ndaki sıradan görünümlü iki ispinozun soyundan gelenler gibi belirli bir organizma nüfusunun çeşitli özellikleriyle oynayarak yeni türler oluşturmaktadır. Hal böyleyse ve mesela amfibik hayvanlar balıktan evrilmişse, bu ikisi arasında bir yerlerde bazı ara türlerin yaşamış olması gerektiği aklımıza geliyor. Başka bir deyişle, bacakları olan bir balık arıyoruz.

Fosillerin nasıl oluştuğuna dair bilgilerimize bakacak olursak, bu yaratığı bulma olasılığımız var. Neticede balıklar tıpkı kurbağalar gibi nehirlerde yaşar ve nehirlerde tortu bulunur, dolayısıyla bacaklı balığımızın fosilleşmiş olması epeyce yüksek bir ihtimaldir. İlk balığı bulduğumuz kayaların yaşını ve ilk amfibik hayvanı bulduğumuz kayaların yaşını biliyorsak, tarihi bu iki dönem arasında bir yerlere dayanan kayalarda ilk bacaklı balığı bulmamız mümkün. Tek yapmamız gereken, Yerküre üzerinde o çağa ait tortul kayaların açığa çıktığı bir yeri -büyük ihtimalle uzakta olacaktır- nokta atışıyla saptamak ve fosil avına çıkıp bir şeyler keşfedene dek yılmadan devam etmek. 1999'da kendini tamamen bu işe adamış, mali kaynağı da epeyce yeterli olan Neil Shubin adındaki paleontolog ve ekibi bu amaçla yola düştü.

O dönemde 380 milyon yıllık kayaların içinde fosilleşmiş

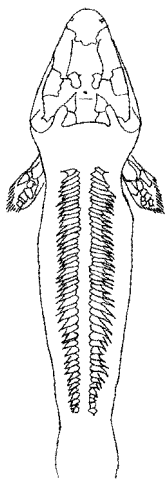
balık ve 365 milyon yıllık kayaların içinde fosilleşmiş amfibik hayvanlar bulunmuştu, dolayısıyla Shubin ve ekibi doğrudan 370 milyon yıllık geniş, sığ nehir yataklarında oluşan tortul kayaları bulmak için ava çıktı. Jeoloji ödevini bitirdikten sonra, ekibi Kanada'nın kuzeyindeki Ninavut'ta bulunan Ellesmere Adası'nda ellerindeki tanıma gerçekten de uygun görünen tortul kayaların izini buldu. Bu aşamada birkaç verimsiz deney yapıldı; söz konusu deneylerde ekip helikopterle buzun üzerine bırakılmış ve aylar süren inceleme sonunda neredeyse hiçbir şey bulunamamıştı. Fakat 2004'te yapılan yeni bir ziyarette, ekibin acemi elemanlarından biri son dönüş saatine dek kampa dönmedi ve nihayet karanlık çöktükten epey sonra cepleri fosillerle dolu halde belirdi. Grup bu eşsiz noktayı tekrar bulmayı başardı ve uzun bir süre titizlikle kazmaya uğraştıktan sonra Tiktaalik adı verilen bir yaratığı ortaya çıkardı, bu yaratık -görebileceğiniz gibi- bacaklı balık tarifine tıpatıp uyuyordu.

PARTİYE GEÇ KALDIK

Ebe tura 1, 2, 3 oyununda gördüğümüz gibi evrim son yarım milyar yıldır önceki 4 milyar yıla kıyasla epeyce yol katetti. İnsanoğlu açısından düşünürsek partiye gerçekten de epey geç katıldık. Filmlerde gördüklerinize rağmen biz dinozorlarla hiç karşılaşmadık; son kükremeleri 65 milyon yıl önce, Kretase döneminin sonunda duyuldu.[13] Dinozorlar gerçekten de bu tarih-

13 Bu arada, Kretase sözcüğü Latince'de tebeşir anlamına gelen *creta* sözcüğünden türemiştir. O dönemde Yerküre ılıktı ve karbonatlı sığ denizler kokolitoforid adı verilen tek hücreli alglere evsahipliği yapıyordu. Bu algler öldüğünde arkalarında kalsiyum karbonat olarak da bilinen, kalsitten oluşan minicik kabuklar bıraktılar. Milyonlarca yıl sonra bu kalsit tortul bir kayanın içinde sıkışıp yoğunlaştı: Tebeşir.

Bacaklı balık





ten önceki 160 milyon yıl boyunca "dünyaya hükmetmiş", ancak karadelikler hakkındaki son bölümden hatırlayacağınız gibi bu hayvanların şansı Meksika'daki Chicxulub kraterini oluşturan asteroit darbesiyle aniden sona ermişti.

Dinozorlar yoldan çekilince, memeliler ve kuşlar bu boşluğu doldurmakta gecikmedi. Buna rağmen primatlar yaklaşık 58 milyon yıl öncesine kadar sincabımsı, kır faresine benzer atalarından evrilmemişti. Üstelik primatların, insanları kapsayan büyük maymun familyasına, yani hominidlere evrilmesi de aşağı yukarı 15 milyon yıl öncesine dayanıyor. En azından bizim söyleyebileceklerimiz bu kadar. Neticede ilk hominidler nehirlerde değil ağaçlarda yaşıyordu ve dolayısıyla fosilleşme ihtimalleri epeyce düşük. Önce orangutanın atası evrim geçirdi, ardından da goril; şempanzelerle insanların son ortak atası yalnızca altı milyon yıl kadar önce yaşadı.[14]

14 Evrimle ilgili üzücü bir gerçeği de belirtmek lazım: Türlerin büyük bir kısmının nesli tükendi. Mesela gorillerle aramızda bir bağ olduğunu biliyoruz, ancak ortak atalarımız hayatta kalmayı başaramadığı için neye benzedikleri hakkında hiçbir fikrimiz

Şempanzeler hominid ailesiyle yollarını ayırdıktan sonra geriye sadece insan atalarımız homininler kaldı. Bir bütün halindeki en eski hominin iskeleti Etiyopya'da bulundu ve yaklaşık 4,4 milyon yaşında olduğu tespit edildi. Bu kadın iskeletinin adı Ardi; Google'da arama yapmanıza değer. Genel ölçüleri dışında şempanzeyle alakası yok, ancak dürüst olmak gerekirse insana da pek benzemiyor. İki bacağı üzerinde yürümesine rağmen ayakparmağı diyebileceğimiz uzvu epeyce büyüktü ve belli ki ağaçlarla arası iyiydi. Ardi, insanlarla şempanzelerin sürekli bahsi geçen ortak atası anlamında "kayıp halka" değildir; o hayattayken şempanze ile insanın yolları çoktan ayrılmıştı. Ancak belli ki artık büyük maymun dostlarının pek sevdiği gibi ağaçlarda sallanmakla kalmıyor, aynı zamanda orman topraklarında iki bacağı üzerinde geziniyordu.

AFRİKA'NIN DIŞINDA

Yaklaşık 15 milyon yıl önce hominid ailesi Afrika'da ortaya çıkmıştı ve altı milyon yıl kadar önce yürüyen, konuşan hominin soyumuz şempanzelerden kopmuştu. Tabii kesin konuşmak gerekirse atalarımız yedi milyon yıl önce muhtemelen konuşup yürüyemiyordu, bu da bizi doğrudan hararetli soruya getiriyor: Dili, ateşi, sanatı ve Grand Theft Auto oyununu geliştirmeye tam olarak ne zaman ve nerede başladılar?

---

yok. Kulağa garip geliyorsa telefonları düşünün. Bir iPhone'a, bir de sıradan ahizeli telefona bakın. Birbirlerine hiç benzememelerine rağmen ataları ortaktır. İnsanlar Çarliston dansını yarıda kesip bir elinde ağızlık, diğer elinde ahizeyle "Knightsbridge 215" diye bağırmaktan bıkıp usandığı için ortak ataları artık aramızda değil. Değinmeye çalıştığım nokta şu: İnsanlar sırf şempanzeye benzemiyor diye ortak bir atadan gelmediğimizi söyleyemeyiz. Ve söz konusu ortak ata, her iki tarafla da en ufak bir benzerlik taşımıyor olabilir.

Cevapları bulmak kolay değil ve sorun kısmen fosillerin ta kendisinden kaynaklanıyor. Bildiğimiz gibi fosiller olağanüstü nadir görülür; gününün çoğunu sahilde ya da nehir yatağında hoplayıp sıçrayarak geçirmeyen yaratıkların fosilleri daha da nadir görülür. Hominin kalıntılarının bulabileceğimiz parçalarına -orada birkaç diş, burada bir ok ucu- rastlamak ise maalesef epeyce zordur. Yine de tüm paleontologların aşağı yukarı hemfikir olduğu birkaç konu vardır ve bu konular kalıtımsal özelliklerimize dair müthiş bir bakış açısı sunmaktadır.

Öncelikle her şey Afrika'da başlamıştır. 4,4 milyon yaşındaki Ardi'yi yine Etiyopya'da bulunan, ancak *Australopithecus* cinsine ait olan 3,2 milyon yaşındaki Lucy takip etmektedir; Ardi ise *Ardipithecus* cinsindendir.[15] Lucy'de Ardi'nin ayakparmağına benzer uzuvdan yoktu ve Ardi'ye kıyasla ağaçlarda yaşıyor sayılmazdı; ancak burada belirtilmesi gereken nokta şu ki, her ikisi de kafatası incelemesi sonucunda çığır açmış sayılmazdı. En eski atalarınızın ağaçları terk etmesinin nedeni her neyse zekâlarının bir anda gelişmediği bariz; en azından kafatası kapasitesine bakınca böyle anlaşılıyor.

Yaklaşık 2,3 - 2,4 milyon yıl önce *Ardipithecus ve Australopithecus* benzeri cinslerin ardından, kendi cinsimiz *Homo*'nun fosillerini bulmaya başladık. Aile ağacımızın bu noktada "gür" olduğu söyleniyor, yani tek bir uzun ve saf kalıtım soyundan ziyade farklı *Homo* türlerini içeren düzensiz bir çeşitlilik söz konusu; bu türlerin bir kısmı doğrudan atalarımız olabilecekken diğerleri evrimin çıkmaz sokaklarını oluşturuyor. Ancak kesin

15 Cins sözcüğünün anlamını merak ediyor olabilirsiniz. Binomial nomenklatür, İsveçli botanikçi Carolus Linnaeus tarafından icat edilmiştir ve şöyle bir sistemdir: Bir organizmanın iki adından ilki cins ismini, yani cinsini; ikincisi de türünü tanımlar. Cinsin ilk harfi daima büyük harfle yazılır, türünki ise asla büyük harfle yazılmaz. Dolayısıyla *Tyrannosaurus rex* genellikle *T. rex* olarak, *Escherichia coli* ise genellikle *E. coli* olarak kısaltılır. Resmi adıyla hitap edecek olursak Ardi aslında *Ardipithecus ramidus* ve Lucy ise *Australopithecus afarensis*'tir.

olan bir şey var: Yeni gelenlerin beyni daha büyük. Kabaca kronolojik bir sıralama yaptığımızda, karşımıza *Homo habilis, Homo ergaster ve Homo erectus* gibi eski türler ile *Homo heidelbergensis, Homo neanderthalensis ve kendi türümüz Homo sapiens* gibi daha yakın zamanlı türler çıkıyor.

Bu durumda, daha büyük beyinli homininleri seçen çevresel baskı ne olabilirdi? Nil Nehri'nde bulunan tortul kayadaki koyu ve açık renkli şeritlere bakarak, yaklaşık 3 milyon yıl önce, Afrika'daki iklimin ıslak ve kuru dönemler arasında gidip geldiğini biliyoruz; doğrusu, hominin tarihi bir bütün olarak iklim çeşitliliğinde kademeli bir artış yaşamış ve yaklaşık 2,8 milyon yıl önce Buz Çağı'nın doğuşuyla doruk noktasına ulaşmıştı. Genel eğilim sıcaktan soğuğa doğru olsa da pek çok bilimadamı bu eğilimde görülen dalgalanmaların insan evriminde önemli bir rol oynadığına inanıyor. Neticede, büyük beyinler değişimle başa çıkmakta başarılıdır ve görünüşe göre iklimin hızla değiştiği dönemler ile atalarımızın beyin boyutundaki artışlar arasında bir bağlantı var. İklim değişikliği günümüzde harika bir şey olmayabilir -özellikle de Maldivler'de yaşıyorsanız- ancak genel olarak insanlık açısından düşününce, bizi biz yapan faktör olması pekala mümkün.

Son olarak, *Homo* cinsinin seyahat etmeye bayıldığını da biliyoruz. Afrika'yı ilk olarak *Homo erectus* terk etmiş, aşağı yukarı 1,5 milyon yıl önce Asya'ya, ardından da Avrupa'ya yayılmıştı. *Homo heidelbergensis* yaklaşık yarım milyon yıl önce Avrupa'ya yolculuk etmiş ve *Homo neanderthalensis* -daha iyi bildiğimiz adıyla Neandertaller- seyahatlerini aşağı yukarı 400.000 yıl önce gerçekleştirmişti.[16] Ardından, 200.000 yıl önce Afrika'da modern insanlar ortaya çıktı.

16 Aslında Afrika'da hiçbir Neandertal fosilinin bulunmadığını da söylemeliyim, dolayısıyla kökenlerinin kesin olarak bu kıtaya ait olduğunu söylemek abartı olabilir. Doğrusu, bir düşünce ekolüne göre Neandertaller aslında Avrupa'da *Homo heidelbergensis* gibi ilk insanlardan daha önce evrilmiştir.

İlk *Homo* türüne ilişkin bilgimiz yarım yamalak olsa da modern insanlar söz konusu olunca bu açığımızı ziyadesiyle telafi ediyoruz. En sağlam hipotezlerden birine göre yaklaşık 100.000 yıl önce bir grup *Homo sapiens* Afrika'yı terk ederek Babü'l Mendep boğazından Kızıl Deniz'i aşmış, *Homo erectus*'un yaklaşık 1,4 milyon yıl önce izlediği yolu neredeyse aynen izlemiştir. Ardından Arap yarımadasının kıyı şeridini takip ederek Hürmüz Boğazı'ndan Basra Körfezi'nin ağzına, günümüzdeki İran'a geçmiştir. Kıyıdan ayrılmadan doğu yönünde devam ederek 80.000 yıl kadar önce Hindistan'a ulaşmış ve nihayet Endonezya'ya varmış, burada volkanik Toba Dağı'nın patlaması nedeniyle toplam sayıları yaklaşık 10.000'e düşmüştür. Nüfus yavaş yavaş kendini toparladığı sırada, 75.000 yıl kadar önce aniden bastıran soğuk hava nedeniyle bir kısmı güneyde Avustralya'ya, bir kısmı da kuzeyde Çin kıyısına doğru yola koyulmuştur. Ardından yaklaşık 50.000 yıl önce havalar ısınmış ve bu modern insanlardan bir kısmı yeniden Hindistan'ın batı kıyısına göç etmiş, o zamanlar henüz Kutsal Topraklar adını almamış bölgeden geçerek Avrupa'ya ilerlemiş, buranın yaklaşık 40.000 yıl önce soğuğa dayanıklı Neandertaller tarafından işgal edildiğini görmüştür. Daha sonra olup bitenler tartışmaya açık, ancak 30.000 yıl öncesine gelindiğinde Avrupa'da tek bir Neandertal bile kalmadığını söylemek yeterli olacaktır. Artık *Homo* cinsinin hayatta kalan tek soyu *Homo sapiens*'ti.[17]

17 Bence bilimin etrafını kuşatan büyük karmaşa, hipotezlerin teori gibi duyurulmasından kaynaklanıyor. Bu konuda özellikle gazetelerin suçu büyük, hatta insanların bilime karşı inancını kaybetmesinin sebeplerinden biri de bu olabilir. Genel medyada "teori" olarak yaftalanan her şeye, bu teoriyi destekleyen bir dizi deney yoksa, kuşkuyla yaklaşabilirsiniz. Yaygın olarak bilindiği gibi gazetede okuduğunuz her şey büyük ihtimalle "teoriden" ziyade "hipotezdir" ve tüm deneyler büyük olasılıkla teyit edilmesi gereken tek seferlik bir sonuç sağlayacaktır. Gerçi "Vitrindeki Yavru Köpek Kaç Para?" şarkısının nakarat melodisinin suistimal edildiği bir durumla karşı karşıya kalırsanız ikimizin de bildiği üzere somut gerçeğe tosladınız demektir.

Geriye kalanlar, söyledikleri gibi tarih öncesidir. Tüm modern insan grupları Orta Asya'nın iç kısımlarına yayıldığı, tekrar Kuzey Afrika'ya döndüğü ve Güney İspanya'ya indiği için, sanat ve zanaatta yükseliş olduğunu görüyoruz. Orta Asya'dan yola çıkıp Kutup dairesine yerleştik ve Siberya'dan Alaska'ya geçerek Kuzey Amerika'daki nüfusu başlattık. Yerküre en az 20.000 yıl önce dondu, bu da söz konusu Kuzey Amerika sakinlerini Güney Amerika'ya doğru inerek yeni bir memlekete yerleşmeye itti. Artık tüm gezegen modern insanlarla dolmuştu; günümüzdeki sıcak dönem 12.000 yıl kadar önce başladığında, sayımız toplam altı milyon civarına ulaştı.

Tam bu sırada insanoğlunun en önemli buluşlarından bir diğeri kök saldı: Tarım. Görünüşe göre tarım yaklaşık 10.000 yıl önce birkaç yerde birden başladı ve teknolojimiz, kültürümüz, sanatımız ve toplumumuzun olağanüstü hızla gelişmesine önayak oldu. Artık nüfusumuz yedi milyarı geçmiş durumda ve gezegenin hemen hemen her karışını mesken tuttuk. Yerküre'de en bol bulunan hayvanların yakınından bile geçmesek de -bu onur böceklere, solucanlara, kurtçuklara ve planktona ait- adaptasyona en yatkın, iletişim kabiliyeti en yüksek ve en meraklı olanlar kesinlikle biziz. Öylesine meraklıyız ki, kendi kökenimizin sırlarını bile açığa çıkardık.

GENLERİMİZDE VAR

İçinizdeki doğa bilimcisi biraz kuşkulanmaya başlamış olabilir. Atalarımız hakkındaki en eski bilgilere bakarak 100.000 yıl öncesine kadar detaylar konusunda epeyce eksikliğe sahip olmakla birlikte, 100.000 yıldır neredeyse her konuda sonsuz bilgiye sahibiz. Görünüşe göre *Australopithecus* gibi maymun benzeri

atalarımız hakkında tek bildiğimiz, iki bacakları üzerinde yürüdükleri ve pek de akıllı olmadıkları; Neandertallerin ilk nerede evrildiğinden -Afrika ya da Asya- adımız gibi emin değiliz ve *Homo sapien*'lerin Afrika'da ortaya çıkması konusunda da elimizde yalnızca yarım yamalak ayrıntılar var. Yine de son 100 milenyum süresince Afrika'yı terk eden tüm *Homo sapien*'lerin adını, adresini, posta kodunu ve oraya ulaşmak için katettikleri rotayı belli ki tam olarak biliyoruz. Bu nasıl mümkün? Birileri el baltalarının izini ya da yeniyetme bir Neandertal'in günlüğünü mü buldu?

Artık evrim hikâyesi sandviçinin etini ısırmaya yaklaştık, çünkü *Homo sapien*'lerin göçüne ilişkin kanıtlar yalnızca fosil kalıntılarından değil, aynı zamanda kendi vücudumuzdaki hücrelerden geliyor. Bir sonraki gezintimizde yaşamın şablonunu tutan sıradışı şeker molekülü DNA'nın sihirli dünyasını ziyaret edeceğiz. Daha da sıradışı olan ise bu şablonu okuyabilmemiz. Göreceğimiz üzere DNA nereden ve ne zaman geldiğimize dair hayati ipuçları tutuyor elinde. Üstelik bu ipuçları bizi çok eski zamanlara, Afrika'da ortaya çıkışımızdan çok öncesine, hatta şempanzelerle ve diğer büyük maymunlarla ortak atamızdan bile daha eskiye götürebilir. Aslına bakarsanız DNA bizi yaşamın başlangıcına taşıyabilir.

BÖLÜM 5

YARATILIŞIN GİZLİ KODU

ÜÇ HARFLİ KELİME

DNA tam olarak nedir? Bu harfler, oldukça özel bir molekül türü olan "deoksiribonükleik asit" anlamına gelir. Adına bakınca karmaşık bir şey sanabilirsiniz ama aslında öyle değil. "Ribo" kısmı bir şeker türü olan ribozdan geliyor, çünkü riboz DNA'nın temel yapıtaşlarından biridir. "Deoksi" kısmı, tahmin edebileceğiniz gibi her bir riboz şekerinden bir oksijen atomunun çıkarıldığı anlamına geliyor. "Nükleik" kısmı ise hücrenin çekirdeğinde bulunmasından kaynaklanıyor. Özetlemek gerekirse: DNA, hücrenin çekirdeğinde bulunan, kurcalanmış riboz şekerlerinden oluşan uzun bir moleküldür.

Tüm bunlar kulağa pek tanıdık gelmediyse hücrenin ne olduğunu kısaca hatırlayalım. Nasıl göründüklerini muhtemelen okuldaki biyoloji derslerinden anımsarsınız; hafızanızı tazelemeye yardımcı olmak için aşağıya bir tane çizdim. Ağız çeperinizdeki yanak bölgesinden biraz hücre kazıyıp, bunların üzerine

az miktarda boya püskürttükten sonra mikroskopla incelerseniz, biyologların ökaryot hücre adını verdiği hücrenin tüm temel özellikleri görürsünüz.[1] Tam ortasında bir çekirdek bulunur, çekirdeğin etrafını baloncuklu jöleye benzer bir tabaka sarar ve bunun çevresinde de hücre çeperi vardır. 23 kromozom çifti halinde özenle paketlenen DNA'nız çekirdeğin içinde yer alır. Bahsettiğim jöle sitoplazmadır -Yunanca'da "hücrenin özü" anlamına gelir- ve baloncuklar da hücrenin biyolojik yöneticisine yardımcı olan her türden minik aygıtlardır.

Tamam, şimdi DNA'ya geri dönelim. Onu bu kadar özel kılan nedir? Öncelikle, oldukça dayanıklıdır. Birazdan göreceğimiz gibi gayet benzersiz bir yapıya sahip olduğundan kolay kolay parçalanmaz; hominin kalıntılarının DNA'sının on binlerce yıllık olduğunu keşfettik. İkincisi, DNA bilgi depolama kapasitesine sahiptir, aslında sizi klonlamak için gereken tüm bilgileri depolar. Üçüncüsü, kendi kopyalarını üretebilecek yetiye sahiptir. DNA olmasaydı, çocuklar anne babalarına benzemez, evrimin işe yaraması söz konusu bile olamazdı.

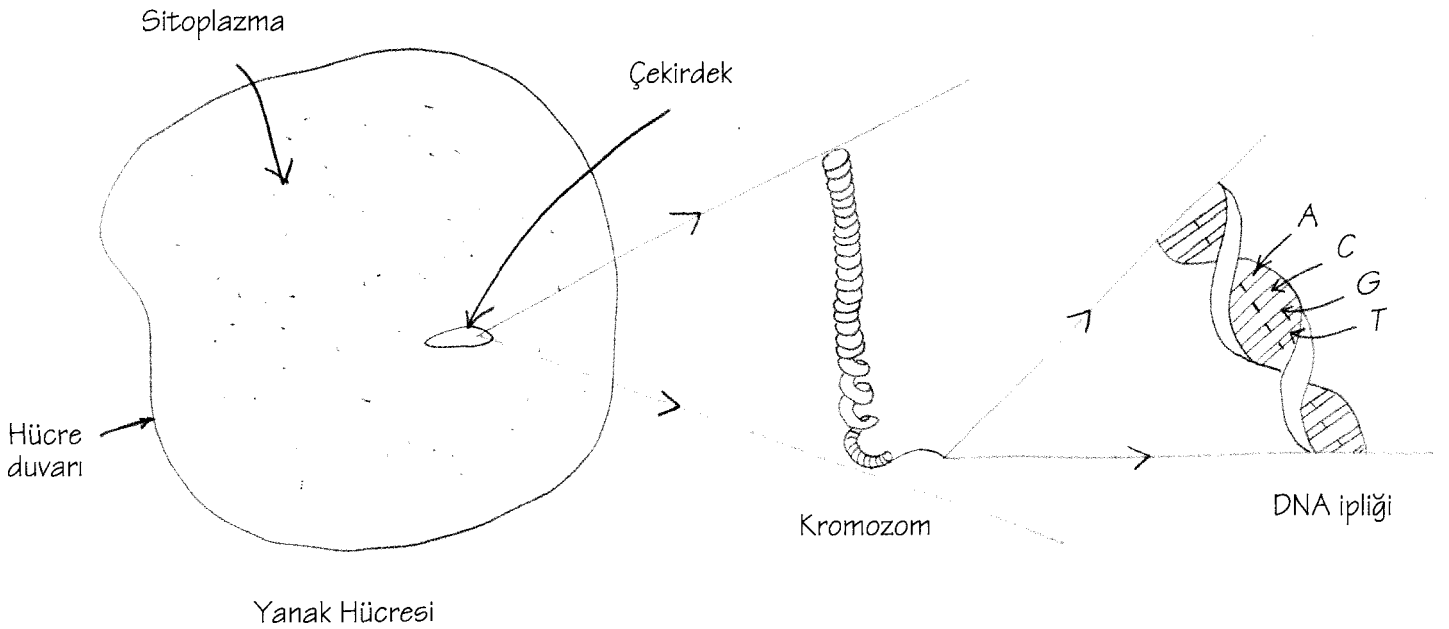
Özetlemek gerekirse: DNA bilgi taşıyan oldukça özel bir molekül türüdür ve tüm bireyler için bir çeşit şablon işlevi görür. Hücrenin çekirdeğinde yaşar, burada kromozom adı verilen küçük paketlere bölünür.[2] Kromozomlar çift halindedir ve insanlarda toplam 46 kromozom bulunur. Öyleyse, bu sistem nasıl çalışır? DNA'daki bilgilerden yürüyen, konuşan bir insan vücuduna ulaşmayı nasıl başarırsınız? İşte proteinden bahsetmenin zamanı geldi.

---

1 Yunancası "iyi çekirdek" anlamına gelir (*eu* = iyi, *karyon* = çekirdek).

2 Farklı türlerin kromozom sayıları da farklıdır ve kaç kromozoma sahip olacakları epeyce rastgele görünmektedir. Türler "geliştikçe" daha fazla DNA'ya ve dolayısıyla daha fazla kromozoma sahip olacaklarını düşünüyor olabilirsiniz, ancak biyolojinin bilmecelerinden biri işlerin bu şekilde yürümemesi. İnsanlarda 46 olan kromozom sayısı ananasta 50.

Yanak hücresi, kromozom ve DNA ipliği



HAYATTA KALMAK

Protein hakkında soru sorduğunuz insanların çoğu muhtemelen diyetle ilgili bir şeyler geveleyecektir. 2000'lerin ünlü isimlerinin bayıldığı meşhur Atkins Diyeti konusunu bile açabilirler. Hani şu protein açısından zengin, karbonhidrat açısından fakir olan yiyeceklerin ön plana çıkarıldığı ve nefesinizin mobilya cilası içmişsiniz gibi koktuğu diyet.[3] Gerçi hemen hemen hepsi, proteinin karbonhidrat, yağ, lif, vitamin ve mineraller ile birlikte yenmesi gereken şeylerden biri olduğunu söyleyecektir; üstelik haklılar da.

Gördüğünüz gibi tüm hayvanlar ve bitkiler proteinden oluşur. Daha önce duymuş olabilirsiniz; kaslarınız, kemikleriniz, saçınız, deriniz vs proteinden oluşmaktadır. Fakat işleri hücre düzeyinde de proteinlerin hallettiğini duymamış olabilirsiniz: Yediklerinizi sindiren enzimlerden kan şekerinizi düzenleyen hormonlara, kanınıza oksijen taşıyan hemoglobine kadar. Kulağa pek romantik gelmese de, bitkilerin ve hayvanların suyla dolu protein yapıları olduğunu söylersem abartmış olmam.

Tıpkı DNA gibi proteinler de karbon bazlı uzun moleküllerdir. Ancak DNA'nın temel yapıtaşı riboz iken, proteinler aminoasit adı verilen daha küçük molekül zincirlerinden oluşur. Proteinin yapabilecekleri boyutuna, aminoasitlerin kusursuz birleşimine ve elbette şekline bağlıdır. İnsan vücudunda tahminen 20-25.000 civarında farklı protein bulunmaktadır, fakat bu proteinler yalnızca 20 farklı aminoasitten meydana gelir. Söz konusu aminoasitlerin büyük kısmı vücudumuz tarafından üretilebilir, ancak hepsi değil. Vücudumuzun üretemediklerini de besinlerden alırız. Başka bir deyişle et, yumurta, balık ve bitki

3 Bölüm 6'da diyetler hakkında daha fazla bilgi mevcut; ancak şu kadarını söyleyeyim, Atkins Diyeti ile kilo verdiğinizde bunun nedeni proteinin büyülü yapısı ya da karbonhidratın zararlı yapısı değildir. Tek sebebi, protein ağırlıklı bir diyetin midenizi bulandırması ve dolayısıyla daha az yemek yemenizdir.

proteinlerini yememizin sebebi bunları aminoasitlerine ayrıştırarak, elde edilen aminoasitleri vücudumuzun ihtiyaç duyduğu proteinleri oluşturmak için kullanabilmemizdir.

İşte işin en güzel kısmı geliyor. Vücudunuzdaki her bir proteini oluşturmak için gerekli tüm aminoasitlere ilişkin kodları, aminoasitlerin bağlanmaları gereken sırada tutan bir kromozom bölgesi vardır. Bu bölgenin adı size tanıdık gelebilir: Gen.

GENOMUN HARİTALANMASI

Bir keresinde DNA'nın yapısını ve işlevini çözmekle ünlenen iki adamdan biri olan Francis Crick'le tanışmıştım. Cavendish'te yüksek lisans yapıyordum ve aktris Rachel Weisz'ın annesi Edith, Cambridge'deki evinde Crick için bir barbekü partisi düzenlemişti. Edith, Crick'i 60'lardan beri tanıyordu. Belli ki Crick o zamanlar Cambridge ortamında sosyal kelebek gibiymiş.

1990 yazıydı; Crick, Harry Potter büyücüsünü andıran gümüş bir tilkiye benziyordu, bayağı havalıydı. Evren'in sırlarını çözmeye hevesli diğer öğrencilerle birlikte tren dansı sırasına katıldım ama henüz yeniyetmeyken muz kabuğuna tütün sarıp içerek nasıl halüsinasyon gördüğümü anlatınca işleri biraz yüzüme gözüme bulaştırdım. Crick'in insan bilinci üzerine araştırma yapmakta olduğunu bildiğimden, tanışmamız o kadar da tesadüf sayılmaz, ancak tek hatırlayabildiğim nazikçe gülümsediği. Gerçi, içinden bilinci daha yerinde insanlarla etkileşim kurmayı dilediğine dair şüphem yok.

Bir Steve Coogan gösterisinde Paul McCartney'le tanıştığımda, Beatles'ta çalmanın nasıl bir duygu olduğunu sormak yerine kendimi tuvalete hapsettiğimde de muhtemelen doğrusunu yapmıştım. Paul McCartney büyük olasılıkla size Beatles'ı en iyi anlatacak kişi değildir, Neil Armstrong da Ay'da yürümenin na-

sıl bir şey olduğunu en iyi anlatacak kişi olmayabilir. Neticede bazı insanlar işin o kadar içindedir ki, başarılarının ne kadar olağanüstü olduğunu takdir edemezler. Hayatın kökenini anlama arayışındaki Crick ve Watson da işin olabildiğince içindeydi.

1950'lerin başında, herkesin içinden bir ses kalıtsallığın temelinde hücredeki kromozomların yattığını söylüyordu; üstelik bu doğruydu. Kromozomlar DNA'dan oluşur; Crick ve Watson, rakipleri Rosalind Franklin tarafından elde edilen bir DNA molekülünün X ışını kırınım bezemesinin ön gösterimini gördüğünde, DNA'nın tıpkı sarmal bir merdiven gibi çift sarmallı bir yapıya sahip olduğunu ortaya çıkarmıştı. Çizmek anlatmaktan daha kolay olduğu için yukarıdaki hücre çiziminin yanına bunu da çizmeyi denedim.

Crick ve Watson DNA yapısının gizemini çözmekle kalmadı aynı zamanda DNA şifresini de kırdı. DNA'yı merdiven gibi düşünün, "yan kısımları" alternatif şeker ve fosfat gruplarından oluşmaktadır. Her şekere dört farklı bazdan biri bağlıdır: Adenin, timin, guanin ve sitozin. Şimdilik bunların ne olduğunu bir kenara bırakalım, kodu anlamak için bunları ilk harfleri A, T, G ve C[4] ile adlandırabiliriz. Bazlar bir araya gelerek "basamakları" oluşturur; A daima T ile, G de C ile birleşir.

İşte işin gerçekten nefes kesici kısmı geliyor. Bazlar bir kod oluşturur, vücutlarımız bir DNA molekülünün fermuarını tam ortasından açarak bu kodu okuyup protein üretmekte kullanabilir. Üstelik söz konusu kod inanılmayacak kadar basittir. Bir genin içinde, bazların her biri üç harfli sözcükler halinde gruplanır ve bu üç harfli sözcüklerden her biri, vücudumuzu oluşturan 20 aminoasitten birine karşılık gelir. Başka bir deyişle gen, belirli bir proteine ilişkin yemek tarifi gibidir; vücuda hangi aminoasitlerin hangi sırayla birleştirileceğini söyler.

1950'lerin başında Francis Crick ile birlikte DNA'yı keşfeden

4 "C" simgesi sitozini temsil etmektedir. (ç.n.)

James Watson'ın başlattığı İnsan Genom Projesi'ni duymuş olabilirsiniz. Basitçe anlatmak gerekirse bu çığır açan proje eksiksiz bir insan kromozomu kümesindeki tüm baz sekansını belirlemeden ibaretti. İlk tam sekans 2003'te tamamlandı; o zamandan beri, her genin tam olarak hangi kromozom üzerinde olduğunu ve hangi proteinleri ürettiğini bulmaya çalışıyoruz.

"Hepsi iyi hoş" diyebilirsiniz. İnsanlarda kromozomlar halinde paketlenmiş DNA bulunur ve bu kromozomlarda vücudumuzu oluşturan proteinlerle ilişkili şablonu barındıran genler yer alır. Ancak şimdi insanlık tarihi ile doğrudan alakalı kısma geçiyorum.

Herkesin DNA'sı atalarının damgasını taşır ve biraz ince bir hafiyelik çalışması ile birinci dereceden akrabalarımızla kalmayıp binlerce, milyonlarca, hatta milyarlarca yıllık geçmişi inceleyebiliriz.

MİTOKONDRİYAL HAVVA VE Y KROMOZOMLU ADEM

İki insan arasındaki bazların sekansını kıyaslarsanız arada çok az fark olduğunu göreceksiniz. Asyalı, Afrikalı, Avrupalı, Eskimo: Hepimiz birbirimizin klonlarından ibaretiz. İnsan genomunun tamamında yaklaşık üç milyar baz bulunur ve bunların büyük kısmı aynıdır, ancak her birkaç yüz bazda ortaya değişken bir bölge çıkar. Şöyle özetleyelim, Mike Tyson'ın ilk kromozomunun başındaki sekans şöyledir:

CAGTTAGCTACTC

Frank Bruno da şu sekansa sahiptir:

CAGTTACCTACTC

Sıradaki yedinci bazın değişken bir bölge olduğunu görebiliyoruz; Mike'ınkinde G, Frank'inkinde ise C var. Şimdi, diyelim ki birkaç yüz baz sonra Mike'ın sekansında başka bir değişken bölge daha ortaya çıkmış olsun:

TAGCTCTATCTAG

Frank'inki de şöyle olsun:

TAGCTCCATCTAG

Yine başka bir değişken bölge bulduk; Mike'ınkinde T, Frank'inkinde ise yine C var. Değişken bazlardan oluşan listenin her birey için nasıl tıpkı bir imza gibi görünmeye başlayacağını anlayabilirsiniz; Mike'ın değişken bazları "GT..." harfleriyle başlarken, Frank'inki "CC..." ile başlıyor. Bu tür bir imzaya Yunanca'da "tek tip" anlamına gelen *haplotip* adı verilir ve insan kökeni açısından çok şey anlatır.

Haplotipleriniz, insan genomunda belirli bir değişken bölge dizisindeki bazlardan meydana gelen benzersiz bir imza oluşturur. Ancak haplotipler nesilden nesile geçerken karışır ve çocuktaki her kromozomun bir parçası anneden, bir parçası da babadan gelir. *Rekombinasyon* adı verilen bu karışım süreci, eşeyli üremenin faydalarından biridir; doğal seleksiyonun görevini yerine getirmesini ve dolayısıyla türlerin evrim geçirmesini sağlayan bir genetik çeşitlilik kaynağı sunar. Yine de atalarınızın izini sürmek istediğinizde işiniz biraz uzar; sonuçta yeterince nesilden geçtiğinizi düşünürsek haplotipleriniz öylesine karışır ki, ataları birbirinden ayırmak epey güç bir hal alır.

Ancak rekombinasyon olarak bildiğimiz karışma sürecinin gerçekleşmediği iki genom bölgesi vardır ve bu bölgeler hem bireyin genetik arka planı hem de genel anlamda türümüzün

kökenleri hakkında önemli ipuçları verebilir. Y kromozomu ve mitokondriyal DNA ile tanışmanın vakti geldi.

KUVVETLİ MİTOKONDRİLER

Tipik bir hayvan ya da bitki hücresi kromozomlar halinde DNA ile tıka basa doldurulmuş, jöle kıvamında bir sitoplazmanın içinde salınan, etrafı bir hücre çeperi ile çevrili çekirdekten oluşur. Sitoplazmanın her türden işe yarar aygıtla dolu olduğunu söylemiştim, hatırlıyor musunuz? Bu aygıtlardan biri, hücreye enerji sağlayan *mitokondridir* (Bu sözcük de Yunanca'dır ve anlamı "ipliksi tane"dir).[5] Mitokondrilerin kendi DNA'sı vardır ve -işte önemli nokta geliyor- dişi yumurtasında bulunurken erkek sperminde bulunmaz. Dolayısıyla mitokondriyal DNA'nız yalnızca annenizden gelir ve rekombinasyona uğramaz.[6]

ŞEMPANZE SAATİ

Mitokondriyal DNA, soyumuzun izini sürmeye nasıl yardımcı olur? DNA kendini kopyalamakta oldukça iyidir, ancak mükemmel değildir. Tıpkı hücrelerin her yeni oluşumunda olduğu gibi DNA da her kopyalandığında hatalar usulca içeri süzülür. Bu sürece bağlı olarak mitokondriyal DNA'daki haplotipler bile

5 Mitokondriler bakterilere oldukça benzer ve ilk ökaryot hücrelerini kolonileştiren bakterilerden evrildikleri düşünülmektedir.

6 Bu konuda gerçekten bilgiçlik taslamam gerekirse sperm hücrelerinde de mitokondri bulunur, ancak yalnızca kuyruklarında. Sperm yumurtayı döllediğinde kuyruk koparak düşer.

zamanla mutasyona uğrar. Değişim hızı rekombinasyonun her nesil geçişinde babanın DNA'sı ile annenin DNA'sını harmanladığı kromozomal DNA kadar yüksek değildir; ancak insanlık tarihinin yaklaşık 5.000 neslini geride bıraktığımızda bu mutasyon oldukça belirgin bir etki göstermiştir.

Bir bireyin haplotipine bakarak bunları benzer haplotiplerden oluşan *haplogrup* adlı daha geniş bir koleksiyona yerleştirmek oldukça kolaydır. İnsanoğlu yaklaşık 20 haplogruba ayrılmıştır ve tüm haplogruplar kronolojik sırayla yerleştirilebilir. Afrika'da ortaya çıktıktan sonra dünyaya yayılan bir türden bekleyeceğiniz üzere gezegendeki diğer tüm haplogrupların atası olduğu görülen tek bir Afrika haplogrubu vardır.[7]

Her bir haplogrubun ortaya çıktığı kesin tarihin belirlenmesi günümüzde oldukça ilgi çekici bir konu olmakla birlikte genel prensibin kavranması epey kolaydır. Şempanzelerle aynı atayı paylaştığımızı biliyoruz ve bu atanın mitokondriyal DNA'sının neye benzeyeceğini çözmek için geçmişe bakabiliriz. Fosiller sayesinde insan/şempanze ayrımının ne zaman gerçekleştiğini aşağı yukarı biliyoruz; en son kanıt yaklaşık altı milyon yıl öncesini işaret ediyor. Mitokondriyal DNA'mızın altı milyon yıl önce ve şimdi nasıl göründüğünü bildiğimizden önümüze çıkan herhangi bir DNA'yı analiz ettiğimizde, tam olarak ne zaman ortaya çıktığını hesaplama şansımız oldukça yüksek.

Bu temel yöntem devamlı geliştirilmektedir, çünkü mitokondriyal DNA'nın nesilden nesle değişme hızı örneğin doğal seleksiyon ve nüfus darboğazı gibi diğer süreçlerin etkisiyle bozulabilir.[8] Daha

7 Haplogruplar A, B, C vs şeklinde etiketlenmiştir, ancak isimleri maalesef kronolojik sıradan ziyade keşfedildikleri tarih sırasına göre verilmiştir. Afrika haplogrupları L0-6 şeklinde etiketlenir. Afrika dışındaki tüm haplogrupların ortak atası görünüşe göre L3 haplogrubudur.

8 Doğal seleksiyon, mitokondriyonla ilişkili olanlar başta olmak üzere zararlı mutasyonları etkisi bulunup bulunmadığına bakmaksızın ortadan kaldırır. Yani, günümüz insanlarının çeşitliliği, zararlı mutasyonların hayatta kalması durumunda ola-

önce insan göçlerinin tablosunu çizmiştim; bu göçler Afrika'da başlıyor, kıyı rotasını takip ederek Endonezya'ya ulaşıyor, ardından tekrar Avrupa'ya dönüyor ve Yeni Dünya'ya kadar uzanıyordu. Söz konusu tablo devamlı eğilip bükülüyor, ancak genel kapsamı açısından fikir birliği söz konusu ve içerdiği ayrıntılı bilgiler de gitgide daha fazla kabul görüyor. Ayrıca etkileyici noktalardan biri üzerinde herkes hemfikir: Hepimizin soyu yaklaşık 200.000 yıl önce Afrika'da yaşamış bir kadına dayanıyor. Bu kadın En Son Ortak Ata (MRCA) olarak bilinse de ben daha şiirsel ismiyle hitap etmeyi tercih ediyorum: Mitokondriyal Havva.

BAHÇEYE DÖNÜŞ

Artık şunu öğrendiniz: Mitokondriyal DNA'nız annenizin soyundan miras kalmakta ve Afrika'dan geldiğinizi göstermektedir. Ayrıca ister I. William'la, ister William Shatner'la akraba olun mitokondriyal aile ağacınızın izini yeterince eski bir döneme kadar sürerseniz, karşınıza 150.000 yıl kadar önce yaşamış bir kadın, yani Mitokondriyal Havva çıkar. Tabii kesin konuşmak gerekirse Mitokondriyal Havva yaşayan ilk kadın değildi, yalnızca en şanslı ilk kadındı. Büyük ihtimalle ondan önce yaşayan kadınlar da, çağdaşı olan kadınlar da vardı; ancak bu kadınların mitokondriyal DNA'sı tükenirken, onunkiler hayatta kalmıştı. Burada her şey şansın suçu; herhangi bir kalıtımsal özelliği dü-

cak çeşitlilikten daha azdır, dolayısıyla gerçek değişim hızı göründüğünden fazladır. Rastgele örnekleme nedeniyle nüfus boyutunun da etkisi vardır. Bildiğiniz gibi geniş bir nüfustan aldığınız rastgele örnek ne kadar küçük olursa nüfusun tamamını yansıtma olasılığı o kadar düşük olacaktır. Bunun insanlık öyküsüyle alakası şöyle: Evrimimiz sırasında sayımızın epeyce azaldığı zamanlar olmuş ve bu da mitokondriyal DNA'mızın değişim hızını bozmuş olabilir. Durum böyleyse Mitokondriyal Havva çağını incelerken bunu gözönünde bulundurmamız gereklidir.

şünün, küçük bir nüfus yeterince nesil boyunca hayatta kalmayı başarırsa, bu özelliğin bir yönü tamamen şans eseri diğer yönlerine üstün gelecektir. İlk insanlar tanımlamalara göre küçük bir nüfusu oluşturuyordu ve ilk mitokondriyal DNA'nın yalnızca bir nesli milenyumu görmeyi başarmıştı.

Ancak ilk insanlarla aranızdaki tek bağlantı, annenizden miras kalan mitokondrinizdeki DNA değildir. Baba tarafından akrabalar aracılığıyla izini sürebileceğiniz başka bir insan genomu parçası daha bulunmaktadır; sizi o çok şanslı adama kadar götürecek parça, Y kromozomundaki DNA'dır.

CİNSİYET SAVAŞI

Hepimizin sahip olduğu 23 çift kromozomun 22 çifti neredeyse birbirinin aynıdır. Ancak X ve Y olarak bilinen cinsiyet belirleyici kromozomlar biraz daha farklıdır. Muhtemelen bildiğiniz gibi dişiyseniz XX, erkekseniz XY kombinasyonuna sahip olursunuz. Bir dişi, yumurta hücresi ürettiğinde, bu hücre dişinin X kromozomlarından birini öyle ya da böyle alır. Bir erkek, sperm hücresi ürettiğinde, hücre erkeğin ya X ya da Y kromozomunu alır. Başka bir deyişle bebeğin cinsiyetini aslında yumurtayı dölleyen spermin cinsiyeti belirler. Şüphesiz ki zamanı geldiğinde kliniğin biri çıkıp erkek spermi dişi spermden ayırarak insan yavrularının cinsiyetini kontrol etmenin bir yolunu bulacaktır, ancak şimdilik -size ailesinin erkek çocuk açısından bereketli olduğunu söyleyenlere aldırmayın- bu süreç tamamen yarı yarıya işlemektedir.[9]

Daha önce bahsettiğim gibi cinsiyet belirleyici olmayan 22

9 Tahmin edebileceğiniz üzere "erkek çocuk genlerimde var" lafı rastgele örneklemenin bir başka örneğidir. Çocuk sayısı arttıkça, yarısının kız yarısının erkek olma ihtimali de artar.

"normal" kromozom, eşeyli üreme sırasında rekombinasyon adı verilen bir süreçte birbirine karışır. Bu durum çocukta ebeveynlerin özelliklerinin harmanlanmasına neden olur; dolayısıyla annenizin göz şeklini, babanızın da göz rengini alma ihtimaliniz oldukça yüksektir. Her yeni nesil, bir nevi kromozomsal eritme potası haline gelir; tüm özellikler bir noktada ortaya çıkar ve dolayısıyla doğal seleksiyona maruz kalır. Avantajlı özellikler ön plana çıkarak yayılır. Benzer şekilde, zararlı özellikler de yarı yolda terk edilir.

Yeni döllenmiş bir dişi yumurtasındaki iki X kromozomu için de benzer hikâye geçerlidir. Bunlar da rekombinasyona uğrayacaktır, yani annenin yumurtasından gelen X ile babanın sperminden gelen X'in bir karışımı olacaklardır. Bu da oldukça sağlıklı bir durumdur, yani bir X kromozomundaki DNA'nın riskli kısımları eninde sonunda ortaya çıkacak ve doğal seleksiyon ile ayıklanacaktır. Fakat göreceğimiz üzere Y kromozomu bambaşka bir konudur.

Tipik bir Y kromozomuna baktığınızda bir şeylerin döndüğünü anlarsınız. X kromozomu sekizinci en büyük kromozomdur, ancak Y sıkı bir çalışmaya hazır ve nazırdır. İçinde kompakt halde 60 milyon baz çifti bulunur ve yalnızca 86 gen içerir, ancak X kromozomunda etine dolgun 153 milyon baz çifti ve yaklaşık 2.000 gen bulunur. Üstelik bunlar birbirleriyle pek anlaşamaz; X ve Y kromozomları öylesine uyumsuzdur ki, eşeyli üreme sırasında karışmazlar.

Artık Y kromozomunun neden X'ten daha kısa olabileceğine dair haklı sebebi kolaylıkla görebilirsiniz; neticede kadınlar bu kromozomu taşımaz, dolayısıyla Y kromozomunda erkek özelliklerinden sorumlu olanlar haricinde başka bir hayati gen görmek istemezsiniz. X ve Y'nin rekombinasyona uğramasını neden istemeyeceğiniz de aşikâr, çünkü iki yeni kromozom üzerinde erkek ile dişi özelliklerini karıştırmış olursunuz ve sonuçta ortaya çıkan

kromozomlar ne bir Arthur ne de bir Martha olur. Fakat anlayacağınız üzere Y'deki zararlı mutasyonlar X'teki kadar sık ortaya çıkmaz ve dolayısıyla doğal seleksiyonla ortadan kaldırılmaları pek kolay değildir. Yani gezegendeki en enerjik, en zinde Y kromozomu hiçbir suçu olmamasına rağmen devre dışı kalabilir. Neticede, çeneniz ne kadar köşeli ya da pazınız ne kadar sıkı olursa olsun, şans faktörü boy göstererek erkek evlat sahibi olmamanızı sağlayabilir, bu durumda tüm erkek genleriniz anında nalları diker. Her nesilde, şans eseri bir tabur kızı olup hiç oğlu olmayan nice babayiğit erkeğin genleri sonsuza dek aramızdan ayrılmıştır.

Başka bir deyişle, cinsiyet savaşı tek kelimeyle gerçektir ve kromozomlara bakılırsa bahsi kızlara yatırmalısınız. Ancak, erkek ve dişi kromozomların birbirine karışmaması nedeniyle Y için eşi benzeri olmayan bir dizi zorluk ortaya çıksa da, iş insan soyunun kökenini bulmaya geldiğinde Y'nin kayıtsızlığı olumlu bir lütuftur. Çünkü tıpkı mitokondriyal DNA'nın anneden kıza geçmesi gibi Y kromozomu da gezegene adım atmış ilk erkek insanlara doğrudan bağlantı sağlamaktadır. Ve tıpkı mitokondriyal DNA'nın kökeninin tek bir kadına uzanması gibi Y kromozomlu DNA da tek bir erkeğe uzanmaktadır: Yaklaşık 60.000 ila 90.000 yıl önce Afrika'da yaşamış olan Y Kromozomlu Adem.

UZAK MESAFE İLİŞKİSİ

Tıpkı mitokondriyal DNA'da olduğu gibi Y kromozomlu DNA da haplotip gruplarına ayrılabilir. Bu gruplardan her biri mutasyonlara ilişkin eşsiz bir imza niteliği taşır. İşin ilginç yanı, bu haplotipler de oldukça benzer bir öykü anlatır: Afrika'yı terk edip önce Eski, ardından Yeni Dünya'ya yerleşen bir grubun öyküsü. Ve mitokondriyal DNA'nızdaki haplotiplerin bu yolculuk sıra-

sında Afrika, Asya ya da Kuzey Kutbu gibi herhangi bir yerde ortaya çıkması gibi, babanızın Y kromozomundaki haplotipler de ortaya çıkacaktır. Şöyle hayal edin; kromozomlarınızdaki baz sırasına bakarak daha uzak tarihlerde yaşamış atalarınızın izini bulmanız mümkün.

Tabii ufak bir ayrıntı var: Havva insanlık tarihindeki en büyük delikanlı avcısı olarak görünüyor, neticede Adem'den 50.000 yaş büyüktü. Anlayacağınız, karı koca değillerdi. İnsan ırkının çoğalması için günümüzdeki tüm mitokondriyal DNA'nın en yakın tarihli ortak atasının tüm Y kromozomlu DNA'nın en yakın tarihli ortak atası ile karşılaşması şart değildi. Havva'nın bir erkek partneri vardı, ancak maalesef bu erkeğin Y kromozomu, soyundaki tüm Y kromozomları ile birlikte tükendi.

Başka bir deyişle, Y kromozomlu Adem pek çok babadan biridir, tıpkı Havva'nın pek çok anadan biri olması gibi. Soyumuzu Adem'e kadar dayandırabileceğimizi söylerken yalnızca Y kromozomlarımızın soyundan bahsediyoruz. Babanızın Y kromozomundaki DNA, sizdeki DNA'nın yalnızca bir kesitidir -aslında 50'de 1'inden çok daha azı- aynı durum Havva'dan miras kalan mitokondriyal DNA'nız için de geçerli. DNA'nızın geriye kalan tümünün kökeni de ilk insanlardan birine aittir; ancak fazlasıyla karmaşık olduğundan, kime ait olduğunu bulmak çok daha zordur. Aslına bakarsanız, vücudunuzdaki her kromozomda bulunan her gen, kendi en yakın tarihli ortak atasına sahip olmalıdır. Dirseklerimizin, sol üst köpek dişlerimizin ve göbek deliklerimizin aile ağacının izini sürebileceğimiz zamanlar da gelecek gibi görünüyor.

Çünkü söz konusu DNA olduğunda işin içine giren insanlar hikâyenin yalnızca bir kısmını oluşturur. Evrime DNA'nızın gözünden bakmak üzereyiz ve korkarım ki okuduğunuzda tüyleriniz ürperebilir. Çünkü genleriniz açısından, insanoğlu tıpkı kullanışlı cankurtaran botları gibidir. DNA için oyun kendisinin

mümkün olduğunca çok sayıda kopyasını üretmekten ibarettir ve ihtiyacı olan tek şey çiftleşen ve yaşayabilir döl üreten bir kaynaktır. Hadi, aynadan içeriye, gen dünyasının yansımasının ardında neler olduğuna bir bakalım.

ÖZVERİLİ GEN

Ne demek istediğimi anlamak için gelin neyle uğraştığımızı bir hatırlayalım. Anımsayacağınız gibi insan DNA'sı 23 çift kromozom halinde paketlenmiştir. Bu kromozom çiftlerinden her biri neredeyse tıpatıp aynıdır, ancak erkeklerdeki kromozomların bir çifti, eşleşmeyen X ve Y cinsiyet kromozomlarından oluşur. Eşeyli üreme sırasında, hem anneden hem de babadan gelen kromozomlar harmanlanarak 23 çiftten oluşan yeni bir küme oluşturur; tabii eğer çocuk erkek değilse. Bu durumda, babanın Y kromozomu ile annenin X kromozomu neredeyse hiç bozulmadan çocuğa geçecektir. Tüm bildiğimiz bu kadar.

Ayrıca, her kromozomun birbirine sarılmış iki karbon bazlı omurgaya sahip oldukça uzun bir sarmal molekül olduğunu da hatırlarsınız. Bu iki omurga birbirine dört "bazla" bağlanır: A, T, G ve C. DNA'nın muhteşem "sırrı", bu dört harfin bir şifre oluşturması, üç harfli kelimelerden her birinin bir aminoaside karşılık gelmesidir. Dolayısıyla DNA tıpkı protein hazırlamaya yarayan bir yemek tarifi kitabı gibidir; hangi aminoasitlerin hangi sırayla birleştirileceğini kaydeder.

Daha doğrusu, bir dereceye kadar kaydeder. Çünkü burada bir kurnazlık yatıyor. DNA'nın "şifreleme" parçacıkları -yani nihayetinde aminoasitlere dönüştürülecek bazlar- genin içinde karıştırılır. Şifreli parçacıklara *ekson*, arada kalan parçacıklara *intron* adı verilir. Belirli bir gen için protein üretme sürecinin bir parçası,

tüm intronları kesip atarak tüm eksonları birbirine dikmekti. Ne kastettiğimi anlamak için, karman çorman harflerin arasına yerleştirilmiş sözcüklere bakın:

gdtdypijamalıjdudyhastaksysghsyağızjssustşoförejstsgtsçabu cakjsjshsgüvendiksf

Bu benzetmede, "gdtdy" bir intron, "pijamalı" ve "hasta" ise eksondur. İntronlara sahip olmanın en havalı yönlerinden biri, eksonları çeşitli şekillerde birbirine ekleyerek tek bir genden birden fazla protein üretebilmenizdir. Tıpkı metnimizden "gdtdypijamalıjdudy" kısmını kesip attığınızda -diğer intronlarla birlikte- cümlenin kalan kısmının halen anlamlı olması, ancak anlamının biraz değişmesi gibi:

hastayağızşoföreçabucakgüvendi

Başka bir deyişle, birden fazla farklı protein üretmek için aynı geni kullanabilirsiniz; bu sayı gen başına 10 bile olabilir.

Biz insanlar genel anlamda klonuz. DNA'mdaki üç milyar civarı baz sizinkilerle, sizinkiler de Beatles'ın her üyesinde, hatta Ringo'da bile bulunan bazlarla neredeyse aynıdır. Bununla birlikte arada sırada bir değişken bölge ortaya çıkar. Yani belirli bir bölgede G yerine A olabilir ya da belki C yerine T. Genomun tamamındaki üç milyar bazdan yalnızca 10 milyon kadarı değişkendir, yani değişken bölge ancak ortalama her 300 bazda bir filizlenir. Bu değişken bazların listesini çıkardığımızda o bireyin DNA'sı için haplotip adı verilen bir tür imza oluşturduğumuzu da hatırlarsınız.[10]

10 Bu arada, değişken bölgeler (SNP, yani Tek Nükleotid Polimorfizmleri olarak da bilinir) önemli olmakla birlikte genetik varyasyonun tek kaynağı değildir. Bir nesilden diğerine geçerken kopyalama hataları da meydana gelir ve DNA parçacıkları yanlışlıkla devreye sokulup çıkarılabilir, bu sonuçların hepsi bireyler arasında varyasyonla sonuçlanır.

Daha önce mitokondriyal DNA ve Y kromozomlu DNA'daki haplotiplerin soyumuz hakkında nasıl ipuçları verebildiğine hayret etmiştik, çünkü genomun bu kısımları eşeyli üreme sırasında rekombinasyona uğramaz; başka bir deyişle karışmaz. Dünyanın farklı yerlerindeki farklı ırklardan haplotip örnekleri alarak, bunları haplogrup adı verilen aile gruplarına ayırabilir ve hatta ilk insanların DNA'sının neye benzediğini hesaplama işine geri dönebiliriz. Ancak diğer kromozomların haplotipleriyle de işimiz bitmedi. Neticede şöyle düşünün: Eşeyli üreme sırasında meydana gelen tüm harmanlamaya rağmen birden fazla insanın kromozomlarında aynı değişken baz sekansının ortaya çıktığını görmeniz tıpkı "Gördüğünüz DNA parçacığı önemli bir iş yapıyor" yazılı bir neon görmeye benzer.

Demek istediğimi anlamak için haplotipi bir deste oyun kâğıdı gibi düşünün. Rekombinasyon, her yeni nesilde desteyi kestiğiniz anlamına gelir. Epeyce neslin ardından, her destenin kâğıtlar iyice rastgele karışana dek kesilmiş olmasını umarız. Peki destelerden her birini incelediğinizde, dört asın her halükarda hep yan yana geldiğini görünce küçük dilinizi yutmaz mısınız?

Oyuncu olsaydınız hile yapıldığını söylerdiniz, biyolog olsaydınız doğal seleksiyon derdiniz. Bir ihtimale göre çok sayıda insanın tamamı aynı değişken baz kalıbını paylaşırsa, bu değişken bazlar onları taşıyan insanların zindeliğinde artışı temsil eder. Peki, tek bir T bazının mesela C bazına dönüştürülmesi, evrim açısından ne tür bir avantaj sağlar?

Bir noktaya varmaya çalıştığımı tahmin etmişsinizdir, haklısınız. Artık, insan medeniyetinin son 10.000 yılını tek bir mutant geninin gözünden görmek için ihtiyacımız olan tüm yapboz parçalarına sahibiz. Sığırların evcilleştirilmesini Hint-Avrupa dillerinin başarısıyla birleştiren muhteşem bir hikâye duymak üzeresiniz: İnsan kültürüne bağlı olarak popülerliği artan bir genetik mutasyondan bahsediyorum. İnsan evriminin dört bir

yanınızda gerçekleştiğinden şüpheniz varsa, Kromozom 2'deki MCM6 geninin intronlarından birinde bulunan bir değişken bazın öyküsünü dinlemelisiniz.

TAŞ DEVRİNİN SÜTÇÜLERİ

Kuzey Avrupalı ya da Kuzey Avrupa soyundan gelen bir Kuzey Amerikalı'ysanız, büyük ihtimalle bu sabah süt içmiş ve üzerinde pek düşünmemişsinizdir. Afrikalı veya Çinli'yseniz, büyük ihtimalle içmemişsinizdir; aslında neredeyse hiç taze süt içmiyor olabilirsiniz. Süt içmiyorsanız çoğunluktasınız, çünkü dünya nüfusunun yaklaşık % 65-75'i yetişkinlik döneminde sütü sindiremez. Bilimadamları buna laktoz duyarlılığı adını vermiştir.

Gördüğünüz gibi laktoz sütte bulunan kompleks şekerdir ve vücut tarafından sindirilmesi için daha küçük iki şeker olan galaktoz ve glikoza ayrılması gerekir. Vücut, bunu yapmamıza yardımcı olmak için laktaz adı verilen bir enzim üretir. Bu enzim tüm bebeklerde bulunur; neticede insanlar memelidir ve memeliler yavrularını beslemek için süt üretir. Tarım yaklaşık 10.000 yıl önce başlamadan çok önceleri[11], insan ırkının o eski fena avcılık-toplayıcılık günlerinde, insan yavruları tıpkı diğer memeli türleri gibi annelerinin sütünden kesiliyor ve yetişkinlik döneminde ağızlarına bir damla bile süt koymuyorlardı. Herkes laktoza duyarlıydı.

11 Neolitik Çağ, yani "Cilalı Taş Devri"nin tanımlayıcı özelliği tarımın keşfedilmesidir. Tarım dünyanın farklı kesimlerinde farklı zamanlarda başlamıştır; ilk çiftçilerin yaklaşık 10.000 yıl önce Çin ve Levant'ta birbirlerinden habersiz olarak tahılları işlediği düşünülüyor. Kuzey Avrupa'da Neolitik Çağ yaklaşık 7.000 yıl önce başlamış ve 4.000 yıl önce sona ermiştir. Bu çağın ardından Tunç Devri (Kuzey Avrupa'da aşağı yukarı 5.000-3.000 yıl önce) ve sonra Demir Devri (Kuzey Avrupa'da aşağı yukarı 3.000-1.500 yıl önce) gelmiştir. Bu devirleri bildiğiniz gibi Orta Çağ ve nihayet Modern Çağ takip etmektedir.

Günümüzde bilimsel olmayan çevrelerde bu başlığın etrafını saran epeyce tartışma var, en azından benim yaşadığım bilimsel olmayan çevrelerde. Görünüşe göre pek çok Kuzey Avrupalı, laktoz duyarlılığının Batı'da yakın zamanda ortaya çıkan "moda" alerjilerden biri olduğuna inanıyor. Yetişkinlerin süt içebilmesini normal görüyorlar; ancak bir an durup düşününce, bu gerçekten tuhaf ve neredeyse vampirlere layık bir hareket. Çünkü - *Little Britain* adlı komedi dizisi tarzı bir iki istisna dışında -yetişkin erkek ve kadınlar annelerinin memesinden gelen sütü içmezler; bebek sütü, bebeklerin vücudundaki laktaz tarafından sindirebilecek şekilde tasarlanmıştır. Yetişkinler mandıra ineklerinin anne sütünü içer. Evet, yanlış duymadınız. Mandıra ineklerinin kendi minik tatlı yavru ineklerini beslemek için ürettiği süt sağılır ve iri, kıllı, maymundan gelme *Homo sapiens* erkekler ve kadınlar tarafından içilir. Talihsiz bir porsuğun sütünü içen bir grup orman sincabına rastlarsanız hakikaten mideniz bulanacaktır; ancak, dostlarım, bunun içinde bulunduğumuz oyundan hiçbir farkı yok. Ve kendimizi bir şekilde bunun normal olduğuna inandırdık.

GENLERİMİZDE VAR

Özet geçelim; laktaz *Homo sapien*'lerde -ve memelilerde, ayrıca diğer pek çok türde- bulunan enzimdir ve süt şekerini, yani laktozu vücut tarafından sindirilebilen daha küçük şekerlere ayrıştırır. Enzim, sindirime yardımcı olan bir protein türüdür ve bildiğimiz gibi vücuttaki tüm proteinler DNA'da kodlanmıştır. Bu durum laktaza yönelik kod ürettiğini keşfettiğimiz gen için de geçerlidir: Buna LCT adı verilir ve insanlarda Kromozom 2'de bulunur.

Bu arada, insan genleri mantıklı olarak işlevlerine göre adlandırılır, bu yüzden LCT adını laktazdan almıştır. Diğer türlerde, örneğin *E. coli*, meyve sinekleri ve farelerde (tümü genetik araştırmanın ortak süjeleridir) bulunan genler, genellikle biraz daha süslü isimlere sahiptir. Mesela, meyve sineğinin alkole karşı hassasiyeti arttıran geninin adı "İki Yudumda Sarhoş" ve genital organlarla bağdaştırılan geninin adı "Ken ve Barbie"dir. Şahsen favorim, meyve sineğinin ömrünü arttıran "INDY"[12]; bu ismin kaynağı, *Monty Python and the Holy Grail / Monty Python ve Kutsal Kâse* filminde Eric Idle'ın arabasına binmek istemeyip "Ben daha ölmedim" diye itiraz eden hasta köleden gelir. Tabii genetik biliminin ilk zamanlarında çalışmaların büyük bir kısmı insan olmayan türler üzerinde yapılıyordu; ele avuca sığmaz, tuhaf gen ismi laboratuarda işleri ilginç kılıyordu ve kimseye de zararı yoktu. Ancak tüm türler birbiriyle ilişkili olduğundan ve DNA da virüs ve bakteriler tarafından hücreler boyunca yayıldığından, meyve sineklerindeki ortak genlerin genellikle insanlarda da benzer etki yarattığı anlaşılmıştır. Kimse "İki Yudumda Sarhoş" geni taşıdığını öğrenmek istemez, dolayısıyla insan genetikçileri son bir gayretle meyve sineği cinsini nizama sokmaya ve yeni keşfedilmiş genlerine daha makul bir isim vermeye koyulmuştur. Meyve sineklerine altı saat boyunca gözlerinizi ayırmadan bakarken biraz rahatlamaya ihtiyaç duyduğunuzda bu duruma sinir olabilirsiniz.

Neyse, konumuza dönelim. Kuzey Avrupa'da yaşayan ve yetişkinlik döneminde süt içebilenlerimizin varlığını açıklamak için LCT geninde mutasyon arayan bilimadamları hiçbir şey bulamadı. Araştırmayı genişleterek LCT'ye yakın diğer genleri de dâhil ettiklerinde ise gerçekten oldukça ilginç bir şeye rastladılar. Gen MCM6'da LCT-13910 C/T adı verilen tek bir değişken

12 Bu gen, adını "Ben daha ölmedim" anlamına gelen "I'm not dead yet" repliğinin başharflerinden almıştır. (ç.n.)

baz vardı ve bu baz yetişkinlik döneminde laktoz duyarlılığı ile yakından bağlantılıydı.[13]

MCM6 genindeki eksonlar, yani kodlama bölgeleri, minikromozom koruma kompleksi 6 adı verilen ve DNA replikasyonunda önemli bir rol oynayan halka şeklindeki bir proteinin tarifini elinde tutuyordu. Fakat bu tamamıyla tesadüfen keşfedilmişti; çünkü sütü sindirme yetisiyle ilişkili olan tekil değişken baz, bu genlerdeki intronlardan birinin içinde, LCT geninden yaklaşık 14.000 baz uzakta bulunmaktadır. Araştırmacılar, Kuzey Avrupalı denek grubu üyelerinin bu bölgesinde bir T bazı varsa yetişkinlik döneminde sütü sindirebildiklerini keşfetti. Aynı bölgede C bazı bulunuyorsa muhtemelen kahvaltıda süt içmek yerine tostla idare ediyorlardı.

Bu bağlantı elbette bir neden ile aynı kefeye konulamaz. Ne zaman bir fincan kahve içsem içine kaşık dolusu şeker atarım, ancak testere tutuyormuş gibi titrememin sebebi şeker değil, kafeindir. Benzer şekilde, yetişkinlik döneminde laktaz üretme yetisiyle bağlantılı olan bir değişken baz bulmamız, bu bazın mutlak surette diğer baza neden olduğu anlamına gelmez. İnsan vücudu oldukça karmaşıktır ve tek bir C bazının T bazına dönüştürülmesinin sütü sindirebilme yetinizi nasıl değiştirebileceği konusu oldukça çetin cevizdir. Bir genin kodlama DNA'sındaki tekil değişken bazın etkisini anlamak gayet kolaydır; bir aminoasidi değiştirir ve böylece biraz daha farklı bir protein üretir. İntronlardaki DNA'nın genleri nasıl kontrol edebildiğine yönelik anlayışımızda ise halen eksiklikler var. Her halükarda, LCT genini harekete geçiren değişken baz, LCT geninin intronunda bile bulunmaz; tamamen başka bir genin intronunda yer alır.

---

13 Genetik bilimi bir sınır kasabasıdır ve belirli bir bazın yerini tarif etmek gerektiği vakit bu kasabada kanunlar pek işlemez. Kullandığım formül en yaygın olanlardan biridir ve temelde bahsettiğimiz bazın timin anlamına gelen bir T olduğunu ve LCT geninden 13.910 baz uzakta olduğunu belirtir.

Yine de, bu tedbir laflarını bir kenara bırakırsak sütü sindirme yetisinin Kuzey Avrupa'da mandıracılığın icat edilmesinin ardından ortaya çıktığı fikrini destekleyen oldukça ilginç sayılabilecek dolaylı kanıtlar var. Öncelikle, laktoz duyarlılığının en yüksek düzeyde görüldüğü bölgelerin, Neolitik çiftçilik sahalarının bulunduğu konumlarla eşleştiği ortaya çıkmıştır. İkincisi, Kuzey Avrupa'dan gelen, yaklaşık 7.000 yıl önceki erken dönem mandıracılık zamanından kalma Neolitik iskeletlerin DNA'sını test ettiğimizde hiçbirinde LCT-13910 T mutasyonu bulunmadığını gördük; yani görünüşe bakılırsa önce mandıracılık, ardından mutasyon ortaya çıkmıştı. Üçüncüsü, yaklaşık 3.000 yıl öncesine ait geç dönem Tunç Devri iskeletlerinin DNA'sı, bu iskeletlerin aşağı yukarı yarısının laktoza duyarlı olduğunu gösteriyor. Bunların hepsi, mandıracılığın Kuzey Avrupa'da LCT-13910 T mutasyonunun yayılmasını teşvik ettiği fikrini destekliyor, ancak kanıtlamıyor.

Ah, Dedektif Columbo'nun söyleyeceği gibi son bir şey daha. Haplotipler hakkında daha önce ne söylediğimizi hatırlıyor musunuz? Pek çok insanın haplotip olarak bilinen aynı değişken baz sekansına sahip olması, DNA'nın temelinde zindeliği güçlendiren bir şeyler bulunduğunun güçlü bir göstergesidir. Ve kromozomlarımız her yeni nesilde karışmaya meyilli olduğu için paylaşılan haplotip ne kadar uzun olursa, içerdiği faydalı mutasyonun süresi o kadar kısa olmalıdır. LCT-13910 T mutasyonuna sahip Kuzey Avrupalıların insan DNA'sında bilinen en uzun haplotiplerden birini paylaştığı keşfedilmiştir; bu da yine son birkaç bin yıl içinde mandıracılığın başlangıcından sonra yayıldığı fikriyle bağdaşıyor.[14]

14 Kromozom 2'de LCT-13910 T mutasyonu bulunan Kuzey Avrupalılar'ın ortak haplotipi 1.000 değişken baz civarındadır ve yaklaşık 2 milyon baz uzunluğundaki DNA parçasına karşılık gelir. Bu sayı kromozomun % 1'inden azdır: Son seleksiyonun güçlü olduğunun kanıtı.

GENOMUN DİLİ

Ulaşmamız gereken noktaya geldik. Hipotezimiz doğruysa laktaz geninin yakınındaki kodlanmamış bölgede bulunan bir tekil değişken baz, inek sütünü sindirebilen yeni bir Kuzey Avrupa soyunun oluşmasına yardımcı olmuştur. Mandıracılık yayıldıkça, bu süt içen vampir maymunlar da yayılmıştır ve günümüzde Kuzey Avrupalı kadın ve erkeklerin yaklaşık % 95'i mutasyonu ve ayrıca bu mutasyonun beraberinde getirdiği büyük bir DNA parçasını taşımaktadır.

Bu hikâyeyi pek çok açıdan o kadar seviyorum ki, nereden başlayacağımı bilemiyorum. Öncelikle, evrimin diğer türlerin başına gelen bir şey olduğunu düşünebilirsiniz, ancak görünüşe bakılırsa bu sefer evimize epeyce yaklaşmış durumda. Bununla birlikte, doğal seleksiyon için bitmek bilmeyen milenyumlar boyunca, hemen hemen hiçbir fark edilebilir değişim gerekmediğini düşünsek de, aslında birkaç bin yıl içinde inanılmaz derecede yüksek frekanslara yayılan bir mutasyon söz konusu. Ve elimizde yem olarak şu var: Pek çoğumuzu süt içen mutantlara dönüştüren itici güç, mandıracılık biçiminde bir kültür değişimiydi. Toplumumuz başka hangi yollarla evrimimizi şekillendirmiştir ve acaba şimdi hangi yollarla şekillendiriyor? HTML'de program yazamayanlarımız yavaş yavaş yerini yazabilenlere mi kaptırıyor? Peki, evrimimiz artmakta olan nüfus boyutu ile hızlanıyor ve böylece avantajlı mutasyonların oluşma ihtimali artıyor mu? Aklımızdan geçen sorular dur durak bilmiyor.

Bunun bir diğer sebebi de, bir genin gözünden büyüleyici bir evrim manzarası sunulması. Bildiğimiz gibi, bir gen için asıl mesele sahibine daha fazla döl kazandırmanın yollarını sağlamaktır. Kalorilerin rağbette olduğu Neolitik kültürde de taşıyıcısına sığırlardan elde edilen yenilenebilir bir enerji kaynağı veren mutasyon gerçekten de büyük bir avantaj sağlıyordu. Genler hayat-

ta kalmak için mücadele ediyordu, bu durumda görünüşe göre LCT-13910 T galip gelmiş. Yetişkin dönemde süt içme özelliği ile ilişkili büyük bir DNA öbeği tüm itirazları silip atıyor; tıpkı agresif gri sincabın yerini sakin kırmızı sincabın alması gibi. İnsan vücudundaki her özellik için bu ister göz rengi, ister diş beyazlığı ya da barlardaki dart oyununda ustalığınız olsun, benzer durum geçerli değil mi? Vücutlarımız savaş meydanı gibidir ve yavruya sahip olma şansımızı epeyce yükselten her gen bu savaştan galip çıkacaktır. Genlerimiz söz konusu olduğunda siz de ben de amaca ulaştıran araçlardan ibaretiz.

Bu tür bilimin size kurduracağı hayalleri de çok seviyorum. Neticede, sütü sindiren bir mutasyon birkaç milenyum içinde Kuzey Avrupa'yı silip süpürecek kadar faydalı olduysa, beraberinde getirdiği diğer avantajlar neydi? Bazılarının aklına geleceği gibi epeyce hareketli sığırlardan alınan bereketli kaloriler bu mutasyonun taşıyıcılarının yayılmasına yardım ederken, taşıyıcı olmayanlar tahıl hasadına bağımlı kalmış olabilir mi? Bu durum özellikle Karadeniz ile Hazar Denizi arasındaki otlaklarda yaşayan ve pek çok dilbilimci tarafından Hint-Avrupa dil grubunun öncüleri olduğuna inanılan Kurganlar için avantaj sağlamış mıydı? Avrupa, Rusya ve Asya dillerinin yayılmasının sebebi, Pontik-Hazar bölgesi stepinde yaşayan çatlak bir sığır çobanının sütü sindirebileceği bir mutasyon geliştirmesi olabilir mi?

Bu hikâyeyi sevmemin son sebebi de genetik biliminde nerede olduğumuza dair mükemmel bir fotoğraf sunması ve nereye doğru yol aldığımıza dair muazzam bir trafik levhası görevi üstlenmesi. Bazı açılardan insan genomunu anlamaya başlamanın en kolay yolu DNA'nın kodlama bölgelerine bakmaktır. Neticede, anlayabileceğimiz bir dilde yazılırlar ve izole ederek araştırabileceğimiz somut bir ürün olan proteini üretirler. Ancak en büyük gizemi kodlama yapmayan bölgeler -yani genler arasındaki büyük boşluklar ve bu boşluklarda yatan intronlar- barındırır.

Sonuçta fare ile insanın genleri aşağı yukarı aynıdır, dolayısıyla farelerden birçoğunun iş bulamaması ya da internetten alışveriş yapamamasının sebebi, bu genlerin kontrol edilme şekliyle alakalı olmalı.

Evrim üzerinde çalışmaya başladığım ilk zamanlarda, yani 1980'lerde, bir organizmanın DNA'sının bazlarından birinde bulunan tek bir rastgele mutasyonun, depremler, sel felaketleri ve hastalıklar gibi yaşamı tehdit eden diğer rastgele olayların meydana geldiği bir ortam tarafından seçilmek için zindeliğinde nasıl yeterince büyük bir değişiklik yapabildiğini hayal etmek güçtü. Gökbilimci Fred Boyle, bunu kolay anlaşılabilmesi için bir "sinyal" ve "gürültü" sorunu ile ifade etti: Seleksiyon avantajı biçimindeki küçük bir "sinyalin", günlük bir "gürültü" düzeyinin üzerinde duyulması nasıl mümkün oluyordu? Ancak, yetişkin *Homo sapien*'lerin olgun örneklerinin *Bos taurus* cinsi sığırların sütünü içmesi konusunda, ilgili genin kodlayıcı DNA'sındaki değil, onu kontrol eden kodlayıcı olmayan DNA'daki tek bir bazın değişiminden söz ediyoruz. LCT-13910 T, laktoz duyarlılığı açısından tablonun sadece bir parçası olabilir, ancak genomumuzun kontrol edici bölgelerindeki küçük mutasyonların zindeliğimizde nasıl büyük değişiklikler yaratabileceğine yönelik etkileyici bir görüntü sunmaktadır. Böylece evrim teorisinin sırtı kuvvetle sıvazlanmıştır.

İnsan genomunun haritalanması genetikte çığır açan bir noktaydı, ancak önümüzde duran görev gerçekten muazzam. Haritaladığımız insan sayısı arttıkça, genomun hiç de sabit olmadığını keşfediyoruz; genom hiç durmaksızın, nesilden nesle değişmekte ve söz konusu değişim büyük ihtimalle hayatımız boyunca da sürmektedir. Değişim çeşitli kaynaklardan gelebilir: Mesela kendini DNA'mıza yazan virüsler, kopyalama hataları ya da tekil bazların mutasyonları. Yine de, genomumuz karmaşık ve değişken olduğundan, ilerleme hiç durmaksızın ve genellikle

nefes kesici bir hızda devam etmektedir. Hepimizin bildiği gibi ödül yalnızca hastalıkları anlamak değil (bu hastalıkların birçoğu, mesela kanser, kardiyovasküler ve otoimmün hastalık, diyabet ve psikiyatrik rahatsızlık kalıtsal bir bileşene sahiptir), bizzat genomu değiştirerek yeni bir avantajlı insan mutasyonu dalgası başlatma şansıdır. İnsan evrimi medeniyetin gelişmesiyle hız kazandıysa -ki kesinlikle öyle görünüyor- bu değişim meydana geldiğinde evrimin ne kadar kısa sürede hızlanacağını hayal edin.

Tabii, DNA dünyasının ötesinde başka bir dünya daha var. Kitapta pek değinmediğim bu konu, yaşamın moleküler temelinin daha da derin bir şekilde anlaşılmasını vaadediyor: RNA dünyası. Yemek tarifi kitapları aşçı olmadan bir hiçtir, RNA da DNA ile protein arasındaki aracıdır; fakat hücre çekirdeğinin içine hapsolan DNA'nın aksine RNA vücut hücrelerine istediği gibi girip çıkabilir.[15] Aslında, RNA'ya şef demekle haksızlık ediyor olabilirim; o bir bütün olarak şef, mutfak, mutfak gereçleri, restoran ve garsonların ta kendisidir. RNA aslında DNA molekülündeki kodu okur, bir kopyasını çıkarır ve hücreden çıkıp vücutta gezinerek burada gerekli aminoasitleri ilgili proteine bağlar. Ardından bu proteinler vücudun serpilmesi için gereken her şeyi yapar; mesela dokuları ve organları oluşturur, besini yağlara, karbonhidratlara ve şekerlere ayrıştırır.

Biyolojinin verdiği en şaşırtıcı mücadelelerden biri hayatın kökenlerini aramaktır ve RNA'da bu kaynağa yakın olduğumuzu gösteren büyük bir olasılık yatmaktadır. Günümüzdeki bazı

15 Acemi kimyagerler için: RNA, DNA'nın moleküler anlamda yakın bir akrabasıdır. Her ikisine de "nükleik asit" denir, çünkü ilk olarak hücrelerin çekirdeğinde keşfedilmişlerdir. Ayrıca RNA'nın temel yapıtaşı da ribozdur, dolayısıyla asıl adı "ribonükleik asit"tir. DNA da aşağı yukarı aynı şey olmakla birlikte bir hidroksil grubu eksiktir, dolayısıyla resmi adı "deoksiribonükleik asit"tir. Hidroksil grubunun ne olduğunu bilmiyorsanız endişelenmeyin; burada anlamanız gereken nokta, söz konusu grup çıkarıldığında DNA'nın RNA'dan çok daha esnek bir hale gelmesi, dolayısıyla ünlü -ve nihayetinde daha kararlı- çift sarmala ikinci bir iplik ile bağlanabilecek kapasitede olmasıdır.

araştırmalar RNA'nın DNA'dan daha eski bir molekül olduğuna dair ipucu verir: Daha sonraları çift iplikli DNA ile sağlanan kimyasal kararlılıktan yoksun bir prototip, kendi kendini kopyalayan, tek iplikli molekül. Bu da bizi ilk atamızın oldukça kararsız, aşırı aktif bir şeker molekülü olduğu ihtimaliyle baş başa bırakır. Hadi bunu da aile albümünüze yapıştırın.

BÖLÜM 6

EKMEK YOKSA PASTA YESİNLER

MUTFAK KÂBUSLARI

2008'in Mayıs ayında bir düelloya davet edildim. DJ Chris Moyles ve TV sunucusu James May gibi itibarlı ünlülerin izinden giderek, Michelin yıldızlı şef Gordon Ramsay'nin Channel 4'daki programı *F Word*'de onunla karşı karşıya yemek pişirmek ister miydim? Bu yeterince ürkütücü değilmiş gibi, yarışma Gordon'ın kendi sahasında, yani *F Word*'ün "muhteşem ve büyüleyici restoranı"nın ultra yüksek donanımlı mutfağında pişirilecek, yemeklerimiz bağımsız jüri üyeleri tarafından kimin pişirdiğini bilmeden tadılarak puanlanacaktı.

Bu teklif karşısında pek çok erkek arkasına bile bakmadan kaçardı. Ben de aynen öyle yaptım. Neticede, Gordon mutfaktaki mükemmeliyetçiliğinin yanı sıra agresif hitap tarzıyla da meşhurdu ve programlarında sık sık, imkânsız derecede yüksek mutfak standartlarını karşılamaya çalışan ünlüleri ya da

sıradan kişileri psikolojik olarak korkuttuğu görüntüler yer alıyordu. Ben aptal değilim; ekibimden Gordon'ın ekibine gidip böyle bir şeyin asla mümkün olmayacağını söylemelerini kesin bir dille istedim.

Fakat birkaç gün sonra kendimi bu konuyu tekrar düşünürken buldum. Yemeğe duyduğum sevgi, içimdeki bilim sevgisiyle üst sıraları paylaşıyor ve Gordon Ramsay uzun zamandır kahramanlarımdan biri. Onunla 1990'larda bir kez karşılaşmıştım, o sıralar Alexander Armstrong'la birlikte Radio 4 kanalında yayınlanan *Loose Ends* programında düzenli olarak çıkıyorduk ve Gordon da programın konuğuydu. Ned Sherrin'in aksi sorularına verdiği esprili cevaplar hiç beklenmedik bir şekilde büyük ilgi toplamıştı ve Alexander ile birlikte Gordon'ın Londra'daki ilk restoranı Aubergine'i ziyaret edip, şaheserlerini denemenin vakti gelip çatmıştı. Gordon kısa sürede en sevdiğim şeflerden biri oldu, üstelik hayatta en beğendiğim programlardan *Kitchen Nightmares (Mutfak Kâbusları)*'in de sunucusuydu. Onunla tanışma ve Ramsay atmosferini ilk elden deneyimleme şansı kaçırılmayacak kadar cazipti.

İÇERİDEN SIZAN BİLGİLER

Neyse ki restoran sektöründe çalışan birkaç arkadaşım var. Peki tamam, buna şans demeyelim de, açgözlülük ve restoranlarda yemek yemeye harcadığım inanılmaz derecede uzun saatler diyelim. Bu arkadaşlarımdan biri, Leon zincirinin kurucu ortaklarından Henry Dimbleby. Tıpkı benim gibi Henry de bir zamanlar eğitimli bir fizikçiydi ve profesyonel hayatını yemek sanatı ve bilimini mümkün olduğunca anlamaya adamıştı. Ramsay'i bozguna uğratarak saygısını kazanma arzumu anlayacağından emindim. Üstelik Henry,

Gordon'ın tüyler ürpertici cephaneliğindeki zayıf noktalar hakkında hayati önem taşıyan gizli bilgilerden de haberdar olabilirdi.

Doğrudan Ramsay imparatorluğunun kalbine uzanan şaibeli bir dizi soruşturmanın ardından Henry'nin kararı "Gordon pasta türü şeyleri pişiremiyor" oldu. "O büyük şeflerin hiçbiri pişiremiyor. Tribünlere oynayan, alkış toplayan lezzetli aperatiflerde iyi olabilirler, ancak pasta pişirmenin kız işi olduğunu düşünüyorlar." Cevap bu kadar basit olamazdı, değil mi? "Şöyle düşün. Hepsi Fransız sistemine göre eğitim alıyor, o yüzden İngiliz pastası yabancı topraklardan sayılıyor. Üstelik çoğunun psikolojisi karman çorman ve evlerinde pastayı sadece anneleri yapıyordu. Erkeklerin şef olma nedeni annelerini etkilemekten başka ne olabilir ki? Becerebilirsen, tıpkı bir füze gibi doğrudan Ramsay Ölüm Yıldızı'nın kalbine saplanacaktır."

Cesaret isteyen bir plan olsa da işe yarayabilirdi. Neticede pasta pişirmek, mutfakta kimya ile uğraşmak demekti. Deneyimli bir aşçı olmayabilirim ama eğitim almış bir uygulamalı bilimadamıyım. Pasta yapmak, benim güçlü yanlarımı ve Gordon'ın zayıf yönlerini ortaya çıkarabilirdi. *F Word* programının konuk sorumlusunu aradım. Gordon'la Victoria pandispanyası pişirme yarışında kapışacaktım. Telefonu kapatırken midemin bulandığını hissettim. Fırında ısıtılan hazır yemeklerle idare eden biri olarak, az önce ulusal televizyonda birinci sınıf bir aşçının karşısında yarışmayı mı kabul etmiştim? Yine de içimden bir ses kendinden epeyce emindi. Belki de, hani belki, doğru planlama ve araştırmayla, Gordon kendini bizzat kendi mutfak cehenneminde bulabilirdi...

TUTKULU ATOMLAR

Victoria pandispanyalarının varlığı ya da bizim bu pandispanyaları pişirmek ve yemek için var olmamız, aslında atomların ilgiye muh-

taçlığından kaynaklanır. Yalnız kalmaya katlanamadıkları için, yakınlarında bulunan herhangi bir atomla uygun ya da uygunsuz her türlü ilişkiye girmekten hiç çekinmezler. Bu atom gruplarının adı elbette moleküldür ve adlarını Latince'de küçük kütle anlamına gelen *moles* sözcüğünden alırlar. Moleküller, kendilerini oluşturan atomların özelliklerinden çok daha farklı özelliklere sahip olabilir.

Öncelikle, moleküller protein gibi büyük ya da karbondioksit gibi küçük olabilir. Kabataslak konuşmak gerekirse bir molekülün boyutunu ve sıcaklığını öğrendiğinizde bunun katı mı, sıvı mı yoksa gaz mı olacağını tahmin edebilirsiniz. Sıcaklığın ortalama 15°C civarında olduğu yeryüzünde, küçük moleküller genellikle gazdır. Klasik örnekler arasında havadaki gazlar vardır: En yaygın gaz olan azot yalnızca iki azot atomundan oluşur; azotun ardından en bol bulunan oksijen yalnızca oksijen çiftlerinden oluşur. Üç atomdan oluşan su molekülleri biraz daha büyüktür ve bildiğiniz gibi su çoğu yeryüzü sıcaklığında sıvıdır.[1] Aslında, gökbilimcilerin Yerküre benzeri yaşam barındıran bir gezegenle ilgili başlıca kriterlerinden biri, suyun toprak yüzeyinde sıvı olarak kalmasıdır. Yani tahminlerime göre gezegenimizin yüzeyinde ortalama sıcaklık 15°C yerine 1.400°C olsaydı çok uzun zaman önce gaza dönüşmüş ve havaya karışmış olurduk.

Bir molekülün ne kadar büyük olabileceği konusunda cidden sınır yok. Bir DNA molekülünde 15 milyar atom bulunabilir, bu gerçekten iyi bir sayı. Tabii molekül büyüdükçe, oda sıcaklığında katılaşma ihtimali de bir o kadar artar; ne kadar küçükse, gaz olma ihtimali o kadar yüksektir. Yediğimiz besinlerin büyük kısmı, mesela karbonhidrat ve proteinler, yeryüzü sıcaklığında oldukça

1 Moleküllere ilişkin kimyasal formüller aslında her türden kaç atomun bulunduğunu belirtir. Dolayısıyla azot N_2 sembolünü, su ise H_2O sembolünü alır. Ancak hangi atomların birbirine bağlı olduğunu belirtmezler; bu da "1,2-dimetilsiklopropan" gibi tüm karmaşık kimyasal adların kaynağını oluşturur. Bu, kimyasal formülü C_5H_{10} olan bir molekülün şekli için bir nevi yol haritası sağlamayı amaçlayan cesur bir girişimdir.

katıdır ve göreceğimiz üzere bu durum yalnızca sindirimimiz için değil, aynı zamanda damak zevkimiz açısından da benzersiz sorunlar teşkil eder. Sonuçta, bir parça çiğ yumurtadan aminoasitleri özütleyerek kan dolaşımıma dâhil etmem nasıl mümkün olabilir ki? Hem, söz konusu çiğ yumurtanın neredeyse hiç tadı yokken neden bununla uğraşayım? İşte bunlar, şef dostlarım, aşçılığın çözmeye çalışması gereken sorunlardan yalnızca ikisidir...

ETKİ VE TEPKİ

Atomlar diğer atomlarla devamlı ilişkiye girmekle kalmayıp her zaman ama her zaman, daha iyisi gelir mi diye bekleyiş içindedir. Mesela A ve B atomları işi pişirerek AB molekülünü oluşturmuş olabilir, ancak A atomu C'yi gördüğü anda B'yi ekecek ve yeni AC molekülünü oluşturarak B'yi tam anlamıyla yarı yolda bırakacaktır. Bu tür hafifmeşrep ve gelişigüzel ilişkiler, kimya dünyasında tepkime olarak bilinir. Aslında oldukça geniş bir genelleme yapmak gerekirse, kimya dediğimiz şey, bir dizi molekül birlikte parti yapmaya karar verdiğinde hangi yeni uzun soluklu ilişkilerin ortaya çıkacağını tahmin etmeye çalışmaktan ibarettir.

Tıpkı insanların aşk ilişkilerinde olduğu gibi, aynı durum atomlar için de geçerlidir: Eş değiştirme hevesi, katılımcıların halihazırdaki ilişkilerinde ne kadar mutlu olduğuna bağlıdır. Bazen atomlar mevcut sevgilisiyle yollarını ayırmak için küçük bahanelere ihtiyaç duyar, çünkü yeni ilişki eskisinden çok daha dengeli olacağını vaadetmektedir. Mesela bakır okside sülfürik asit eklerseniz, sülfat anında kendini bakırın kollarına bırakacak ve o muhteşem parlak mavi tuzu, yani bakır sülfatı üretecektir. Bu sırada oksitten geriye kalan oksijen ve asitten geriye kalan hidrojen, yaralarını sarmak üzere baş başa bırakılacak ve bu mü-

cadelenin ardından yollarına su olarak devam edecektir.

Ancak bazen bu tür değişimler hemen gerçekleşmez ve tatlılıkla ikna yoluna gitmek gerekir. Örneğin ısı halinde temin edilen enerji formunda destek alabilirler veya katalizör olarak da bilinen bir çöpçatan molekül, kendisi olaya müdahil olmadan eş değiştirmeyi teşvik edebilir. Ve sıra sindirim olarak bilinen kimyasal tepkimeler serisine geldiğinde, tüm işi vücudun kendi katalizörleri, yani enzimler gerçekleştirir.

ÇALIŞKAN ENZİMLER

Yemek yediğimizde, vücudumuz iki büyük görevle karşı karşıya kalır: Karbonhidratları ve yağları bize enerji sağlamak üzere yakılabilecek şekerlere ve yağ asitlerine dönüştürme ve proteinleri yeni proteinler oluşturmak için kullanılabilecek aminoasitlere ayırma. Kesin konuşmak gerekirse vücutlarımız da gerektiğinde aminoasit yakarak enerji üretebilir; aslında motorunuzu çalışır halde tutmaya yetecek kadar karbonhidrat ve yağ yemezseniz, vücudunuz kendi kas liflerinizi bile yakabilmek üzere parçalayarak aminoaside dönüştürmeye başlayacaktır. "Yakmak" sözcüğünü kullanırken, gerçekten de sindirilen besinden alınan şekerlerin ve yağ asitlerinin kimyasal tepkimeye gireceğini ve burada oksijenle birleşerek enerji yayacağını kastediyorum; tıpkı şöminede odun yakmak gibi düşünün. Yani turtalarımızı yemeden önce ateşe tutmamız gerekmediğini fark etmiş olmalısınız. Sindirim sistemimizdeki enzimler sayesinde, vücudumuza güç veren yanma tepkimeleri normalden çok daha düşük sıcaklıklarda da gerçekleşebilir.[2]

2 Söz konusu "yanmanın" nerede gerçekleştiğini merak ediyor olabilirsiniz: Hücrelerin mitokondrisinde. Hatırlayacağınız gibi mitokondriyal DNA yalnızca annenizden

Söz konusu enzimlerden biriyle geçtiğimiz bölümde tanışmıştık. Vücudun parçalanmadığı takdirde sindirilemeyecek laktoz isimli büyük süt şekerini bölmesine yardımcı olan laktazı hatırlıyor musunuz?[3] Laktaz DNA'mızda kodlanan bir ordu dolusu benzer proteinden yalnızca biridir; bu proteinlerin tamamı yağları, proteinleri ve karbonhidratları kan dolaşımına girerek vücudun dört bir yanına nakledilebilecek küçük moleküllere ayrıştırma görevini yerine getirmek için tasarlanmıştır. Elbette, diğer hayvanların aksine, biz insanlar olağanüstü bir icat olan aşçılık sayesinde enzimlerimizin verimliliğini en üst düzeye taşımanın bir yolunu bulduk.

ENZİMİMİ BAŞTAN YARAT

Peki, neden pişiriyoruz? Bariz nedeni zararlı bakterileri yok etmesi, ancak bu hikâyenin yalnızca küçük bir parçası. Pek çok çiğ besinin başlıca sorunlarından biri sert olmasıdır. Bu durum tüm gün bambu çubuklarını kemiren goril için sıkıntı olmayabilir ama biz insanların bunun için ne vakti ne de isteği var. Beyinlerimiz enerji açısından pahalı varlıklardır ve daha az çabayla daha fazla kalori ve besin maddesi almanın yollarını bulmamız gerekiyor. Neticede, en sevdiğiniz koltukta oturup bilgilendirici

---

miras kalır ve dolayısıyla anneden gelen soyunuzun kökenini bulmanız için elverişli bir yol sunar. Gördünüz mü? Sıkı çalışmanız meyvelerini veriyor. Bulmacanın parçaları tamamlanıyor.

3 Her zamanki gibi geniş kapsamlı bir anlatım amaçlıyorum, o yüzden bu bölümde "şeker", "nişasta" ve "karbonhidrat" sözcüklerini değişimli olarak kullandım, ancak elbette içimdeki otoriter yöneticinin açıklama yapmadan geçemeyeceği önemli farklar da var. "Şeker" sözcüğü genellikle glikoz gibi küçük, tatlı karbonhidrat molekülleri için kullanılır; dolayısıyla laktoz gibi büyük moleküller öylesine sınırdadır ki, şeker olarak da, özellikle tatlı olmaması nedeniyle karbonhidrat olarak da adlandırmanız mümkün olabilir. Kesin konuşursak, nişasta karbonhidratın bir alt birimi ve bitkiler tarafından üretilen türüdür. Artık öğrendiğinize göre unutmakta özgürsünüz.

ve eğlendirici bir popüler bilim kitabı okumaktan fazlasını yapmazsanız, bu süreçte beyniniz besinlerden aldığınız enerjinin koskoca % 25'lik kısmını harcayacaktır. Pişirmek, yediklerimizi yumuşatarak çiğnenmelerini ve yutulmalarını kolaylaştırır ve pişirmenin icadının ilk insanlarda beyin boyutunu büyütmeye yarayan temel bir faktör olduğuna dair kanıtlar vardır.

Doğrusu, bu artış görünüşe göre yaklaşık 1,9 milyon yıl önce *Homo erectus*'un ortaya çıkmasıyla meydana geldi. Daha önce yaşamış hominidlerin beyni daha küçüktü: Mesela *Homo habilis*'inki 600 santimetreküp iken, *Homo erectus*'unki 900 santimetreküptü. *Paranthropus robustus* -yani aşağı yukarı bu dönemden kalma insan aile ağacının evrim açısından barajı aşamamış bir ölü dalı- çiğ bitki besinlerini öğütmek için oldukça gelişmiş iskeletsel adaptasyonlara sahipti; örneğin ağır çeneleri, büyük dişleri ve kafataslarının orta çizgisi boyunca uzanan, güçlü çiğneme kaslarının bağlanabileceği ibikleri vardı. Kendi cinsimiz *Homo*'nun kayıtlı mensupları ise tam tersine genel vücut ölçüleri açısından daha büyük olmalarına rağmen daha küçük yüzlere ve daha nazik çenelere sahiptir. Tüm bunlar, *Homo* yüksek kaliteli pişmiş gıdalarla beslenirken, *Paranthropus*'un pişirilmemiş kökleri çiğnemekle meşgul olduğu teorisini güçlendiriyor.

Tabii bir diğer sorun da çok sayıda çiğ protein ve karbonhidrat için gerekli enzimlere sahip olmamamız; dolayısıyla bunları çiğneyerek küçük parçalara bölmeyi başarsanız da, vücudunuza pek yararları dokunmaz. Örneğin çiğ yumurta yerseniz, proteinin yalnızca bir kısmını sindirirsiniz; çiğ patates yerseniz, nişastanın sadece yarısını metabolize edersiniz.[4] Diğer bir deyişle, pişirme işlemi protein ve nişastalardaki başlıca yapıları ve bağları ayrıştı-

4 Yumurta pişirdiğinizde, proteinin yaklaşık % 94'ünü sindirirsiniz; ancak yumurtayı çiğ yediğinizde, yalnızca % 60 civarı sindirilir, kalanı ise kaybolur. Benzer şekilde pişirilmiş patatesteki nişastanın yaklaşık % 95'ini, çiğdekinin ise yalnızca % 51 kadarını sindirirsiniz.

rarak, bunları sindirim enzimlerinizin işleyebileceği bir biçime sokmakla başlar. Yani, seçim yapabileceğimiz besin sayısı artar, bu da hayatta kalma konusunda evrim açısından büyük bir avantaj anlamına gelir.

Son olarak, tat ve doku konusuna değinelim. Pişirme, yediğimiz besinin fiziksel yapısını değiştirebilir ve yalnızca ağzımızdaki hareketleri sayesinde bize her çeşit zevki tattırır: Mesela çıtırdatma ve kıtırdatma ya da kremayla kaplama gibi. En önemlisi de, birazdan göreceğimiz üzere, besinleri yeterince yüksek sıcaklıklara maruz bırakırsanız koca bir dizi kimyasal tepkime başlatabilmenizdir; bu kimyasal tepkimelerde nesiller boyunca lezzetli tatlar oluşturmak için proteinler şekerlerle dans edecektir.

TAT MESELESİ

Neden bazı yiyeceklerin tadı güzel gelirken bazılarının güzel gelmediğini hiç düşündünüz mü? Mesela neden dondurma yalayınca tatlı tadını hissederken, ağız dolusu ravent yaprağı acı gelmektedir? Bunun cevabı oldukça basit; tat tomurcuklarımız evrim geçirerek bizi iyi bir enerji kaynağı olan şeylere (örneğin şekerler) yönlendirmiş ve toksin içerenlerden (ravent yaprağında kullanışlı bir endüstriyel temizleme maddesi olan oksalik asit bulunur) uzaklaştırmıştır. Atalarımız için enerji veren besinler özellikle önemliydi ve damak zevkimiz de bu yönde evrim geçirdi. Başka bir deyişle, zayıf iradeliyseniz çikolatayı suçlamayın; suçu atalarımızın dünyasında enerji veren şekerlerin kıtlığına atın.

Tatlı ve acının yanı sıra artık üç farklı tat daha tanıyoruz: Ekşi (asit açısından zengin taze meyveyi düşünün), umami (glutamat adlı aminoaside karşılık gelir, dolayısıyla et suyuna çorbayı düşünün) ve tuzlu (burada ne düşünmemiz gerektiğini tahmin

edene ödül yok). "Artık" sözcüğünü kullanmamın sebebi, umaminin listeye 2000'lerin ortasında resmi olarak eklenmiş olması; üstelik yeni araştırmalara göre yağ tadını da alabiliyoruz. Bir şey ağzımıza girdiğinde, onu yutmamız mı tükürmemiz mi gerektiğini bilmemiz yeterlidir ve tat tomurcuklarımız şekeri, meyveyi, aminoasitleri ve tuzu yutmamızın sorun olmayacağını, ancak zehirli olabilecek şeylerden uzak durmamız gerektiğini söyler.[5] Yine de, hepimizin bildiği gibi yiyecekler inanılmaz çeşitte aromalara sahiptir -sayıları beşten çok daha fazladır. Kulağa garip gelebilir ama tadı gerçekten anlamak için tat tomurcuklarından fazlasını incelemek gereklidir; çünkü birazdan göreceğimiz gibi tat olarak düşündüğümüz şeyin büyük kısmı aslında kokudur.

BOYUT ÖNEMLİDİR

Dilimizde 2.000 ila 8.000 tat tomurcuğu ve yaklaşık 100 tat alma hücresi bulunmaktadır; bu hücrelerden her biri, beş farklı tattan birine rastladığında heyecanlanır. Burunlarımızda ise 5 ila 10 milyon koku alma hücresi bulunur ve bu hücreler yüzlerce farklı kokuya tepki verebilecek kapasitededir. Dolayısıyla tat tomurcuklarımız bize ne yemekte olduğumuz hakkında temel bir mesajın yanı sıra yediğimiz şeyin faydalı bir besin grubuna ait olması halinde belirli miktarda zevk verir. Ancak ince detayları

5 Elbette taze meyve suda çözünebilir vitaminler, lifler ve su açısından iyi bir kaynaktır; aminoasitler DNA'mızın yeni proteinler şifrelemesi için gereklidir ve tuz sinirlerimiz, kaslarımız ve kan hücrelerimiz için hayati bir öneme sahiptir. Şöyle bir tahminde de bulunabilirsiniz: Başlıca "Bu zehirli mi değil mi?" sorusunun yanı sıra tat tomurcuklarımız bize faydalı olan, en azından atalarımıza faydası dokunmuş yiyecekleri beğenmemizi sağlar. Tüm bu yiyeceklerin bulunabilirliği doğal olarak ilk insanın varlığından bu yana büyük ölçüde değişmiştir; beş yaşındaki bir çocuğun beslenme düzeninden sorumlu olup olmamanıza dayanarak bunu iyi ya da kötü bir şey olarak görebilirsiniz.

yakalayan organ burnumuzdur. Bir yiyeceğin gerçekten lezzetli olması için kokusu olmalıdır.

Bazı yiyecekler, örneğin taze meyveler, ağaçtan düştüklerinde bile harika kokular yayar. Mesela kim izobütil format kokusu, yani bilinen adıyla ahududu kokusu olmadan yaşayabilir ki? Ya da linalil bütiratın, yani şeftalinin sıcak tonları karşısında kimin içi gitmez? Tahmin edebileceğiniz gibi yapay aromaların da olmazsa olmazı budur: Taklit etmeye çalıştığınız yiyeceğin temel kokularını çözün ve ardından bunları toplu halde üreterek tatlandırmak istediğiniz şeye katın. Tabii ki burnunuz gerçek bir ahudududaki izobütil formatı, işlenmiş bir jelatin parçasında olduğundan daha az izobütil formatımsı hissetmez. Cesur yeni gıda bilimi dünyamızda kokular yalnızca sıradan kimyasal bileşenlerden ibarettir.

Ancak şimdi aşçılığa geri dönelim. Bitkiler, meyveler, tereyağı, süt: Hepsinin kendine özgü muhteşem kokuları vardır. Ancak iş et, yumurta ve un gibi proteinlere geldiğinde koku departmanında işler biraz kesattır. Bu da aşçılığın harika yönlerinden biridir: Proteinleri daha basit, daha sindirilebilir biçimlere dönüştürdükçe, burunlarımızı ve dolayısıyla damak zevkimizi uyarabilecek bir dizi daha küçük, uçucu, aromatik molekül de üretiyoruz. Çünkü konu yediğimizden zevk almaya gelince, her şey tatların ve aromaların mükemmel bir şekilde kaynaşarak beyni benzersiz, karmaşık ve tek kelimeyle mest edici bir şekilde uyarmasında bitiyor.

ALTIN SARISI

Yiyeceği pişirdiğimizde ne tür kimyasal tepkimeler meydana gelir? Cevap, kısaca şeker içeren türden tepkimelerdir.

Bu şeker tepkimelerini iki temel gruba ayırabiliriz. Bunlardan birini zaten duymuşsunuzdur: Karamelizasyon tepkimeleri.

Bunlar yiyeceği kuru bir ortamda -örneğin fırın, ızgara ya da yağlanmış kızartma tavasında- 160°C civarı yüksek sıcaklıklara kadar ısıttığımızda meydana gelir ve şekerin kahverengileşmesinin yanı sıra karamel tadında koca bir dizi muhteşem aroma molekülünün de ortaya çıkmasına neden olur.

Şeker tepkimesinin diğer türü isim olarak size daha az tanıdık gelebilir, ancak yediğiniz besinlerden epeyce aşinasınız. Buna Maillard tepkimesi denir ve karamelizasyondan daha düşük sıcaklıklarda, genelde 140°C civarında meydana gelir. Ancak yine de suyun kaynama noktasından yüksek olduğunu ve tıpkı karamelizasyon tepkimeleri gibi kuru ısı gerektirdiğini unutmayın. Bu tepkime aslında proteinlerle şekerler arasında gerçekleşir; bunları pembeleşinceye dek kavurduğunuzda, çeşni açısından zengin çeşitli aroma molekülleri ortaya çıkar. Fırından yeni çıkmış ekmeğin ya da tavada cızırdayan sucuğun muhteşem kokusu burnunuza geldi mi? Bu şahane aroma molekülleri Maillard tepkimelerinden gelir.[6]

Elbette kek pişirdiğimizde, hangi sıcaklıkta pişirdiğimize bağlı olarak söz konusu her iki tepkime de gerçekleşebilir. Sıcaklık 130°C'nin üzerindeyse kek karışımının yüzeyinde Maillard tepkimeleri gerçekleşecek ve o tanıdık altın sarısı kabuk oluşacaktır. İşte bu nedenle bisküvinin yüzeyine az miktarda yumurta akı sürmeniz kahverengileşmesine yardımcı olur; böylece karbonhidratların -un ve şeker biçimindeki- tepkimeye girmesi için de protein sağlamış olursunuz. Ve sıcaklık 160°C'nin üzerine çıkarsa karışımın yüzeyindeki tüm şekerler karamelize olmaya başlayarak tada yeni boyutlar kazandırır.

Hazır sıcaklık konusu açılmışken Maillard tepkimelerinin geç-

6 Elbette tüm bunlar sevdiğiniz pek çok yiyeceğin neden mikrodalga fırında ısıtıldığında çok tatsız geldiğini açıklamaya kadar uzanıyor. Mikrodalgalar su moleküllerinin titreşim frekansına ayarlanmıştır; dolayısıyla ısı, pişirme veya kızartmada olduğu gibi yiyeceğin etrafındaki sıcak havadan ya da sıcak metalden değil, doğrudan yiyecekteki sudan elde edilir. Sonuç olarak kahverengileştirici muhteşem Maillard ya da karamelizasyon tepkimesinden veya beraberinde gelen lezzetli aroma moleküllerinden eser yoktur.

tiği yerde eklenmesi gereken önemli bir nokta daha var: Sıcaklık yükseldikçe ortaya çıkan moleküllerin cazibesi azalır. Acı karsinojenik maddelerin çoğu 200°C'nin üzerinde hazırlanır; belki pastalarda sık kullanılmamasının sebebi, fırında pişirme sıcaklığının kızartma sıcaklığından daha düşük olmasıdır, ancak etlerde sık kullanılır. Kas proteini yaklaşık 40°C'de denatüre olmaya (ayrışmaya) başlar, dolayısıyla lezzetli et parçaları pişirmenin zorluğu, etin içinin kurumadan pişecek kadar uzun bir süreliğine 40°C'nin üzerinde pişirilmesi, dışının ise Maillard tepkimelerini başlatacak kadar yüksek bir sıcaklıkta tutulmasıdır.[7]

Denenmiş ve test edilmiş tekniklerden biri, et parçasını sıcak bir fırında veya kızartma tavasında yüksek ateşte mühürledikten sonra içinin pişmesi için sıcaklığı azaltmaktır. Pek çok şef bu "mühürleme" işleminin pişirme sırasında nemi korumaya yardımcı olduğunu söyler. Ancak gerçek şu ki, söz konusu mühürleme işlemi etin barındırdığı su miktarında hiçbir değişiklik yapmaz. Su molekülleri etteki proteinler tarafından yerinde tutulur ve proteinler denatüre olmaya başladığında et parçası da kurumaya başlar. Mühürlemenin işe yaramasının sebebi, et parçasının yüzeyinde Maillard tepkimelerini başlatarak o leziz kahverengi kabuğu oluşturması ve çeşit çeşit muhteşem et aromalarını ortaya çıkarmasıdır.

GEÇMİŞTEN BİR ESİNTİ

Doktora eğitiminin ilk günü, lisans eğitiminin ilk gününden oldukça farklıdır. Eğitiminiz sıkı bir sosyalleşme çabası, çizelge hazırlama ve hazır kahve yapma silsilesi ile başlar; sizden önce

7 Kıkırdaklı etlerde ise genellikle daha fazla kolajen bulunur ve kolajen yaklaşık 50°C'de jelatine dönüşür; sakatatları düşük sıcaklıklarda uzun süreliğine ve yavaş yavaş pişirmek bu yüzden işe yarar.

binlercesinin yapmış olduğu ve sizden sonra binlercesinin yapacağı bir yolculuğun başındasınızdır. Göreviniz, kendinizi bir başkasının çalışmanın nasıl yapılması gerektiği hakkındaki fikrine yamamak, ilginizi başkalarının kayda değer gördüğü konular ve kavramlara yöneltmeye uğraşmaktır. Kısacası çarkın dişlilerinden biri haline gelirsiniz ve bu çark, siz hazır olsanız da olmasanız da, tamı tamına dokuzuncu dönemin bitişinde sizi dışarı tükürecek olan bir makine sisteminin parçasıdır.

Ancak, Cambridge'deki Cavendish Laboratuarı'nda doktoraya başladığınızda yalnız başınasınız demektir. Hiçbir zaman çizelgesi olmayan bir çalışma dönemine adım atarsınız; bu dönem istediğiniz kadar uzun sürebilir, ister üç ister 10 yıl olsun. Size bir çalışma masası verilir, kantinin nerede olduğu söylenir ve Cavendish Mağazaları'nın personeliyle tanıştırılırsınız. Bu arada, eğer bir pazar günü "kendin yap" mağazalarında turlamaktan hoşlanan biriyseniz Cavendish Mağazaları tuhaf bir tür cennet gibi gelecektir. İçeri girmenize bile gerek yok; sıranızı beklemek için küçük bir servis penceresinin önünde dizilmiş kuyruğa girersiniz ve içerideki tüm ürünleri ancak size hizmet eden adamın omuzu üstünden görebilirsiniz. Adama istediğinizi sorun, gözünü bile kırpmayacaktır: Üç fazlı güç kaynağı, diyot, optik kablo -sayılamayacak kadar çok makale uğruna hepsi sizindir. Çünkü laboratuar tezgâhınız boştur ve hiçbir ekipman yoktur; burada ana fikir istediğiniz tüm araç gereci en baştan üretmenizdir.

Gordon Ramsay ile televizyonda yayınlanacak yemek yarışmasında karşı karşıya gelmeden bir hafta önce mutfağımda öylece dikilirken, kendimi Cavendish'te geçirdiğim ilk günkü kadar şaşkın ve umutsuz hissettim. Elbette pasta pişirme bilimini iyice anlamıştım, ancak ne ekipmanım ne de kabiliyetim vardı. Victoria pandispanyasını eski eşimin büyükannesinden kalan eski bir tarife bakarak pişirdiğim ilk seferde, olabilecek en kötü şey başıma geldi: Sonuç tam anlamıyla mükemmeldi. Tüm malzemeleri

sırasına bakmadan ekleyiverdim, eski bir kek kalıbını yağladım, sıcak fırına sürdüm ve ortaya gelmiş geçmiş en muhteşem Victoria pandispanyası çıktı. Kekim bir kızılgerdan kuşunun rüyası kadar hafif, sütçü kızın öpücüğü kadar tatlıydı. Neredeyse hepsini tek başına yedikten sonra resmen şekerim yükseldi. Bu iş kolay olacaktı.

Ama olmadı. Aynı tarifi birebir uygulamama ve aynı şeyleri tam olarak aynı sırayla yapmama rağmen, sonraki üç kek tam anlamıyla felaketle sonuçlandı. İlki fırından çıkar çıkmaz söndü; ikincisi öyle bir dokuya sahipti ki bisiklet temizlemek için kullanabilirdiniz; üçüncüsü ise sahiden alev aldı. Kibirli tavrım yerini yavaş yavaş utanca bırakmıştı. Son sürat düşüyordum.

KARATECİ ÇOCUK

Cavendish'teki ilk yılımı resmen minyatür çömlekçisi olarak geçirdim. Bırakın araştırmalarımı nasıl yönlendireceğimi, mağazalar için talep formunu nasıl dolduracağım hakkında bile neredeyse hiçbir fikrim olmadan birkaç hafta boyunca gezindikten sonra, devamlı sabırsız ve zımpara kâğıdı kadar kuru bir espri anlayışına sahip David Hasko'nun yanına atandım. David lütfederek bana yarı iletken kristaller üzerinde minik altın kalıplar yapma tekniğini öğretti. Gördüğünüz gibi doktoramın amacı minyatür elektronik cihazlar yapmak için bu minik altın kalıpları kullanmaktı -söz konusu cihazlar öylesine küçüktü ki, kuantum mekaniğinin etkilerini görebiliyordunuz.

David'in bana gösterdiği teknik, bir yarı iletken çipi polimer filmden yapılan bir dirençle kaplamak, elektron ışınıyla filmin kalıbını çıkarmak, ardından direncin kalıplanan kısmını ayırarak şablonu ortaya çıkarmaktı. Daha sonra şablonu ince bir al-

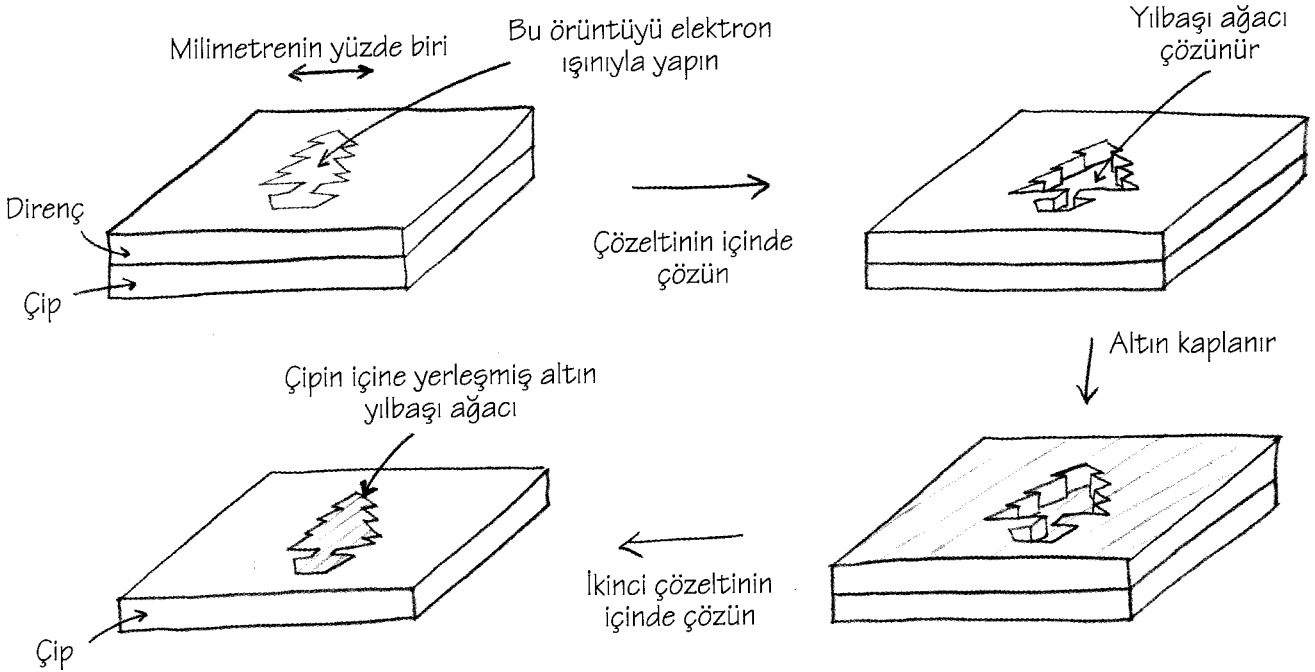
tın katmanıyla kaplıyor, kalan direncin çözünmesini sağlıyor ve biraz şansın da yardımıyla geriye yalnızca şablon içindeki altın kalıyordu. Kulağa soyut gelebilir diye resmini çizdim. Elektron ışınıyla bir yılbaşı ağacı şekli çizin, işlemin sonunda çipin üzerinde altın bir yılbaşı ağacı bulacaksınız. Burada ana fikir elbette çok küçük yılbaşı ağaçları yapmanızın mümkün olmasıdır; ben hiç durmadan çapı yalnızca bir milimetrenin yüzlerce biri kadar cihazlar yapıyordum.

Teori oldukça basit olmasına rağmen üzücü olan kısım, tam olarak doğru kalınlığa sahip bir direnç yapmanın gerçekten çok zor olmasıydı. Kullanılan yöntem, minik çipi biraz daha minik bir döner tablanın üzerine yerleştirmekti; bu tabla, turboşarjlı çömlekçi çarkını andırıyordu. Ardından çipin üzerine biraz sıvı polimer püskürtüyordunuz; ayak tablasına vurduğunuzda, çip deli gibi dönerek üzerindeki sıvı direnç maddesinin büyük bir kısmını dışarı fışkırtıyor, fakat oldukça ince ve -şanslıysanız- düzgün bir direnç filmi çipin üzerinde kalıyordu. Ardından direnci pişirerek katılaştırmak için çipi vakit kaybetmeden fırına sürüyordunuz ve böylece elektron ışını tarafından kalıplanmaya hazır oluyordu.

Yanlış gidebilecek tonla şey vardı. Öncelikle, tüm süreç oldukça can sıkıcıydı, çünkü çip sinir bozucu derecede küçük çip tablası yerine ya yere ya da pantolonunuzun paçalarına[8] sıçrıyordu. Çipin üzerine damlattığınız polimerin boyutu hayati önem taşıyordu: Bir nanogram fazla olsa direnç elektron ışınının çözemeyeceği kadar kalın oluyordu; bir nanogram eksik olsa, çiple direnç arasında yeterince yükseklik farkı olmuyor ve altın çipe düzgün bir şekilde yapışmıyordu. Çipi döndürmeden önce damlayı çipin üzerinde ne kadar süre tuttuğunuz; çipi ne kadar hızlı döndürdüğünüz; damlayı çipin tam olarak neresine dam-

8 Bu arada hiçbir fizikçi laboratuar önlüğü giymez. Laboratuar önlüğü kimyagerler içindir.

Yarı İletken Bir Çipin Üzerine Minik Bir Altın Yılbaşı Ağacı Yapma Yöntemi



lattığınız; odanın, çipin ve sıvı polimerin sıcaklığı: Hepsi büyük bir değişiklik yaratıyordu.

Doktoramın ilk altı ayı her gün aşağı yukarı aynı rutinlikte geçti. Birkaç çip al, üzerlerine biraz direnç maddesi püskürterek döndür, fırına sür, direncin kalınlığını ölç, kalıplama işleminin işe yarayıp yaramadığına bak. Tıpkı pişirdiğim başarılı Victoria pandispanyasında olduğu gibi arada sırada düzgün sayılabilecek bir iş çıkarsam da sorun neyi doğru yaptığım hakkında hiçbir fikrim olmamasıydı.

Yüzlerce saatlik pratiğin ardından, nihayet bir gece işin sırrını çözdüm. Şırıngaya konulacak sıvının miktarını ve çipi döndürmeye başlamadan önce kaç saniye boyunca duraklayacağımı harfi harfine biliyordum. Direncin sırf rengine bakarak kalınlığının milimetrenin kaçta bini olduğunu, kalıplamayı denemeye değeceğini mi yoksa yıkayıp temizleyerek baştan başlamanın mı gerektiğini söyleyebiliyordum. Çipler üzerindeki küçük altın kalıplar deyince laboratuarda akla ilk ben geliyordum ve laboratuardaki daha deneyimli araştırma öğrencileri onlar için cihaz yapmam karşılığında yürüttükleri deneylerde benim de bulunmama izin vereceklerini söylemeye başladılar.

Sanırım burada ana fikir, fizik doktorası için direnç döndürmekle Victoria pandispanyası pişirmek arasında epeyce ortak özellik bulunduğu: Bunlara kaotik işlemler adını veriyoruz ve bu işlemlerde sistemin ilk halinde meydana gelen küçük değişiklikler, son halinde büyük değişimlere neden olabiliyor. Her iki durumda da büyük moleküllerin davranışı üzerinde çalışıyoruz; direnç açısından bu moleküller boyut olarak görece aynıdır ve uğraştığımız kısım aslında yalnızca fiziksel özellikleridir -başka bir deyişle, sıcaklık, dinlendirme süresi ve dönüş hızı gibi unsurlardan nasıl etkilendikleridir. Kek açısından işler daha da karmaşık haldedir, çünkü Maillard tepkimeleri biçiminde bir dünya karmaşık kimyasal işlemle uğraşıyoruz. Ve gerçek dünyada kao-

tik işlemlerle uğraşmanın tek bir yolu var: Yetenek. Bir uzmana ihtiyacım vardı ve şansa bakın ki Henry Dimbleby'ın elinde bir tane mevcuttu.

BAMBAŞKA BİR PTAK

Clare Ptak, pastacılık dünyasında tek kelimeyle efsane bir isim. California asıllı Clare, Berkley'deki Alice Waters'a ait Chez Panisse restoranında pasta şefiydi ve şimdilerde kendi pastacılık şirketi Violet Cakes'i yönetiyor. Ufak Violet Cakes dükkânı Doğu Londra'da, Hackney mahallesindeki Broadway Market'ta devamlı açık. Clare aynı zamanda Henry'nin kapı komşusu ve Leon'un hamurişi danışmanı olmasının öyküsü de buradan çıkıyor. Danışmanlık görevinin ardından üçüncü Leon yemek kitabı *Leon Baking and Puddings*'in de yardımcı yazarı oldu. Bu kitabı ev yapımı pastacılık işinde ciddi olan herkese içtenlikle tavsiye ediyorum.[9]

Clare'in ilk yapacağı işin tarifimi yırtıp atmak olduğunu düşünmüştüm ama görünüşe göre o epeyce memnun kalmıştı. Pandispanya tarifim şöyle:

İki yumurtayı kabuğunu soymadan tartın.

Aynı miktarda tereyağı, pudra şekeri ve kendiliğinden kabaran unu ayrı ayrı tartın. Yani, bu malzemelerden her birinin iki yumurta ile aynı ağırlıkta olması gerekiyor.

9 Aslında bu kitap Gordon Ramsay Victoria pandispanyası tarifimin bir benzerini de içeriyor, üstelik et havuzundaki bir adamı çizdiğim resimle birlikte.

Tereyağı ve şekeri çırparak krema kıvamına getirin.

Birkaç damla vanilya özütü ekleyin ve iki çırpılmış yumurta ile karıştırın.

Hamur iyice çırpıldığında, bu hamuru unun içinde dikkatle katlayın.

Karışımı yağlanmış bir kek kalıbına yerleştirin ve yaklaşık 30 dakika boyunca 180°C'de pişirin.

Clare tarifimle idare etmeye karar verdiğinde kendi gizli tariflerinden birini bana vermek istemediğinden şüphelendiğimi söylemeliyim; ancak Clare'in suçsuz olduğunu kabul ediyorum. Onu asıl etkileyen şey kullandığım ekipman oldu. Kek kalıbımın tam anlamıyla biçimsiz, kalın, kare ve meyveli kek pişirmeye uygun olduğunu söyledi; pandispanya için ısıyı fırından keke daha çabuk ve daha eşit ölçüde iletecek, çok ince metalden yapılmış, daire şeklinde bir kalıba ihtiyacım vardı. Ardından, tereyağı ile şekeri yeterince uzun süre çırpmadığımı söyledi. O öylesine uzun uzun çırptı ki, karışımın rengi tamamen değişti ve bulanık sarı parlaklığın yerini bembeyaz bir renk aldı. "Gerçekten lezzetli bir Victoria pandispanyasının asıl sırrı budur ve bunu yapmazsan hep hüsrana uğrarsın" dedi. O tereyağı ve şekeri ne kadar uzun süre hırpaladığını tarif bile edemem; başkalarına anlatabileceğim bir püf noktası varsa, budur.

Ve son olarak, çok yüksek sıcaklıklarda pişirmekten vazgeçmem gerektiğini söyledi. Ptak'ın yöntemi "yavaş ve düşük"tü, düşük derken 140°C'yi kastediyorum. Bu elbette pişirme süresinin maalesef 45 dakika kadar, bazen daha da uzun sürmesi anlamına geliyordu. Pandispanyanın hazır olduğunu anlamak için yüzeye parmak ucuyla dokunduğunuzda eski şeklini "hatırlama-

lı" ve kekin yan kısımları kalıptan çok az sıyrılmalıdır. Anlayacağınız, Clare'in rötuş yapma ve süsleme becerileri ibretlikti; bir fiske pudra şekeri ve krem şanti dolgusuna eklenen birkaç damla vanilya büyük bir fark yaratıyordu. Üstelik marketten alınmış hazır reçellere güvenmek yerine taze çilek dilimleri kullanmakta ısrar ediyordu. Pastanın üzerini kevgir kullanarak az miktarda pudra şekeriyle kapladı, böylece pastanın yüzeyine ağızları sulandıran tozumsu bir etki kazandırdı. Gordon'ın kendini olacaklara hazırlama vakti gelmişti.

İŞTE BİLİMSEL KISIM GELİYOR

Pasta pişirme teorisi görece basittir. Buğday unu, kristalin nişasta tanecikleriyle dolu minik kapsüller içerir ve her kapsül proteinlerle kaplıdır. Bu yüzden iki temel besin grubunu içeren mükemmel bir besindir. Ne var ki çiğ hali pişirildiği zamanki kadar iyi sindirilemez. Bu durumda elbette devreye o eski güzel ekmek ve kekler girer.

Hamurişi pişirmenin temel taktiği, bir hamur ya da karışım hazırlamak için una su eklemek ve ısıtıldığında karbondioksit üretecek bir madde katmaktır; karbondioksit, genişleyerek somunun ya da kekin kabarmasını sağlayan baloncuklar oluşturur. Ekmek için genellikle maya kullanır; kek için kabartma tozunu tercih ederiz.

Kabartma tozu, krem tartarla karıştırılan sodyum bikarbonattan yapılır. Sodyum bikarbonat ısıtıldığında karbondioksit yayar ve krem tartardan geriye kalan kısmın acı tadını almak için kullanılır. Kendiliğinden kabaran un, içine halihazırda kabartma tozu eklenmiş sade undur ve oranı bir fincan una bir çay kaşığı kabartma tozu şeklindedir.

Un miktarıyla su miktarını kıyasladığımızda, üç temel karışım türü elde ederiz: Macun hamur, katı hamur ve cıvık hamur.[10] Macunları hamurişleri ve kurabiyelerde; katı hamurları ekmek, çörek ve keklerde; sıvı hamurları da krep ve pankeklerde kullanırız. Bunların hepsi suyu sade mi, sütün içinde mi yoksa yumurtanın içinde mi kattığınıza ve yağ ile şeker ekleyip eklemediğinize bağlıdır. Örneğin, kurabiyeler genellikle yağ ve şeker kattığınız yumurta/un macunundan yapılır; çörekler süt/yumurta/undan oluşan katı hamura yağ ve şeker ekleyerek hazırlanır. Benim kek tarifimde, özellikle pandispanya için suyun tamamı yumurtanın içindedir ve ekstra süt ya da su katılmaz.

Ekmek söz konusu olduğunda ise katı hamur yoğrulur. Ekmek unu protein açısından zengindir ve yoğurmak, unun içindeki nişasta kapsüllerini kaplayan proteinlerin birbiriyle etkileşime geçerek yeni bir katı madde oluşturmasını sağlar; bu maddeyi daha önce kesin duymuşsunuzdur: Glüten. Ekmeği pişirmek, mayanın karbondioksit baloncukları üretmesine yardımcı olur; böylece glüten genişler ve ekmek kabarır. Katı hamur 140°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda pişirildiği sürece karmaşık Maillard tepkimeleri başlar; böylece mükemmel bir kahverengi kabuk oluşur ve karbonhidratlarla şekerlerin somunun her tarafında tepkimeye girmesi kolaylaşır.

Ekmek yapısını ve dokusunu glütene borçlu olsa da hafif ve güzel bir pandispanyada mümkün olduğunca az glüten bulunmalıdır. İşte bu nedenle protein açısından zengin ekmek ununun yerine

10 Temel kurallar şöyledir: Macun hamur için eklediğiniz suyun üç katı un eklemeniz gereklidir; katı hamurlar için suyun iki katı, sıvı hamurlar için de ikisinden eşit miktarda un koymalısınız. Elbette suyun yumurta halinde (ağırlıkça yaklaşık % 85 su), süt halinde (yaklaşık % 90) veya sade halde (% 100: şaka şaka) olup olmaması da pişirilmiş üründe büyük fark yaratır ve her tür farklı tadın ve dokunun ortaya çıkmasına neden olur. Bu genel prensibi bilirseniz, mutfakta tüm yemekleri tarife bile bakmadan kotarabilirsiniz. Ancak şu konuda dikkatli olun: Katı hamurlar, sıvı hamurlara ve macunlara kıyasla pek hata kabul etmez ve mutfak tartılarınızı neredeyse hep hazır bulundurmanız gereklidir.

pandispanyada protein açısından hafif un kullanılmalıdır. Ayrıca, tarifte tereyağı ve şekeri çırpıp yumurtaları ekledikten sonra unun "katlanması" gerektiğinin yazması da bu sebepledir; burada amaç, un proteinleri arasında mümkün olduğunca az etkileşim sağlamak ve böylece gereğinden fazla glüten oluşmasını engellemektir.[11]

Yine de, teorimi kanıtlamak için berbat pandispanyalar da pişirmem gerekiyordu; çünkü pandispanyalar, şansınız yaver giderse ekmek ve kek kabartma hakkındaki genel kurallara istisna oluşturur. Ptak öncesi hazırladığım prototip pandispanyalardaki başlıca hatam kekin kabarması için kendiliğinden kabaran unun içindeki kabartma tozunda bulunan karbondioksidin yeterli olacağını düşünmemdi, bu yüzden tereyağı ve şekeri çırpmaya pek önem vermemiştim. Aslında, Clare'in de bana gösterdiği gibi bu adım hayati önem taşıyordu; çünkü amacı yağın içine mümkün olduğunca fazla sayıda minik hava kabarcığı hapsetmekti. Bu kabarcıklar fırında ısındığı zaman genişleyebiliyordu. Elbette kendiliğinden kabaran unun içindeki kabartma tozunun da rolü vardı; zaten sade unla pandispanya yapmaya çalışmak hakikaten cesaret işi olur. Clare tüm şüphelerimi gidermişti: Gordon'la yarışacağım programdaki başarım tamamen tereyağı/şeker kremasının kalitesine bağlıydı.

MILLER DİYETİ

Bu efsanevi mücadele için nefes nefese geri saymaya başlamadan önce gıda biliminin herkesi bir şekilde ilgilendiren alanına kısa bir dalış yapmam faydalı olur diye düşünüyorum: Kaloriler.

11 Elbette, söz konusu "unu rahat bırak" prensibi sıvı hamurlarda ve kurabiyelerde de eşit derecede geçerlidir. Sert ve glütenli olmalarını istemiyorsanız bu prensibi uygulayın.

Neticede kekler sağlıklı özellikleriyle anılmaz. Ayrıca protein ve benzerlerine koca bir bölüm ayırırken; süper yiyeceklere, suşiye ve çok daha sağlıklı ve değerli görünen diğer besinlere küçük bir gezi düzenlemeyeceğimi sanmayın. Her zamanki "yeşillik yediğiniz sağlıklı ve dengeli diyetin" ötesinde bir beslenme tavsiyesi arayanlar için işte size verebileceğim en iyi öğüt.

Yiyecek paketlerinin arkasındaki bilgileri kullanarak kalori hesabı yapıyor musunuz? Bu değerlerin nasıl hesaplandığını hiç merak ettiniz mi? Bunu keşfetmesi şaşırtıcı gelebilir ama ne kadar ısı enerjisinin yayıldığını görmek için yiyeceği kurutup yakarak hesaplanırlar. İhtiyacınız olan tek şey, bomba kalorimetresi adında oldukça marifetli bir gereçtir. Bu kalorimetre, suyun içinde muhafaza edilen küçük bir metal kutudan ibarettir. Kurutulmuş yiyeceği kutunun içine koyup ateşi yakar ve sudaki sıcaklık değişimini ölçerek ne kadar enerji üretildiğini bulursunuz. Fındık "9 kalori" dediğimizde, bu bilgi fındığı kurutup bomba kalorimetresine yerleştirerek yaktığınız vakit, 9 kcal ısı enerjisi üretmesine dayanır.

Yiyeceğin bir parçasını ateşe vermek kimyasal açıdan yiyeceği sindirmeye benzemekle birlikte aynı değildir. Dolayısıyla dikkatli olun, çünkü bu kalorifik değerler yalnızca kabataslak bir rehber işlevi görür. Örneğin bir ham patatesin içerdiği kalori iki Hobnob bisküvisi ile aynı olabilir[12], ancak vücudunuz işlenmiş Hobnob'lara oranla ham patatesteki kalorileri daha zor özütler ve dolayısıyla çiğ yumru kökü sindirmek için bisküvileri sindirirken harcadığından daha fazla enerji harcar. Tabii ayrıca patatesi bir fincan çaya batırmak da pek zevkli değildir.

Genelde pasta, hamburger ve şekerli içecekler gibi "kötü" olarak adlandırdığımız yiyecekler aslında vücutlarımızın enerjiye

12 Hesaplamalarım gram başına 0,77 kcal içeren 175 gr'lık irice bir çiğ patatese ve bir tanesi 67 kcal olan iki Hobnob'a dayalı. Bu 134 kcal'ı hem patates hem de bisküviler için hesapladım.

dönüştürmekte oldukça başarılı olduğu yiyeceklerden ibarettir. Tatları harika olabilir; ancak işin kötü yanı günü çıkarmaya yetecek kadar kalori almamız için bunlardan çok fazla yememize gerek olmamasıdır. Ve yediğiniz besinden ürettiğiniz enerji yaşamak için harcadığınız enerjiden daha fazla olduğu anda bu enerjiyi yağ olarak depolamaya başlarsınız. Normal bir mesleğe sahip normal bir insansanız hayatınızın bir noktasında kilo alma ihtimaliniz oldukça yüksektir. Belki şimdi bile kilo fazlanız olduğunu düşünüyor olabilirsiniz. Bu durumda kitap raflarını işgal eden diyet programlarından birinin ağına düşmeden önce lütfen kendinize bir iyilik yapın ve Miller Diyeti'ni deneyin.

Öncelikle, geçmişte işinize yarayan tüm diyetlerin -bu ister Atkins, ister Hay, Çiğ Besin, F Planı ya da Limon Detoksu olsun[13]- işe yaramasının tek sebebi diyet sonunda daha az kaloriye sahip olmanızdır. Genellikle diyetin en önemli özelliği, yemek zorunda olduğunuz besinin (vitamin içecekleri, kıvırcık salata, az yağlı yiyecekler, düşük karbonhidratlı yiyecekler; ne dilerseniz) tatsız tuzsuz olmasıdır. Böylece ne kadar aç olursanız olun, yaktığınızdan daha fazla kalori alacak kadar yemeye dayanamazsınız. Daha karmaşık diğer diyetler, mesela Hay diyeti (burada yalnızca belirli kombinasyonlardaki besin gruplarını yersiniz) kilo vermenize yardımcı olur, çünkü kritere uyan bir yiyeceği asla bulamazsınız. Çiğ Besin diyetinin işe yaramasının nedeni elbette çiğ besini pişmiş besin kadar kolay sindirememenizdir. Hangi diyet olursa olsun -gerçekten umurumda değil- işe yaramasının tek sebebi vücudunuzun aldığı kalori miktarını azaltmasıdır. İşte bu kadar. Nokta.

Benim diyet önerim şu: Daha az yiyin. Ya da, daha kesin konuş-

13 Gösteri dünyasındaki arkadaşlarımdan biri yeni ve muhteşem bir diyet keşfettiğini, tek yapması gerekenin limon suyu ve akçaağaç şurubu içmek olduğunu söylemişti. "Bu muhteşem bir şey" demişti, "vücudunu tamamen temizliyor." Epeyce kilo verdi, ona sorarsanız sebebi limon suyunun ve akçaağaç şurubunun "detoks" özelliğiydi. Bir düşünelim -hiçbir şey yememek ve kilo vermek. Zekice.

mak gerekirse, sindirdiğinizden daha fazla kalori tüketin. Daha az yemek istemiyorsanız siz bilirsiniz, ancak otobüse binmek yerine bisiklet aldığınızdan veya işe yürüyerek gittiğinizden emin olun. Biliyorum, biliyorum; ofisle evin arası bir saat sürüyor ve bisikletle gidecek olursanız işe vardığınız anda duş yapmak için tekrar eve dönmeniz gerekecek. İstediğiniz kadar homurdanın: Hepimiz aynı yolun yolcusuyuz. Ama lütfen yalnızca bezelye yediğiniz ya da yağı, karbonhidratı, proteini, vitaminleri, mineralleri veya lifi kestiğiniz bir diyet yapmaya kalkışmayın, çünkü yaşamak için bunlara ihtiyacımız var. Mesela yağ olmazsa beyin dokusu oluşturamazsınız; karbonhidrat olmazsa kaslarınızı güçlendiremezsiniz; protein olmazsa kaslarınız bile olmaz.

Bu kadar yeter. Sıra tatlıya geldi.

THE F WORD[14]

Gordon Ramsay ile ilgili söylemek istediğim ilk şey şu: O aslında Gordon Ramsay değil. En azından yemek programlarından tanıyıp sevdiğimiz, ağzından küfür düşürmeyen agresif şefle alakası yok. Benim tanıştığım adam beklediğimden daha uzun boyluydu; fakat zaten çoğu insan beklediğimden daha uzun boylu, çünkü ben hep beklediğimden daha kısa çıkıyorum. Ayrıca kamera arkasında dost canlısı, espritüel ve zeki olsa da, kameralar önünde tüm bunların değiştiğini söylemeliyim.

Belirtmem gereken ikinci nokta, yemek pişirmekte gerçekten çok başarılı olduğu. Kek pişirme rutininizi mutfağınızın kendine has mahremiyetinde pekiştirmek başka, Gordon Ramsay'nin yanıbaşınızda, ancak gözlerini yumup silahlarını kuşanmış bir

14 "The F Word" programın adı olmakla birlikte, aynı zamanda İngilizce'de bir küfür anlamına gelmektedir. (ç.n.)

askerde görebileceğiniz türden bir el çabukluğuyla yiyecekleri doğraması, ölçmesi ve terbiyelemesi sırasında kek yapmaya çalışmak başka. Daha *mise en place*[15] düzenini ayarlamaya çalışırken ellerim öylesine titremeye başladı ki, kendimi rezil etmekten başka bir işe yaramayan "Bakın, ellerim titriyor" yorumlarından birini yaparak bunu gözler önüne sermem gerekti. Bu da yetmezmiş gibi tezahüratlar başladı.

Gordon adil oynamıyor. Siz yemek yaparken o kendine has üslubuyla size sataşıyor; böylesine yapmacık ve yavan bir tarif seçtiğiniz için küfrediyor; bilim hakkında bir soru sorup, sizi bilimi eğlenceli hale getirmemekle suçluyor; ardından mutfak becerilerinizin ne kadar yavaş ve domestik olduğu konusunda bağırıp çağırıyor. O sırada kendime şunu hatırlatmaktan fazlasını yapamıyordum: Kız gibi döktüğüm gözyaşlarının tuzlu suyu kekimin tadını mahvedebilirdi.

Son olarak, Gordon'ın yaratıcılığının hayalgücü ve sunum açısından benden kat kat daha üstün olduğunu itiraf etmeliyim. Geleneksel iki katlı pandispanya yerine büyük bir dikdörtgen kek pişirip bu keki Eton Mess'e[16] benzeyen leziz bir tatlı krema dolgusu, mereng ve taze çilekle doldurarak rulo haline getirmeye karar vermişti; bu noktada açıkçası neden bu yarışmaya katılma zahmetinde bulunduğumu merak ettim? Neyse ki Kadınlar Enstitüsü imdadıma yetişti; keklerimizi kimin pişirdiğini bilmeden deneyen dört jürinin biraz daha geleneksel olduğu ortaya çıktı ve tabii ki Clare'in pandispanyası tam bir örnek niteliğindeydi.

Kameralar karşısında Gordon jürinin oy birliğiyle aldığı kararı kendine has gönülsüz bir tavırla karşılasa da kamera ışıkları sönünce övgüler yağdırdı. "Biliyor musun?" dedi kameralar kapandıktan sonra "Senden fena sayılmayacak bir pasta şefi olabilirmiş."

15 Tezgah düzeni. (ç.n.)

16 ç.n. Krema, mereng ve çilekle hazırlanan geleneksel bir İngiliz tatlısı.

BÖLÜM 7

DÜNYANIN SONU YAKLAŞIYOR

KÜRESEL ISINMAYA NE OLDU?

Ben oturmuş bu bölümü yazarken, İngiltere soğuk hava dalgalarının etkisi altında. Bir saat kadar önce kar yağmaya başladı, şimdi penceremden dışarı bakınca karla kaplı bir harikalar diyarı görüyorum. Bu manzara, kardan adam yapmaya uğraşan orta yaşlı üç sarhoşla tamamlanıyor. Tüm ulusal gazetelerin manşetlerinde haftalar öncesinden "dondurucu soğuk" uyarısı verilmişti. Bu yıl Noel zamanı kar yağmayacağını iddia edenlerin sayısı her saat başı azalıyor. İngiltere'nin tüm büyük havaalanları kara teslim oldu, doğudan kutup rüzgârı esiyor ve televizyon haberlerindeki Met Office uyarılarına göre önümüzdeki 24 saat içinde hava koşulları daha da kötüleşecek gibi görünüyor. Peki küresel ısınmaya ne oldu, ha?

Hepimiz lanetlendik mi?

"Hava koşulları nereye gidiyor?" sorusu son birkaç yıldır kamuoyunu esir almış durumda. Yükselen her sıcak veya soğuk

hava dalgası görünüşe göre ya sorun olduğunu inkâr ediyor ya da hepimizi kendi ellerimizle yarattığımız yüksek sıcaklıklı fırında yemek pişirmekle suçluyordu. Al Gore gibi eski politikacılar da bilimsel olduğu belli grafikler ve ikna edici argümanlarla duruma hâkimdi ve pek çok insanı "Uygunsuz Gerçek"e inandırmıştı: Kısacası, gezegen son 10.000 yılda hiç olmadığı kadar ısındı ve bunun tek nedeni insan yapımı karbon salımları. Aynı şekilde, Lord Lawson gibi eşit derecede ikna edici başka eski politikacılar da var. Lawson'ın Küresel Isınma Politikaları Vakfı, İngiltere'deki sıcaklıkların son 10 yılda artmadığı, aksine azaldığına dair aynı ölçüde bilimsel görünen makalelerle iklim değişikliği hakkındaki tartışmalara "mantık, bütünlük ve denge getirme" amacını belirtiyor ve ısınma vakalarının karbon salımlarından değil, Büyük Okyanus'tan gelen El Niño isimli esrarengiz akıntıdan kaynaklandığını iddia ediyor. Peki, doğrusu nedir? Hava gerçekten ısınıyor mu? Ve eğer suçlu sera etkisi ise durdurmak için elimizden bir şey gelir mi?

Bunlar bir tür olarak karşı karşıya geldiğimiz en hayati sorulardan birkaçı olmakla kalmıyor, aynı zamanda bu soruları yanıtlamak için tek kelimeyle nefes kesici bir manzarada gezintiye çıkmamız gerekiyor: Yerküre'nin ve atmosferinin uçsuz bucaksız büyüleyici bilimi. Gezegenimizin Güneş etrafında dönerken devamlı ısınması ve soğuması sonucunda harikulade şelaleler, okyanuslar, buzullar ve buz tabakaları; bol miktarda sıcak tropikal okyanuslar ve kavurucu kutup denizleri; yoğun bulut katedralleri, şiddetli rüzgârlar ve fırtınalar meydana geliyor. Yine de her yerde aynı temel fizik kuralları işliyor ve mantığını anlamaya başladığınızda merak duygunuz iyice kabarıyor. Kuarkların ve leptonların dünyası akıllara durgunluk vermekle birlikte sonsuza dek soyut kalacak, çünkü çok küçüklerin sistemine uzanıp dokunmanız asla mümkün olmayacak. Öte yandan, jet akımları ve buz fırtınaları diyarı hem bizim hem atalarımızın hem de

gelecekteki çocuklarımızın hayattaki her gününü şekillendirdiği için insanı daima farklı bir huşu içinde bırakacak.

BÜYÜK ÜRPERME

Bilmiyor olabilirsiniz ama bir Buz Devri'nin tam ortasında yaşıyorsunuz. İçinde olduğumuz düşünülen jeolojik dönem nedeniyle bu çağa spesifik olarak Kuvaterner Buz Devri adı veriliyor. Bilgiçlik taslamak isterseniz -ben istiyorum- Fanerozoik devrin Senozoik zamanının Kuvaterner döneminin Holosen evresindeyiz. Yerküre'nin 4,6 milyar yıl önceki başlangıcından bu yana yalnızca dört devir geçti ve her biri yaklaşık bir milyar yıl sürdü: İlk devir Hadean, ilk kayaların oluştuğu zamanı kapsar; ikincisi Arkeyan, siyanobakterilerin ortaya çıkarak ilk oksijeni ürettiği devirdir; üçüncüsü Proterozoik, tek hücreli ökaryotik yaşamın ilk başgösterdiği devirdir; ve bizim dönemimiz olan dördüncüsü, yani Fanerozoik, Yerküre'nin aklınıza gelebilecek her türlü bitki ve hayvanla doluşuna tanıklık etmiştir.

Yerküre tarihi boyunca en az beş Buz Devri yaşandığını düşünüyoruz. Bu devirler arasındaki dönemlerde bildiğimiz kadarıyla kutuplarda hiç buz yoktu. İlk buz devri olan Huronian, Proterozoik devrin başlangıcına doğru ortaya çıkmış ve yaklaşık 300 milyon yıl sürmüştür; ikincisi, yani "Kartopu Yerküre" olarak da bilinen Kriojenyan Buz Devri aynı dönemin sonlarına doğru ortaya çıkmış[1] ve yaklaşık 100 milyon yıl sürmüştür. Diğer üçü bizim Fanerozoik devrimizde gerçekleşmiştir: Öncelikle And-Sahra ortaya çıkmış, ancak bu devir ailenin en küçüğü olarak yalnızca 30 milyon yıl sürmüştür. İkincisi, Karoo Buz Devri,

1 Böyle denmesinin sebebi gezegenin bir kutuptan diğer kutba kadar donduğunun düşünülmesi. Iyyy.

100 milyon yıl boyunca hatırı sayılır bir şekilde hüküm sürdükten sonra 260 milyon yıl önce sona ermiştir. Kendi buz devrimiz Kuvaterner ise yalnızca 2,6 milyon yıl önce başlamıştır. Buz Devirleri çocuk olsaydı kesin bez dayandıramazdık.

Ne düşündüğünüzü biliyorum: Buz Devri dedikleri buysa bırakın sürsün. Fakat Buz Devirleri yerkürenin baştan sona donması anlamına gelmez; bu devirler, buz tabakalarının ilerlediği soğuk dönemlerden, yani buzullardan ve buzun geri çekildiği sıcak, yani buzullararası dönemlerden oluşur. Son 10 döngüye bakılırsa buzullar ortalama 90.000 yıl civarı, buzullar arası dönemler ise ortalama 10.000 yıl civarı sürmüştür. İşin korkutucu kısmına gelecek olursak: Biz bu buzullar arası dönemlerden birinde yaşıyoruz. İşte daha korkutucu olan kısmı: Son buzul dönemi 12.000 yıl önce sona erdi.

ATMOSFER OLMASAYDI

1970'lerde henüz öğrenciyken, herkes bir sonraki Buz Devri'nin, daha net konuşmak gerekirse bir sonraki buzul döneminin başlamasından endişe ediyordu. 1950'ler ve 1960'lar boyunca ortalama küresel sıcaklık düşüşteydi ve her çetin kış görünüşe göre kıllı mamutların dönüşünü müjdeliyordu. İlerleyen zamanlarda göreceğimiz gibi bu 20 yıllık soğuma eğilimi bugün çok daha net anlaşılıyor; ancak o zamanlar suç büyük oranda -en azından medyada- nükleer silahların test edilmesine atılıyordu. Aman beni yanlış anlamayın: Sizi Yerküre atmosferinin ve okyanusların muhteşem ilmi karşısında hayrete düşürmenin yanı sıra umarım karbondioksit salımlarının gezegeni ısıttığına ikna etmeyi de başarmışımdır. Ancak "Küresel Isınma" yerine "Buz Devri", "karbon salımları" yerine de "nükleer deneme" sözcü-

günü kullanırsanız iklim hakkındaki mevcut tartışmanın tadına epeyce yaklaştığınızı fark edeceksiniz. Bu tat hiç fena olmasa da insanoğlu kendi elleriyle yarattığı bir kıyametin eşiğinde olduğunu düşünmeye meyilli ve bu durum gerçekten endişe verici.

MEVSİMLERİN DEĞİŞİMİ

Peki, küresel soğuma hakkında artık neden kimse telaşlanmıyor? Bunun başlıca sebebi, 1970'lerden bu yana, buzul dönemlerini tetikleyen faktörü[2] çözdüğümüzden kesinlikle emin olmamız. Aslına bakarsanız 19. yüzyılda yaşamış İskoç girişimci James Croll'un çalışması sayesinde cevabı bir süredir biliyoruz.

Pertshire'lı fakir bir çiftçinin oğlu olan Croll, 13 yaşında okuldan ayrılmış ve ırgat, çay tüccarı, sigorta satıcısı ve otel işletmecisi gibi bir dizi başarısız kariyerlik denemesinin ardından Glasgow'daki Anderson Müzesi'nde hizmetli olarak göreve başlamış, böylece tek gerçek aşkına daha yakın olma fırsatını bulmuştu: Jeoloji ve astrofizik kitapları. Tamamen kendi kendini eğiten Croll, cesur ve o zamana göre kanıtlanması tam anlamıyla imkânsız olan bir teori geliştirdi: Buzul dönemleri, Yerküre'nin yörüngesindeki ve eğim açısındaki aşırı yavaş değişiklikler sonucu ortaya çıkmıştı.

Artık muhtemelen bildiğiniz üzere, Yerküre Güneş'in etrafında dairesel bir yörüngede döner ve tam bir dönüş yapması bir

2 "Tetiklemek" sözcüğünü kullanmamın sebebi, buzullaşma başladığında kendiliğinden kötüleşmeye meyilli olması. Bunun sebebine bilimadamları "olumlu geri bildirim" adını veriyor. Kutuplar yeterince soğuduğunda buz tabakası oluşur. Kar beyaz olduğundan ışınımı yansıtır ve dolayısıyla Güneş enerjisinin daha büyük kısmı Yerküre'den geri seker, bu durumda yeryüzü daha da soğur ve buz tabakası genişler, böylece daha fazla ışınım yansır, böylece gezegen daha da soğur, böylece... Eh, ne demek istediğimi anladınız.

takvim yılı sürer. Yörüngede ilerlerken kendi ekseni etrafında döner ve bir yörüngede yaklaşık 365 kez tur atar. Yerküre'de yaşamı ilginç kılan unsurlardan biri, Yerküre ekseninin yörünge düzlemine tam dik olmamasıdır; tıpkı her model kürede görebileceğiniz gibi belirli bir açıyla eğik durmaktadır. Bu eğiklik sonucunda mevsimler oluşur. Kısacası, kuzey kutbu Güneş'e doğru eğik olduğunda kuzey yarımkürede muhteşem bir yaz mevsimi yaşanırken; eğimi Güneş'ten uzaklaştığında kışı yaşarız.[3]

Croll'un teorisi özünde oldukça basitti. Eğim açısı, Yerküre yörüngesinin şekli, Yerküre'nin dönme ekseninin yönü: Hiçbiri sabit değildir. Her birinin kendi değişim dönemi vardır ve binlerce yıl sürer. Mesela Yerküre'nin yörüngesine bakalım. 100.000 yılı aşkın bir sürede önce yavaş yavaş bir daireden elips benzeri bir şekle dönüşmekte, ardından tekrar daire şeklini almaktadır. Yerküre da sanki yavaşlıyormuş gibi yalpalamakta ve ekseninin ucu daire çizmektedir; "devinme" adı verilen tam bir döngü yaklaşık 21.000 yıl sürer. Benzer şekilde, Yerküre'nin eğim açısı da her 41.000 yılda birkaç derece değişir. Bu kademeli döngüler, mevsimler arasındaki tezatlığı değiştirir; yaz ne kadar soğuk geçerse buzullaşma ihtimali de o kadar artar, çünkü buzun hiçbir zaman erime şansı olmaz.

21. yüzyılın başında olduğumuz şu günlerde bir sonraki buzul dönemle aramızda epeyce mesafe var gibi görünüyor. Yerküre'nin eğim açısı uygun değil, çünkü iki uç arasında hemen hemen tam ortada bulunuyor. Yörüngesi de gitgide daireselleştiğinden işe yaramıyor. Faydalı görünen tek şey Yerküre'nin yalpalaması. Yalpalamanın etkilerinden biri, mevsimlerin her

3 Bunlara gündönümü adı verilir ve kökeni Latince'deki "duran güneş"ten gelir; çünkü yılın bu zamanlarında Güneş ekvatora göre ya en kuzeyde ya da en güneyde olur. Eğim Güneş'e dik açılarda ise kuzey ve güney yarımkürede gündüz ve gece aynı uzunlukta olur, ayrıca ilkbahar ve sonbahar ekinokslarını, yani "eşit geceler"i yaşarsınız. Tamam, gösteriş yapmayı kesiyorum.

yıl Yerküre yörüngesinde az da olsa farklı bir noktada meydana gelmesi . Şu anda kuzey yarımkürede yaz mevsimi yaşanırken Yerküre Güneş'ten en uzak konumda; bu yüzden hava soğuyor ve buzullaşma ihtimalleri artıyor.[4] Oysaki soğuk hava dalgasını gerçekten tetiklemek için tüm bu döngülerin birbirine ayak uydurması, her birinin hem kuzey hem de güney yarımkürede yaz mevsimini daha soğuk hale getirmesi gerekiyor. Elimizdeki en iyi hesaplamalara göre önümüzdeki 23.000 yıl boyunca böyle bir toplu saldırı beklenmiyor. Buz Devirleri devam ettiği sürece şanslıyız; medeniyetimizi son birkaç milyon yılın en uzun buzullararası dönemlerinden birinde kurduk.

SERA ETKİSİ, MERA ETKİSİ

Muhteşem cennetimizin geleceği söz konusu olduğunda her şeyi abartmaya meraklı korkunç bir türe dönüştüğümüzden konu iklim değişikliğine gelince neden emin olabiliriz ki? Başka bir deyişle, iklim bilimi bir yarışma programı olsaydı, banko eve götüreceğimiz ödüller ne olurdu? Eh, eğer ilk ödül Buz Devri'nde buzullararası dönemin ortasında yaşıyor olmamızsa, ikincisi de karbondioksidin ısınmaya yol açmasıdır.

Nasıl bu kadar emin olabiliyoruz? Sera Etkisi, bildiğimiz gibi yaşamın devam etmesi için oldukça önemlidir. En basit şekilde

4 Aslına bakarsanız, Yerküre'nin Güneş'e en yakın olduğu gün 3 Ocak ve en uzak olduğu gün 4 Temmuz'dur. Mesafe farkı çok büyük değil, çünkü Yerküre'nin yörüngesi şu anda oldukça dairesel: En uzak noktada, yani günötede 152 milyon kilometre ve en yakın noktada, yani günberide 147 milyon kilometre. Sonuç olarak, gezegen Temmuz ayına kıyasla Ocak'ta yalnızca % 6 daha fazla güneş enerjisi alıyor ve kuzey yarımkürede yaz mevsimi, güney yarımkürede yaşanan yaz mevsiminden biraz daha soğuk. Yerküre'nin yörüngesi mümkün olan en eliptik biçimde olsaydı söz konusu fark % 20-30 civarına ulaşır ve yazlarımız çok daha soğuk geçerdi.

anlatmak gerekirse gezegenimizin atmosferi Güneş enerjisini tıpkı bir battaniye gibi hapsederek yeryüzünün sıcaklığını arttırır. Sera etkisi olmasa ortalama küresel sıcaklık yaklaşık -18°C olurdu. Aslında yeryüzünün ortalama sıcaklığı 15°C civarındadır: Başka bir deyişle atmosfer yaklaşık 33°C'lik ısınma sağlar; atmosfer olmasa bu sıcaklık da olmazdı. İlginçtir ki, sera gazı karbondioksit değil, buhar halindeki sudur; gözlemlenen 33°C'lik ısınmanın yaklaşık 21°C'si nemden kaynaklanmaktadır. Kalan kısmın yaklaşık 10°C'sine karbondioksit neden olur. Geriye kalan yaklaşık 2°C'lik kısım ise metan, nitröz oksit, ozon ve kloroflorometan gibi zararlı sanayi atığı ürünlerinden kaynaklanır. Havayı oluşturan diğer temel gazların -yani oksijen, azot ve argonun- oranı hiç de yüksek değildir; daha önce bahsettiğim diğer gazların aksine bunların ısıtma etkisi yoktur.

Burada belirtmek istediğim asıl nokta şu: Atmosferi ısıtma konusunda karbondioksit kendi sıkletinin üzerindekilerle dövüşüyor. Havadaki karbondioksit miktarı nispeten çok az -2010'un sonunda yalnızca milyonda 388 oranındaydı. Bu da % 0,0388 eder, yani karbondioksit su buharına oranla yaklaşık 100 kat daha azdır; buna rağmen karbondioksit genel anlamda 33°C'lik ısınmanın neredeyse üçte birinden sorumludur. Bu ne anlama geliyor? Şöyle ki, gezegenin sıcaklığı atmosferdeki karbondioksit miktarlarına karşı oldukça hassas demek oluyor.

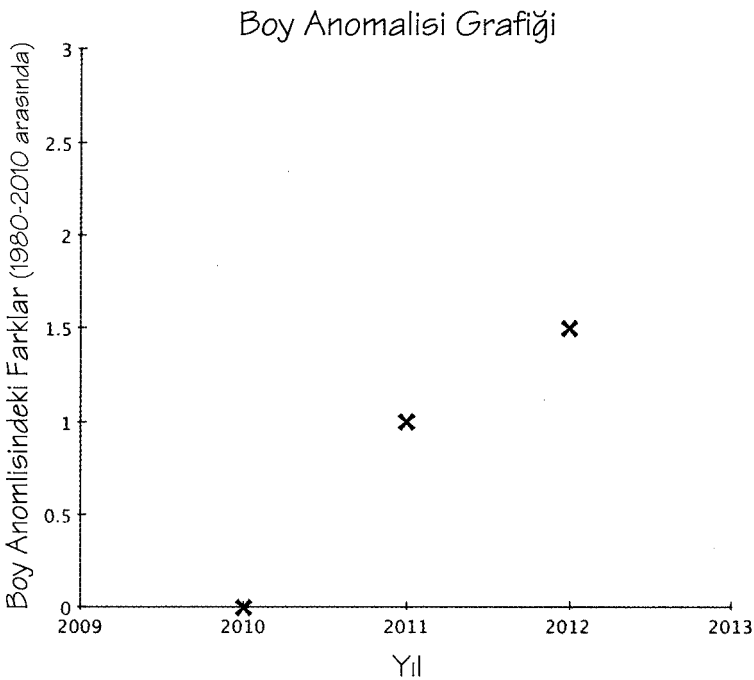
Charles Keeling adlı bir adamın öngörüsü sayesinde 1958'den bu yana havadaki karbondioksit miktarını oldukça kesin bir şekilde kaydedebiliyoruz. O yıl, Hawai'deki Mauna Loa Gözlemevi'nde kaydedilen karbondioksit konsantrasyonu milyonda 315'ti ve o zamandan beri fosil yakıtların yakılması sonucunda atmosferik karbondioksit miktarı her yıl % 0,4 artmıştır. Peki, daha uzak geçmişte karbondioksit düzeyi nasıldı?

İlginçtir ki, elimizde yaklaşık 800 milyon yıl öncesine dayanan oldukça sağlam bir atmosferik karbondioksit kaydı var. Artık

bildiğiniz üzere, karakteristik özelliği kutuplardaki buz tabakaları olan -tıpkı diğer buz devirleri gibi- Kuvaterner Buz Devri'nin başlangıcında, bir buzullararası dönemde yaşıyoruz. Kar tuttuğunda, minik hava keseciklerini hapseder. Zirveye daha fazla kar yağdıkça, önceki kar gitgide sıkışır ve sonunda buza döner. Grönland ve Antarktika'daki antik buz katmanlarını delerek çeşitli katmanlarda hapsedilmiş hava kabarcıklarının içeriğini inceleyen bilimadamları, atmosferin zaman içindeki oluşumuna dair bir tablo elde edebilir. Antarktika'daki Vostok'tan alınan bu tür bir "buz örneği", atmosferik karbondioksit konsantrasyonunun buzullaşmalar sırasında minimum milyonda 180 ile buzullararası dönemler sırasında maksimum milyonda 300 arasında değiştiğini gösteriyor. Gezegen ısındıkça karbondioksit düzeyi neden değişiyor? Muhtemelen sıcak ve soğuk suda karbondioksit çözünürlüğünün değişmesinden kaynaklanıyor; bildiğiniz gibi ısınan kolanın asidi kaçar. Denizler ısındıkça karbondioksit yayar ve soğudukça karbondioksidi yeniden absorbe eder. Günümüzdeki buzullararası Holosen döneminde karbondioksit düzeyi milyonda 280 şeklinde sabit kalırken, 1850'lere gelindiğinde hızla artmaya başlamıştı. Sonuç: Havadaki karbondioksit, fosil yakıtların yakılmasından ötürü yüz milyonlarca yılın en yüksek düzeyinde.

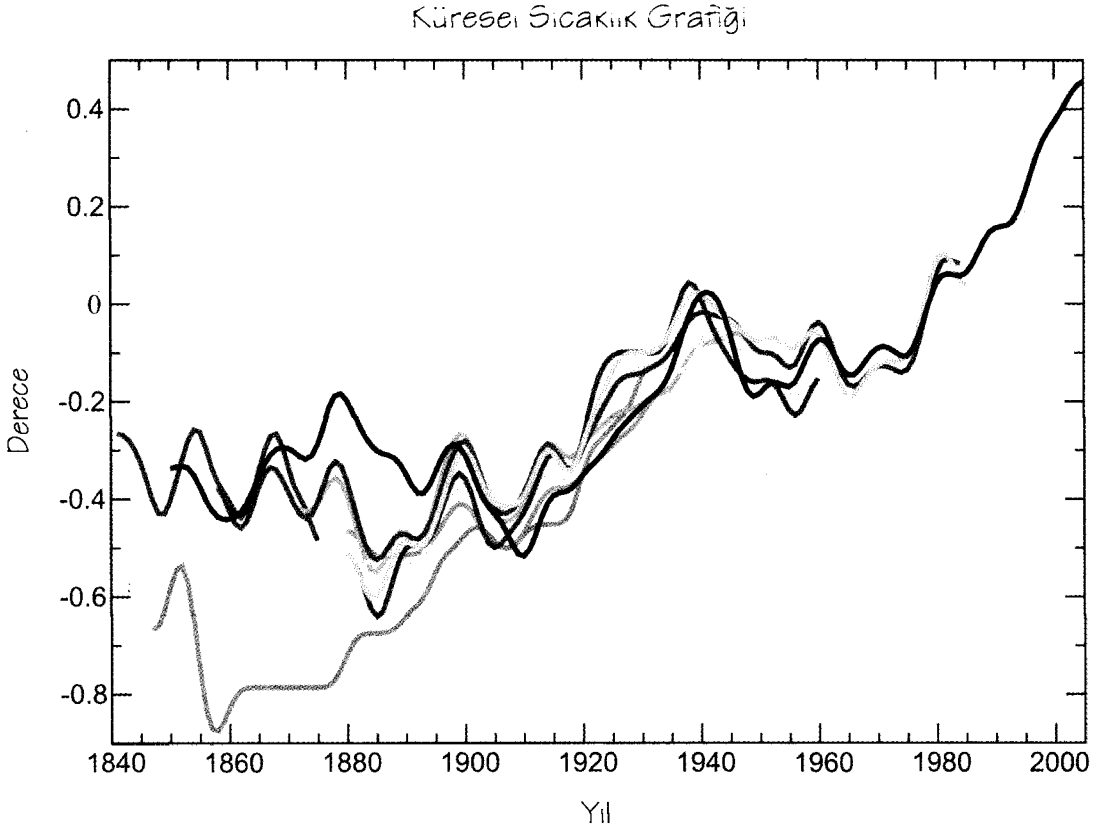
SICAK MI OLDU?

İklim Değişikliği Yarışma Programında bir ödül daha kazanmış olduk: Atmosferdeki karbondioksit düzeyleri 1850'den beri yaklaşık % 36 oranında arttı. Banko eve götürdüğümüz üçüncü hediye, aynı dönemde sıcaklığın da yükselmiş olması. Aslına bakarsanız aynı dönemde ortalama küresel sıcaklık 0,75 derece yükseldi.



Söz konusu durumu eklediğim grafikte açıkça görebilirsiniz; bu grafik Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (Intergovernmental Panel on Climate Change -IPCC) son raporuna dayanarak hazırlandı.[5] Gördüğünüz gibi mutlak sıcaklığı değil, zamana göre değişen sıcaklık anomalisini gösteriyor. Yatay eksen, 1850 yılından başlayarak bu raporun hazırlandığı 2007'ye kadar geçen yılları gösteriyor. Dikey eksen anomali aralığını gösteriyor; bu aralık dikey eksenin en alt kısmındaki -0,9°C değeri ile en üst kısmındaki +0,5°C arasında değişiyor. Anomali nedir? Uzun süreli bir değerin değişmesi anlamına gelir. Diyelim ki son 30 yılda erkeğin ortalama boyu beş nokta dokuz inç (1 inç = 2,54 cm) olsun. Ertesi yılın sonunda tüm erkeklerin boyunu ölçtüğümüzde yeni ortalama uzunluk beş nokta on inç çıkarsa,

5 Şunu da belirteyim; bu grafik yalnızca 2007'ye kadar olan zamanı ele alıyor ve dolayısıyla ısınma artış hızının 2006'dan bu yana yavaşladığını göstermiyor. Fakat ısınma hızının daha önceleri yavaşladığı, ne var ki sonra tekrar yükseldiği görülüyor.


Küresel Sıcaklık Grafiği
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
Derece
1840
1860
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
Yıl

1981 ila 2010 arasındaki dönemin ortalama boy değeri ile karşılaştırıldığında +1 inçlik anomali oluşur. Bir sonraki yıl erkeklerin boyunu tekrar ölçtüğümüzde ortalama beş nokta on buçuk inç çıkarsa bu durumda anomali +1,5 inç olur. Hadi bu iki noktayı grafik üzerinde (sayfa 200) göstererek sonuca bakalım.

İşte oldu. 2011 ve 2012 için boy anomalilerini gösteren iki veri noktamız var ve kesin olarak şunu söyleyebiliriz ki, erkeklerin ortalama boyu bir buçuk inç artmış. Şimdi işin zekice kısmı geliyor. Yalnızca anomalilerden bahsedip mutlak değerlerden bahsetmediğimiz için boyların ölçüldüğü ilk seferde dâhili hataları görmezden geldik. Diyelim ki boyları ölçen kişinin mezurasında bir hata olsun ve birinci inçi ölçmeden devam etsin. Gerçek boy dört nokta on bir inç iken, mezura tam olarak beş ft'i göstersin. 1981 ila 2010 arası ortalama beş nokta on inç olarak, 2011'de ortalama beş nokta on bir inç olarak ve 2012'de ortalama beş nokta on bir buçuk inç olarak hesaplanmış olsun. Sıra anomalileri hesaplamaya geldiğinde, sonuç düzgün bir mezurayla ölçülerek hesaplanmış gibi görünecektir: 2011'de +1,0 inç ve 2012'de +1,5 inç; bu değerleri grafiğe yerleştirdiğimizde aynı grafik ortaya çıkar.

Sıcaklık ölçümleri tıpatıp aynı görünür. Bu IPCC grafiğine rahatlıkla güvenebiliriz, çünkü 1961 ila 1990 yılları arasındaki ortalama sıcaklıkla kıyaslandığında mutlak sıcaklık yerine sıcaklık anomalisini gösterir. Başka bir deyişle, normalde sıcaklık 19,2°C iken termometrenin 19,1°C gösterip göstermemesinin önemi yoktur; burada sıcaklığın 1961 ortalaması ile 1990 ortalaması arasındaki değişimi kıyaslıyoruz.

Bize güven verebilecek bir diğer husus da bu ölçümlerin pek çok farklı yöntemle yapılması. Bazı çizgiler yalnızca kuzey yarımküredeki kara istasyonlarını ve gemi raporlarını temsil etmektedir. Bazıları küresel kara istasyonlarını temsil eder. Bazıları da küresel kara ve deniz yüzeyi sıcaklığını kullanır. Yine de görebileceğimiz gibi hepsi aynı hikâyeyi anlatmaktadır: 1850'de -0,35°C'den gü-

nümüzde +0,4°C'ye ulaşan yaklaşık +0,75°C'lik bir artış.

Grafikte görebileceğiniz üzere 1900'den sonra çizgilerin sıklaşmasının sebebi, çeşitli şebekelere gitgide daha fazla hava durumu istasyonu eklenmesiydi. Bu iyiye işaret, çünkü kesinlik payının artması için daha fazla ölçüm yapılmasını beklersiniz ve görünüşe göre çeşitli ortalamalar birbirine kıyasla değişiklik gösteriyor. Şunu da belirtmeden geçmeyeyim; küresel ısınmayla ilgili şüpheleriniz varsa küresel sıcaklık ortalamasının arttığından emin olabilirsiniz. Tüm ölçümler çeşitli zaman ve mekânlarda farklı araçlarla yapılmasına rağmen hepsi aynı sonucu veriyor: 1850'den beri yeryüzünün ortalama sıcaklığı artıyor.

Şimdi ispatlandı, değil mi? Neticede karbondioksit bir sera gazıdır. Atmosferdeki karbondioksit arttığına ve sıcaklık da yükseldiğine göre karbondioksidin sıcaklık artışına neden olduğu kesindir. Eh, pek öyle sayılmaz. Bu sadece bir tesadüf de olabilir. Ya fosil yakıtlardan gelen karbondiokside bağlı ekstra ısınma, mesela bulut örtüsü miktarının artması gibi henüz bilinmeyen başka bir soğutma süreci tarafından maskelenmişse ve tanıklık ettiğimiz sıcaklık artışı örneğin Güneş'ten gelen enerji miktarının artması gibi başka bir nedene bağlıysa? Ortaçağ Sıcak Dönemi ve Mini Buz Çağı'ndan bahsetmenin zamanı geldi.

SON BUZ FESTİVALİ

1813-14 arası İngiltere'de kış nereden bakarsanız bakın buz gibi geçiyordu. Bunu nasıl biliyoruz? Öncelikle, İngiltere dünyanın aletle ölçülmüş en uzun süreli sıcaklık kayıtlarına sahiptir; aylık ortalamaların kaydı 1659'da, günlük ortalamaların kaydı da

1772'de tutulmaya başlamıştı, yani verilere bakmamız yeterli.[6] İkincisi, Londra Thames Nehri'nde düzenlenen Buz Festivali'ne evsahipliği yapmıştı.

Orta İngiltere Sıcaklığı kaydı, bilimadamı olmaktan gurur duymanızı sağlayan en muhteşem şeylerden biridir. Köşelerini Bristol, Lancashire ve Londra'nın oluşturduğu kabaca üçgen bir bölgeyi kaplayan ve üç buçuk asır süren bu dönem, ölçüm açısından ilahi bir nitelik taşır. Napolyon, Ekim 1813'te Leipzig Muharebesi'ndeki bozgunun ardından yeniden toparlanırken, Ludlow'daki hor görülmüş küçük dükkân sahipleri termometrelerine hafifçe fiske vuruyor ve hesapladıkları ondalık sayıları yuvarlayarak, elde ettikleri ortam sıcaklığını ellerinde tüylü kalemlerle en güzel parşömen kâğıtlara kaydediyorlardı. Bu çabaları sayesinde, nispeten ılıman geçen Aralık ayının ardından 27 Aralık 1813'te sıcaklıkların donma noktasının altına indiğini ve bir ay boyunca sürdüğünü, özellikle Ocak 1814'ün ortalarında buz gibi bir haftanın yaşandığını ve sıcaklığın bir an bile -4°C'nin üstüne çıkmadığını görebiliyoruz. Ocak ayının sonunda Thames, Eski Londra Köprüsü'nün üst kısımlarına kadar donmuş, bugün Bankside adını verdiğimiz, ancak o zamanlar daha ziyade Queenhithe olarak bilinen bölgenin tamamı buzla kaplamıştı.

The Times'a göre buz "kalınlığına ve pürüzlülüğüne" bağlı olarak "eğlence için kesinlikle uygunsuz" görünmesine rağmen, bu uyarı girişimci tüccarların bira çadırları, eğlence yerleri ve hediyelik eşya tezgâhları kurmasına ve gözü pek Londralıların risk alıp ziyarete gelmesine engel olmayı başaramamıştı. Takvimler 1 Şubat'ı gösterdiğinde parti iyice hareketlenmiş, hatta buzun

6 İlginizi çekiyorsa, bunları Met Office web sitesinden de indirebilirsiniz: http://hadobs.metoffice.com/hadcet/data/download.html. Ortalama günlük sıcaklıklar "Daily HadCET 1772-2009" isimli dosyadadır. Bu dosyadaki birimler bir Santigrat derecenin 10'luk kesirleridir, dolayısıyla 30 Aralık 1813'te -32 değerini gördüğünüzde (benim gibi) hayrete kapılmayın; bu sadece -3,2°C anlamına gelmektedir.

ağırlıklarını taşıyacağından şüpheli olanları ikna etmek için koca bir fil donmuş nehrin üzerinde gezdirilmişti. Luke Clenell'in şu an British Museum'da bulunan 4 Şubat 1814 tarihli çağdaş gravüründe bahisçiler paten yaparken, gondola binerken, fırıldak çevirirken ve hoplayıp zıplarken görülüyordu; üstelik durum gittikçe endişe verici bir hal alıyordu, çünkü kayıtlara göre şenlikler ertesi güne kadar devam ediyordu ve dolayısıyla buzlar çoktan çözülmüş olabilirdi.

Thames'in South Bank'e kadar donduğu fikri günümüzde Londra'da hüküm süren uzun soluklu ılıman kışlara bakınca tuhaf görünüyor ve o zamanlar Londra Köprüsü'nün çok daha farklı bir tasarıma sahip olduğu, günümüzdeki beş ark yerine o zamanlar 19 dar arkın bulunduğu ve bunların nehrin akışını yavaşlatarak donmaya daha müsait kıldığı gerçeği de bu fikri ancak kısmen açıklıyor. Belli ki işin içinde başka bir iş var: Mini Buz Çağı.

BİR SICAK BİR SOĞUK

Doğrusu, donmuş Thames'in görüntüsü Napolyon döneminde yaşayan Londralılar'a göre hiç de ürkütücü değildi. Birkaç asırdır havalar bariz şekilde soğumuş, Norveçli göçmenler 1400'ler civarında gittikçe serinleyen Grönland'ı topluca terk etmiş ve haberlere göre 16. yüzyılın ortasında VIII. Henry buz tutmuş Thames'i Londra ile Greenwich arasında elverişli bir kestirme yol olarak kullanmıştı. 1608'den beri düzenli aralıklarla Buz Festivalleri yapılıyordu ve İngiltere'nin kayıtlara geçen en soğuk kışının yaşandığı 1683'teki[7] festivallerden birine epeyce büyük

7 CET, 17. yüzyılın ikinci yarısı için yalnızca aylık ortalamaya sahip ve aletle ölçülmeyen verileri içerdiğinden güven sınırları daha sonra gelen günlük serilerin sınırlarından daha düşük; 1683 kışının değerlerine göz atıldığında Aralık için 0,5°C; ardından

bir katılım olmuş, nehir boyunca dükkânlarla dolu bir cadde kurulmuş ve aralarında bir matbaa makinesi, kukla şovları ve bir genelevin de bulunduğu eğlence imkânları sunulmuştu.

Sıcaklık ortalaması, günümüzdeki ortalama sıcaklıklardan aşağı yukarı 10 derece daha düşük olduğu son buzul dönemi kadar soğuk değildi. Ancak şimdikinden ortalama bir derece kadar daha soğuktu. Soğumanın ne kadar küresel olduğuna dair tartışmalar dönüyordu; yalnızca kuzey yarımkürede mi görülmüştü, yoksa güney yarımküre de soğumuş muydu? Elbette buradaki sorun kısmen şu: Gezegenin her noktası için aletle ölçülen uzun vadeli bir kayda sahip değiliz, ancak örneğin Yeni Zelanda'nın Güney Alpleri'ndeki buzullardan elde edilen ikinci derece kanıta göre, soğuma makul ölçüde yaygınlaşmış ve Kuzey Avrupa'dakiler dışında çok az sayıda insanın yaşam tarzını baltalamıştır.

Gerçek ne olursa olsun -ve burada bir şey öğrendiysek, o da termometrelerin sıcaklık/soğukluk tartışmalarında gerçekten çok faydalı oluşu- Mini Buz Çağı'nın en azından kuzey yarımkürenin çoğu bölgesinde epeyce etkili olduğunu anlamak için donmuş göllerde aylak aylak dolanan tazıların çizildiği çok sayıda Bruegel tablosuna bakmanıza gerek yok. Donmuş Thames'in üzerindeki partilerden bahsedince tüm bu olup bitenlerin eğlenceli göründüğü kesin, ancak kötü hava koşulları beraberinde çaresizliği de getirmişti. Bunun tipik bir örneği, son Buz Festivali'nden iki yıl sonra yaşanan 1815-16 kışı. Thames donmamış ama geriye kalan hemen hemen her şey buz kesmişti. New England'da kar ve buz nihayet Mayıs ortasında kalkmış, ancak Haziran'da intikamını almak için geri dönmüştü. 1816 yılı "Yazsız Yıl" ya da "Bin

Ocak 1684 için -3,0°C ve Şubat 1684 için -1,0°C görülüyor. Bu durumda ortalama değer -1,2°C ve güven sınırı 0,5°C. Karşılaştırma yapmak gerekirse, geçtiğimiz 2009 yılındaki soğuk Londra kışı ortalama 3,5°C ve güven sınırı 0,1°C'ydi. Ancak siz benim dediğime bakmayın: http://hadobs.metoffice.com/hadcet/data/download.html adresindeki verilere bakıp okuldan kalma eski hesap makinenizi çıkarın.

Sekiz Yüz Ölümüne Soğuk" olarak bilinmekte olup, geniş kapsamlı hasat sıkıntıları nedeniyle Avrupa tarihindeki en korkunç kıtlıklardan biri yaşanmış, bu kıtlığa Britanya Adaları'ndaki büyük tifüs salgınları ile Akdeniz'deki hıyarcıklı veba eşlik etmişti.

Daha eski yıllara dönünce tablo bir kez daha değişiyor: Bu kez görece sıcak bir döneme geçiyoruz. Norveçliler'in 980'lerde kuzey kutbundaki buz örtüsünün geri çekilmesinden faydalanarak Grönland'ı sömürgeleştirdiğini ve 900 yılından Mini Buz Çağı'nın başlangıcına kadar beş asır boyunca havanın en az bugünkü kadar sıcak olduğunu biliyoruz. Elbette soğuk dönemler de vardı -tıpkı Mini Buz Çağı'ndaki sıcak ara dönemler gibi- ancak Kuzey Avrupa'da Ortaçağ Sıcak Dönemi olarak bilinen ara dönemin karakteristik özelliği, genel anlamda bol hasatla beslenen ve artakalan paralarını ve işgücünü inanılmaz derecede etkileyici katedraller inşa etmeye harcayan bir nüfusun büyümesiydi. Avrupa'da 900 ila 1400 yılları arasındaki çetin günlerin gezegenin tamamında olup bitenler hakkında ne derece örnek teşkil ettiği de bilinmiyor, çünkü kesin bir sıcaklık kaydı yok. Yine de, iklim bilimcilerin "proxy" adını verdiği örneğin fosilleşmiş ağaç halkaları[8] gibi güzel örneklere de sahibiz, bu örnekler tıpkı Mini Buz Çağı gibi Ortaçağ Sıcak Dönemi'nin de aşağı yukarı küresel olduğunu gösteriyor.

900 ila 1400 yılları arasında süren Ortaçağ Sıcak Dönemi'nde küresel sıcaklık ortalaması en azından günümüzdeki gibiydi ve 1400 ila 1850 yılları arasında devam eden Mini Buz Çağı'nda

8 Proxy'e göre sıcaklık ölçümü oldukça etkileyicidir. Ağaç halkalarının incelenme nedeni, yıl ne kadar sıcak geçerse büyüyen ağaç sayısının o kadar artmasıdır. Sıcaklığın bilindiği yıllarda ağaç halkalarının kalınlığını ölçerek, kayıt yapacak termometrenin bulunmadığı daha erken yıllara ait sıcaklıklar hakkında fikir edinebilirsiniz. Akıllı biriyseniz hata marjı hakkında fikir sahibi olmak için bunları başka ağaç halkaları ile ve buz örnekleri gibi başka proxy'lerle karşılaştırarak sağlama yapabilir ve doğru yolda ilerlediğinizden emin olabilirsiniz. Bunu yapmak şart değil, ancak Samuel Pepys'in günlüğünü açıp "havanın biraz serin" olduğunu okumaktan iyidir.

yaklaşık bir derece daha soğuktu. Bu ikisi arasından Mini Buz Çağı hakkında bir parça daha kesin bilgiye sahibiz, çünkü insanoğlu 1650'de termometreye aşinaydı ve gayet fiyakalı ölçümler yapıyordu. Buz örnekleri üzerinde yapılan ölçümler sayesinde bu iki evre boyunca karbondioksit düzeyinin yaklaşık milyonda 300, yani % 0,03 değerinde bir hayli sabitlendiğini biliyoruz, dolayısıyla söz konusu sıcaklık değişimlerine sera gazlarının neden olma ihtimali düşük. Öyleyse sebep neydi? Konunun özüne inme ve Yerküre ikliminin diğer iki temel tetikleyicisi hakkında konuşma zamanı geldi: Güneş lekeleri ve volkanlar.

İŞTE GÜNEŞ DOĞUYOR

Şimdi bir adım geri çekilerek resmin tamamını hatırlayalım. Güzel mavi gezegenimiz Yerküre hafifçe eliptik bir yörüngede Güneş etrafında döner. Yerküre Güneş'ten en uzak mesafede olduğunda, Güneş'e en yakın mesafede olduğu zamana kıyasla daha az Güneş enerjisi alır. Güneş'ten en uzak olduğumuz zaman kuzey yarımkürede yaz olduğundan, bu durum yazlarımızın en yakın olmamız halinde ortaya çıkacak sıcaklığa kıyasla daha soğuk geçmesine neden olur. Yerküre'nin eğimi daha az olsaydı, yazın daha da az Güneş ışını alacaktık ve yazlarımız yine daha soğuk olacaktı. Eğer yörünge şimdikinden daha eliptik olsaydı, Güneş'ten daha uzak olacaktık ve kesinlikle nahoş bir durum ortaya çıkacak, buzlanma başlayacaktı.

Hepimiz bu bağlamda içgüdüsel bir duyguya sahibiz; neticede, ateşten ne kadar uzak oturduğunuz, ne kadar ısındığınızı kesinlikle etkiler. Peki ya ateşin kendi ısısı? Bir odun daha atarsak ya da umursamayıp ateşin azalmasına izin verirsek ne olur? Başka bir deyişle, Yerküre iklimi Güneş ısısındaki değişimlerden nasıl etkilenir?

1980'lere dek Güneş tarafından yayılan toplam enerjinin sabit olduğu varsayılıyordu, ancak o tarihten bu yana enerjiyi günlük olarak ölçen uydularımız var ve bu uydular harikulade bir tablo çiziyor. Aslında ana yıldızımız yaklaşık 11 yıllık döngüler halinde fark edilmeyecek kadar az miktarda sıcak ve soğuk üflüyor, zirve-dip farkı % 0,1 civarına tekabül ediyor. Neticede, bu döngülerden üçü boyunca Güneş'in yaydığı ısıyı hassasiyetle ölçtük ve görünüşe göre son döngü diğer döngülerden daha soğuk; fark çok fazla değil ama daha soğuk olduğu kesin.[9] Daha da ilginç olanı, uydu verileri Güneş ışınları ile yüzeyindeki güneş lekesi sayısı arasında güçlü bir bağ bulunduğunu gösteriyor. Heinrich Schwabe adındaki oldukça hevesli bir amatör gökbilimcinin çabaları sayesinde elde edilen bu bilgi, Güneş'in parlaklığını 1825'e ve ötesine bakarak anlama şansımızın yüksek olduğunu gösteriyor.

GÜNEŞ LEKELERİ

Neden 1825? O yıl Heinrich Schwabe adındaki Alman eczacı piyangodan teleskop kazanmıştı. Kısa sürede yıldızları inceleme hevesi tutkuya dönüştü. Ertesi yıl Münih'teki Fraunhofer atölyesinden çok daha güçlü bir mercekli teleskop ısmarlayarak evinin çatısını gözlemevine çevirdi. Yeni bir gezegen keşfedip adını gökbilimciye çıkarabileceğine ikna olarak Güneş'in yüzeyinde kariyer yolu açacak bir şeyler görme umuduyla Güneş'i gözlemlemeye başladı.

Yerküre ile Güneş arasında iki gezegen bulunuyor: Merkür ve Venüs.[10] İkisi de Güneş'in yüzeyini teğet geçerken küçük be-

9 Aslında, % 0,02 daha soğuk. Hani bilmek istersiniz diye.

10 Venüs'ün geçişi gökbilimcilerin mutlaka görmesi gereken bir olaydır. Sonuncusu 5 Haziran 2012'de gerçekleşti ve tıpkı diğer astronomik olaylar gibi medyada

nekler şeklinde görülmektedir; Schwabe de Dessau'daki evinin çatısından buna benzer bir şey arıyor olmalıydı. Sorun şu ki, Güneş'in yüzeyi genellikle güneş lekesi adı verilen koyu renkli izlerle doludur; Schwabe, Güneş üzerinde geçici bir gölge değil de yeni bir gezegen gördüğünden emin olmak için, bu güneş lekelerinin görüntüsünü titizlikle ve detaylı olarak kaydetmeye başladı.

Tutkusu öylesine büyümüştü ki, 1829'da işyerinde harcadığı tüm zamanı gözlem yapmaya ayırabilmek için aile şirketini tamamen elden çıkardı. Gezegen kokusu almadan geçen 10 yılın ardından hevesi hâlâ körelmemişti. Tam bu noktada öylesine önemli bir keşif yaptı ki, Güneş hakkında inandığımız her şey değişti. Schwabe, Güneş lekelerinin döngüsünün tekrarlamaya başladığını keşfetmişti.

Elbette obsesiflik derecesinde titiz olduğundan aceleyle kitap basmaya kalkışmadı. Bunun yerine, teorisinin doğruluğunu kanıtlamak için bir 10 yıl daha özenle ölçüm yapmaya devam etti ve nihayet 1844'te bulgularını yayınladı. Astronomi dünyasında yer yerinden oynamıştı. Güneş artık gelişigüzel çiçek bozuklarıyla kaplı değildi; gizli mekanizmalar iş başındaydı. O dönemin gökbilimcileri kısa sürede cevabı buldu: Güneş'in ekvatoru kutuplardan daha hızlı dönüyordu. Hızlar arasındaki fark, solar manyetik alanın kademeli olarak sapmasına neden oluyordu; bu sapma maksimum düzeye erişene dek devam ediyor ve bir dizi yüzey aktivitesini tetikleyerek yoğun güneş patlamalarına, fakküllere (parlak lekeler) ve güneş lekelerine yol açıyordu. Schwabe

fırtınalar kopardı. Size bunu söylemekten nefret ediyorum ama Venüs'ün bir sonraki geçiş tarihi 2117. O zamana kadar iklim değişikliği üzerinde bir etkisi olacaksa kendimizi bunlarla oyalayabiliriz. Merkür, Güneş'e daha yakın olduğu ve Güneş'in yörüngesinde Yerküre'den çok daha hızlı döndüğü için daha çok faydası dokunur: Aslına bakarsanız, dört kat daha hızlı dönmektedir. Güneş'in yüzeyi üzerinde birkaç saatte ilerlerken minik bir benek gibi görünür ve geçişi ortalama olarak yaklaşık yedi yılda bir gerçekleşir.

bu çalışması sayesinde Kraliyet Astronomi Topluluğu tarafından prestijli altın madalya ile onurlandırıldı. Belki gezegen bulamamıştı ama bir yıldızın içinde olup bitenleri açığa çıkarmıştı.

GÜNEŞİN DE İKLİMİ VAR

Güneş lekelerini saymak, Güneş'in işlevini anlamanın yarım yamalak bir yolu gibi görünebilir, ancak uydulardan aldığımız verilerle eşleştirdiğimizde oldukça kesin bir sonuç sağladığını anlayabiliyoruz. Güneş lekelerinin ayrıntılı bir kaydını tutan ilk insan Galileo'ydu; onun gözlemlerini de dâhil edersek güneş lekelerinin sayısı hakkındaki bilgilerimizi 1610 yılına kadar dayandırabiliriz.

Grafikte görebileceğimiz gibi yatay eksenin sol ucunda 1600 yılı, sağ ucunda ise 2010 yılı bulunuyor. Dikey eksen güneş lekelerinin sayısını gösteriyor; 11 yıllık döngüye bağlı olarak artıp azalan farkı açıkça görebilirsiniz.[11] Daha da büyüleyici olanı, çok önemli iki minimumu görebiliyoruz; bu dönemlerde uzun bir süre boyunca normalden çok daha az sayıda güneş lekesine rastlanmıştı. Maunder Minimumu ve Dalton Minimumu adını verdiğimiz söz konusu dönemler, Mini Buz Çağı'nın en soğuk zamanlarında pat diye gerçekleşmektedir. Örneğin 1683'teki Buz Festivali tam Maunder Minimumu'nun ortasında başgöstermiş, 1813'teki Buz Festivali ise Dalton Minimumu'nun orta yerinde tüm heybetiyle sahneye çıkmıştı. Güneş lekesi sayısının

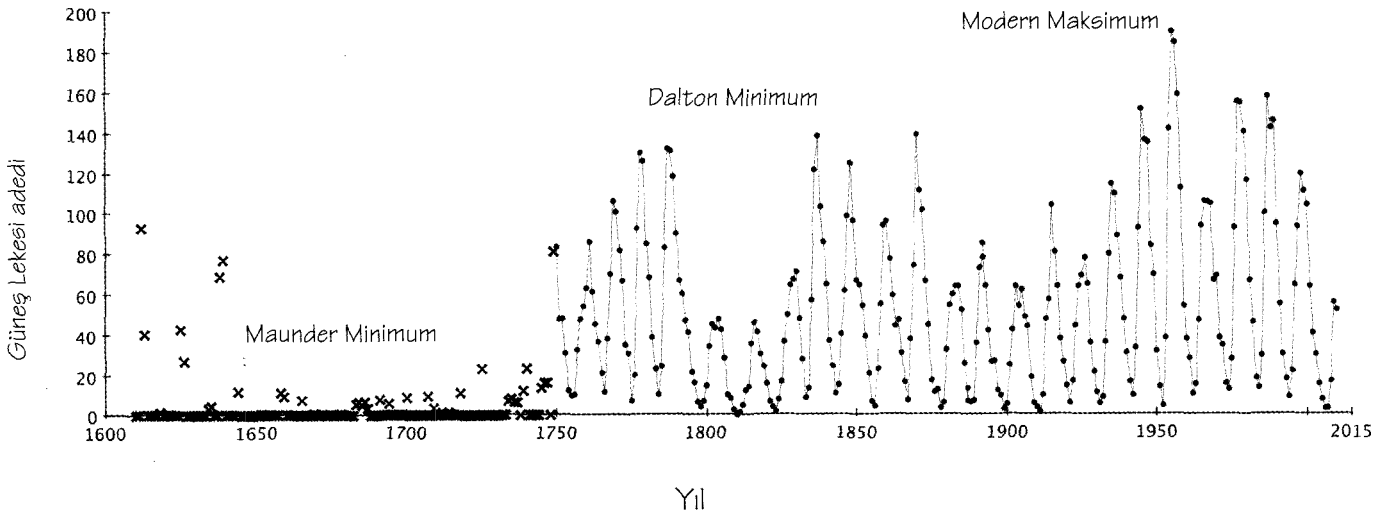
11 Schwabe'nin çağdaşı olan İsviçreli gökbilimci Rudolph Wolf, 1755-66 arasındaki döngüyle ilgili mevcut tüm verileri toplayarak buna Güneş Döngüsü 1 adını verdi. Bu veriler grafikte X'lerle işaretlenmiştir. Bu kitabı yazdığım sırada -yani 2011 kışında- Güneş Döngüsü 24'te yukarı doğru ilerliyoruz ve bu döngünün Mayıs 2013 civarında maksimuma ulaşması bekleniyor. Bu tarih yaklaştıkça uluslararası uçuşlarınızın süresi biraz daha uzayacak; bunun sebebi, uçağın kutuplarda fazladan güneş rüzgârından kaçınmak için Kuzey Kutbu üzerinde kestirme yoldan gitmeyecek olması.

20. yüzyılda 1950 civarında zirveye ulaştığını, 1970 civarında düşüşe geçtiğini ve 1980 civarında tekrar yükselişe geçerek daha düşük bir zirve noktasına ulaştığını da görebiliriz. 1980 ile 2010 yılı arasında yeniden düşüşe geçiyorlar. Bu ikiz tepelere Modern Maksimum adını veriyoruz.

Bu noktada tedbirli olmamız gerekiyor: Biz Güneş tarafından yayılan enerjiyi ölçmüyoruz; güneş lekelerini sayıyoruz. Yine de not almamız gereken bir şey var. Bu dönemde görülen güneş lekelerinin sayısı, 1980'den itibaren süregelen 30 yıl haricinde ortalama küresel sıcaklıkla eşdeğer ilerliyor. 20. yüzyıldaki sayılarına bir bakın. 1900-1950 arasında güneş lekesi sayısında genel bir artış var, o dönemdeki sıcaklık artışıyla uyuşuyor. Küresel sıcaklıklar 1950-1970 arasında biraz azalmıştı (işte bu nedenle herkes küresel soğuma konusunda paniğe kapılmıştı); güneş lekesi aktivitesinin de aynı şekilde azaldığını görebiliyoruz. Güneş aktivitesi, iklim değişikliğinin en önemli faktörü sayılmaz; birazdan göreceğimiz üzere, eşit ölçüde etkileyici başka faktörler de devrede. Fakat Güneş'in son 1.000 yılda gerçekleşen Ortaçağ Sıcak Dönemi ve Mini Buz Çağı gibi iklim olaylarında kesinlikle parmağı olmasına rağmen son 30 yıldır yaşanan ısınma için aynı şeyi söylemek mümkün değil. Bu dönem boyunca Güneş gittikçe soğudu ve soğumaya devam ediyor.[12]

12 Aslında, proxy olarak ağaç halkalarındaki radyoaktif karbondioksidi kullanmak suretiyle güneş aktivitesini 10.000 yıl öncesine döndürmek mümkün. Daha fazla güneş lekesi daha fazla güneş rüzgârı anlamına gelir ve bu da daha az kozmik ışın, yani daha az radyoaktif karbon demektir. Son 1.000 yıldır ağaç halkalarındaki radyoaktif karbon konsantrasyonlarının anomali grafiğine baktığımızda Maunder Minimumu'nu bariz bir şekilde görebiliriz. Ardından da şu ikisi geliyor: Spörer Minimumu ve Wolf Minimumu. Bu şablon, Mini Buz Çağı sırasında gerçekleştiği bilinen üç soğuk dönemin bir kopyası. Daha da geriye gittiğimizde, tam olarak Ortaçağ Sıcak Dönemi'ne karşılık gelen Ortaçağ Maksimumu'nu ve bunun öncesinde havanın büyük ihtimalle yine soğuk olduğu Oort Minimumu'nu görmek mümkün.

Güneş Lekeleri Grafiği



KÜLLÜ ÇARŞAMBA

5 Nisan 1815, Çarşamba günü Doğu Hint Adaları'ndaki Sumbawa adasında yer alan Tambora Dağı patlayarak, Hint Okyanusu'nu saran masmavi gökyüzüne devasa bir toz öbeği püskürttü. Patlamanın gürültüsü yaklaşık 1.200 kilometre ötedeki komşu Cava adasında bulunan Cakarta'ya kadar ulaşmıştı; İngiliz vali yardımcısı Sör Stamford Raffles'a göre bu gürültü "uzakta patlayan bir topun neredeyse tüm evren tarafından duyulan sesi" gibiydi. Doğa bir uyarı atışı yapmıştı. Beş gün sonra, yani 10 Nisan akşamı, Tambora muazzam yoğunlukta bir erimiş kaya seli ve devasa bir zehirli kül akıntısının iplerini saldı. Kayıtlı tarihteki en büyük volkanik patlamalardan biri başlamıştı.

Tambora Dağı'nın yüksekliği bir anda 14.100 ft'ten 9.350 ft'e düştü ve dağın yok olan yarısı küle dönüşerek milyonlarca ton sülfürdioksit gazıyla birlikte 40 kilometre kadar gökyüzüne yükseldi. Ağırlaşan parçacıklar tekrar yağmur olup yeryüzüne indiğinde adanın tamamını saran kavurucu bir toz bulutu ortaya çıkarak yaklaşık 10.000 kişiyi anında öldürdü. Gökyüzü yaklaşık 600 kilometre çapında zifiri karanlığa boğuldu, karanlık tam iki gün boyunca sürdü ve komşu adaların kıyı şeridinde yüksekliği dört metreye ulaşan bir tsunami felaketi yaşandı. Neticede, başgösteren kıtlık ve hastalıklar sonucunda Sumbawa, Lombok, Bali ve Doğu Cava'da 60.000'den fazla insanın öldüğü tahmin ediliyor.

VULCAN'IN DEMİRCİ OCAĞI

Volkanlar iklim değişikliğinin jokeridir ve iklim üzerinde büyük bir etki yaratabilirler. Özellikle, yaydıkları sülfürdioksit gazı ha-

vadaki su buharıyla tepkimeye girerek bir dizi minik sülfürik asit damlacığı, yani *aerosoller* oluşturur ve bu aerosoller atmosferin tepesinde güneş ışığını geri yansıtarak soğuma etkisi yaratır. Tambora açısından Doğu Hint Okyanusu adalarında patlak veren felaket sadece başlangıçtı; ortaya çıkan külün ve gazın soğutma etkisi, soğuyan Güneş'in de yardımıyla uzun bir süre devam etti ve dünya genelini etkisi altına alan o meşhur "Yazsız Yıl"a yol açtı.

Bu durum içgüdülerin tam tersine işliyor; çünkü havaya sıvı kaya püskürten devasa bir dağın ortamı bir nebze ısıtacağını düşünsek de aslında volkanlar ortalama küresel sıcaklıkları düşürür. 1950'lerde ve 1960'larda dünyadaki termometrelerde görülen ve herkesin yeni bir Buz Devri'nin başlayacağını düşünerek paniğe kapılmasına neden olan düşüşün bir dizi güncel volkanik faaliyetten kaynaklandığına neredeyse kesin gözüyle bakılıyor. Örneğin 1963'te Bali'de patlayan Agung Dağı, üst atmosfere bir kilometreküpten fazla kül saçmıştı. Günümüzde Endonezya'nın bulunduğu Sumatra adası topraklarında yaklaşık 77.000 yıl önce patlayan süper volkan Toba Gölü'nün çok büyük miktarda kül ve gaz yayması sebebiyle 3-5°C'lik bir küresel soğumayı tetiklediği ve o zamanlar hayatta olan pek çok insanın kökünü kazıdığı düşünülüyor.

Küresel sıcaklıklardaki mevcut artışa sebep olabilecek faktörler hakkında şüpheniz varsa -ki bence bilimin özü şüpheciliktir- havanın volkanik patlamalar olmadığı için mi ısındığını merak ediyor olabilirsiniz. Şu ilginç noktayı da belirtmek gerekiyor: Son 30 yılda çok sayıda volkanik faaliyet gerçekleşti. Geçtiğimiz yüzyılın ilk yarısı nispeten sessiz geçmiş olabilir, ancak 1950'den beri volkanik soğuma arka planda müziğe durmaksızın eşlik ediyor ve sık sık solo performans için ana sahneye çıkıyor. Agung Dağı'ndan daha önce bahsetmiştik: 1980'de St Helens Dağı bizi karşıladı, 1982'de El Chichon esip geçti, 1991'de ise Pinatubo Dağı patlayarak tam 17 milyon ton sülfürdioksit gazı püskürttü

ve bu nedenle 1992'de küresel sıcaklıklar 0,5°C düştü.

Bildiğimiz gibi gezegen bir şekilde ısınıyor, fakat nedeni büyük tanrı Vulcan'ın dikkatsizliği değil.

AH O MUHTEŞEM ADAMLAR

Artık iklim değişikliğinin kesin sonuçlarını biliyoruz. Öncelikle yakın zamanda buzullaşma tehlikesiyle karşı karşıya değiliz; ancak süper volkanik bir patlama, inanılmaz büyüklükte bir meteor darbesi ya da Kuzey Kore'de birilerinin yanlış düğmeye basarak kazayla termonükleer kıyameti başlatması gibi beklenmedik felaketlere kapımız açık. Aslında düşününce bunların hiçbiri içimizi rahatlatmaya yetmiyor ama n'apalım... İkincisi, gezegenin ortalama yüzey sıcaklığı arttı.

Bunu ifade etmek için, söze 1850'den bu yana 0,75°C'lik bir artış olduğunu söyleyerek -pek çok insanın yapacağı gibi- başladık. O yıllarda Mini Buz Çağı'ndan çıktığımızı ve bu ısınmanın bir kısmının büyük olasılıkla Güneş'ten gelen ışınımın artmasına bağlı olduğunu da artık bildiğimize göre, gelin son 30 yılda başgösteren 0,5°C civarındaki sıcaklık artışına odaklanalım. Bu süre zarfında Güneş fark edilmeyecek kadar az miktarda kararDı, volkanlar soğuma etkisi yarattı ve bol miktarda karbondioksit yükselmeye devam ediyor. İşte aradığımız suçluyu bulduk. Karbondioksit! Hadi hepimiz elektrikli arabalarımıza binip eve dönelim! Bir kez daha hatırlatmakta fayda var, henüz bu kadar kesin konuşmamız mümkün değil. Yerküre'nin sağı sollu belli olmayan meşhur hava koşullarını anlamamız gerekiyor.

15 Mart 1935'te, Wiley Post adındaki tek gözlü eski oyuncu, doğudaki Ohio eyaletinde bulunan Cleveland'e uçmak amacıy-

la California eyaletindeki Burbank'ten yola çıktı. Post, 1931'de dünya turunu yalnızca sekiz günde tamamlayarak dünya etrafında uçakla dolaşma rekorunu kırdıktan sonra, 1933'te bu rekorunu altı saat daha geliştirdi. Ancak bu kez Post'un hedefi uzaklık değil, yükseklikti.

Bindiği uçak tek motorlu bir Lockheed Vega 5-C'ydi ve basınçlı kabini bulunmuyordu, dolayısıyla Post kendine sıradışı görünümlü bir kıyafet tasarladı; kıyafetin başlığı ancak denizin derinliklerine dalmaya yarayan bir kask olarak tarif edilebilirdi. Kıyafete bir şişe sıvı oksijen bağlanmıştı; bu oksijen kıyafeti şişkin tutmanın yanı sıra Post'un nefes almasını da sağlıyordu. Yaklaşık 35.000 ft. rakımda, Post oldukça tuhaf bir şeyin farkına varmaya başladı. Uçağının maksimum hızı yalnızca 170 mph olmasına rağmen neredeyse bunun iki katı yer hızlarına ulaşabiliyordu. Yalnızca 7 saat 19 dakika sonra, yaklaşık 2.035 mil uzaklıktaki Cleveland'e iniş yaptı: Ortalama hızı 279 mph'ydi. Post, jet akımını keşfetmişti.

SEKİZ MİL YÜKSEKTE

Wiley Post gibi havacılık sektörünün öncülerinden biri olamayabilirsiniz, ancak son uluslararası uçak yolculuğunuz sayesinde atmosferin yapısı hakkında farkında olmadan pek çok bilgiye sahipsiniz. Örneğin, hava koşullarının etkisini özellikle uçuşun başlarında gösterdiğini, uçağın yükselirken sarsıldığını ve alçak heriflerin emniyet kemeri ışıklarını söndürmediğini hatırlayacaksınız. Bilimadamları bu bölgeye troposfer adını veriyor, bu isim Yunanca'da "karıştırma" anlamına gelen *tropos* sözcüğünden türemiş. Kabindeki sıcaklık klimanın ne kadar yüksek dereceye ayarlandığına bağlıdır, ancak uçağın dışında hava gitgide soğur; uçuş-

larda bagaj kısmına saklanarak sonunda donup ölen kaçak yolcularla ilgili korkunç hikâyeler duymuş olmanızın sebebi budur.

Derken, farkında olmadan bir bakarsınız ki bulutlara çıkmışsınız ve uçak dengelenmiş, esrarengiz bir şekilde sessizleşmiş. Yunanca'da "katman" anlamına gelen stratosfere ulaştığınızda, hem görsel anlamda hem de verdiği his açısından her şey tamamen değişir. Öncelikle, rüzgâr belli belirsiz esmektedir ve havada neredeyse hiç bulut yoktur; dolayısıyla pencerenizden içeri süzülen Güneş ışınları, Mart'ın ortasında kasvetli bir sabah vakti bardaktan boşanırcasına yağmur yağdığı bir günde havalansanız dahi sanki en parlak, en güneşli yaz gününü yaşıyormuşsunuz gibi hissettirir. Basınçlı hava kabinlerinin ve güçlü jet motorlarının geliştirilmesi sayesinde stratosferik uçuşun mümkün olması ile ticari hava yolculuğu yükselişe geçmiştir. Havanın güzel ve güneşli olmasının yanı sıra troposferde yolculuk yaparken hissettiğiniz rahatsız edici sendelenme hissinden de eser kalmamıştır. Stratosferde uçmak insanların kendini daha mutlu ve güvende hissetmesini sağlar ve bu durum havayolu sektörü için büyük bir avantajdır.

Uçak stratosfere ulaştığında emniyet kemeri göstergesi genellikle söner; artık uçak hiç kıpırdamamakta, her yer net bir şekilde görülmektedir ve böylece pilot gerçek anlamda mesafe almaya başlayabilir. Uzun mesafeli yolculuk yapıyor ve doğuya seyahat ediyorsanız, bu noktada pilot büyük ihtimalle rotasını jet akımına çevirecektir. Öncelikle emniyet kemeri lambasını tekrar yakar, çünkü uçak alt stratosferin nispeten sakin havası ile jet akımının yüksek hızlı rüzgârları arasındaki sınırı geçerken biraz türbülansa girebilir. Ardından uçağı birkaç yüz mil genişliğinde ve birkaç mil kalınlığındaki hızla hareket eden rüzgâr nehrine yönlendirir ve bu akımın sırtına binerek, tüm yolcuları kutsal taşıta sokmak uğruna yaşanan 45 dakikalık gecikmenin acısını çıkarabilir.

EVRENİN BAHARI

Jet akımları atmosferin en büyüleyici özelliklerinden biridir ve varlıkları Yerküre'deki hava koşullarının nasıl gerçekleştiğine dair büyük ipuçları verir. Her yarımkürede iki jet akımı bulunur: Polar jet ve subtropikal jet. İsimlerinden anlaşılacağı gibi polar jet akımları kutupların etrafını, subtropikal jet akımı da denizcilerin "at enlemleri"[13] adını verdiği, ekvatorun yaklaşık 30 derece yukarısı ve aşağısının etrafını sarar. Şaşırtıcı gelebilir ama tıpkı diğer hava durumu özellikleri gibi bunların da başlıca sebebi ekvatorun kutuplardan daha sıcak olmasıdır. Yanlış duymadınız: yağmurlar, kar yağışları, tropikal siklonlar vs... Hepsi özünde şık kıyafetlere bürünmüş soğuma süreçleridir. Isıl dengenin muhteşem dünyasına hoş geldiniz.

Isıl denge ile neyin kastedildiğini anlamak için öncelikle atmosferi bir dakikalığına unutup birlikte banyoya girelim. Diyelim ki sıcak su yok; o yüzden yeni aldığım Viktoryen tarzı, dökme demir ayaklı küvetimi soğuk suyla dolduruyorum. Maalesef su sıcaklığı 0°C'lik donma seviyesinden ancak bir tatarcığın aşık kemiği kadar daha yüksek ve haklı olarak bu suya gireceğinizi sanıyorsam bir psikoloğa görünmem gerektiğini söylüyorsunuz. Gidip 100°C'de bir çaydanlık dolusu sıcak su kaynatıyor ve kaynar suyu küvetin bir ucundan döküyorum. Şimdi ne olacak?

Doğal olarak sıcak tarafın size, soğuk tarafın da bana ait olduğunu söylüyorsunuz ve birlikte küvete giriyoruz. Suyu gizlice dalgalandırarak kendi tarafıma çekmemin de yardımıyla, küvetteki su yavaş yavaş karışmaya başlıyor ve kısa süre sonra

13 Bu aynı zamanda harika bir Doors şarkısının adıdır. Yelkenli gemiler genellikle at enlemlerinin rüzgârsız sıcağında hareket edemez ve gemideki denizciler yavaş yavaş sersemleyerek uyuşuklaşır. "At" aynı zamanda eroine verilen oldukça havalı bir isimdir. Bu bağlantıyı fark eden grubun solisti Jim şarkıda kullanmıştır.

tamamı aynı sıcaklığa ulaşıyor. Ardından banyo suyunun sıcaklığı yavaş yavaş düşüyor ve sonunda odayla aynı dereceye ulaşıyor; bu noktada gidip bir çaydanlık daha doldurmamı istiyorsunuz.

Peki, şimdi neler oluyor? Cevap termodinamiğin sıfırıncı kanunu ile ilişkili; basit olarak ifade etmem gerekirse, söz konusu kanuna göre maddeler aynı sıcaklıkta olma eğilimindedir. Banyodaki sıcak su keselerinden bir kısmının yoğunluğu daha az olabilir ve bu durumda yükselme eğilimi gösterirler, daha soğuk olan diğer keseler de batma eğilimi gösterir ve bu durum konveksiyon adı verilen bir tür karışım yaratır; ancak gizli dalgalandırmalarımın ve kasılarak titrememin neden olduğu diğer tüm girdapların ve akıntıların da etkisi vardır. Net sonuç ise suyun tamamının aynı sıcaklığa erişmesidir.

Bu durumda banyo suyunun tamamı etrafındaki odadan daha sıcaktır: Sıcak suyun yüzeyinde sıcak hava keseleri oluşur ve bu keseler odadaki hava ile temas ettiğinde yükselerek soğur; küvet de ısıyı elektromanyetik ışıma halinde yayar ve bu süreç banyo sıcaklığı ile oda sıcaklığı eşitlenene dek devam eder.

Konudan iyice saptığımı ve tüm bunların bir nebze oyalayıcı olmasına rağmen neticede hiçbir anlama gelmediğini düşünüyorsanız, atmosferde de benzer bir durum yaşandığını söyleyerek içinizi rahatlatayım. Güneş ekvatordaki karayı ve okyanusları ısıtmakla birlikte kutupları daha az ısıtır, bu da sıcaklık farkının oluşmasına neden olur ve atmosfer ile okyanuslar hava durumu aracılığıyla koşulları dengelemeye kalkışır. Bunun ne anlama geldiğini ve sonuçta jet akımı ve diğer tüm muhteşem şeylerin nasıl oluştuğunu size birazdan detaylı olarak anlatacağım, ancak öncelikle banyo suyunun ve iklimin -benzetmeden faydalanarak- tahmin edilebilirliği hakkında bir çift lafım var.

KELEBEK ETKİSİ

Bir anlığına zamanı yavaşlatabildiğinizi hayal edin ve banyo suyumuzun karışımına bakın. Tam olarak hangi girdapların suyu gizlice dalgalandırmamdan kaynaklandığını tahmin etmek ya da konveksiyon sonucunda hangi minik sıcak su kesesinin tam olarak hangi noktada yüzeye yükseleceğini kesin olarak bilmek fevkalade zor olacaktır. Uzun bir zaman diliminde olacakları harfiyen biliyoruz: Banyo suyunun tamamı aynı sıcaklığa ulaşacaktır.[14] Ancak kısa bir zaman diliminde, mesela ayak parmaklarınızın tam sıcaklığını tahmin etmek neredeyse imkânsız olacaktır.

Tıpkı küvetteki gibi, atmosferde de durum aynıdır. Ne olup bittiğini biliyoruz: Çeşitli hava sistemleri ekvatorla kutuplar arasındaki sıcaklık farkını eşitlemeye çalışıyor. Yine de kısa bir zaman diliminde nasıl gerçekleşeceğini kesin olarak tahmin etmek son derece zor. Banyo suyunu telaşla dalgalandırmak bazen yalnızca ayak parmaklarınızda minik bir etki yaratırken, bazen de en belli belirsiz el hareketleri küveti boydan boya kat eden dalgalara yol açarak suyun küvetten taşıp halıya dökülmesine sebep olur. Elbette bu durumun klasik adı "Kelebek Etkisi"dir; yani Çin'de bir kelebeğin kanat çırpışı, Charleston'da kasırga yaratabilir. Enine boyuna düşünüldüğünde günümüzde beş günlük hava durumunun önceden aşağı yukarı kesin olarak tahmin edilebilmesi olağanüstü bir başarıdır.

14 Diyelim ki onda dokuzu soğuk su ve onda biri sıcak su olsun. Soğuk su 273 K'de ve sıcak su 383 K'de olduğu için ışımadan kaynaklanan ısı kaybı olmaması koşuluyla nihai sıcaklık 283 K, yani 10°C olacaktır.

KUŞBAKIŞI MANZARA

Hadi Yerküre'deki hava durumunun nasıl işlediğine dair fikir edinebilmek için uzaydan bir bakış atalım. Öncelikle ekvatorun etrafını saran bulut kuşağını ve kutuplarda havanın açık olduğunu görürüz. At enlemlerinde de bir açık hava kuşağı vardır; hatırlayacağınız üzere burası subtropikal jet akımlarının gerçekleştiği yerdir. Şimdi kuzey yarımküreye odaklanalım; kuzey at enlemi üzerinde hayret verici bir dizi hava sistemi bulunur. Bu hava sistemlerinin hepsi, polar jet ile karşılaştıkları anda birden durur. Güney yarımküreye baktığımızda da aynı şeyi görüyoruz: At enleminin güneyindeki tüm hava sistemleri, güneydeki polar jet akımı tarafından hapsedilmiştir.

Burada neler döndüğü kolayca anlaşılıyor: Güneş ekvatordaki karayı ile denizi ısıtır ve sıcak, nemli, alçak basınçlı hava yükselerek ekvatoral bulutu oluşturur. Kutuplarda ise soğuk ve kuru hava çökerek, az yağış alan yüksek basınçlı alanı oluşturur. Bu sıcak ve soğuk hava kütlelerinin karıştığı orta enlemlerde ise kızılca kıyamet kopar. Artık gördüğümüz gibi, jet akımları bizzat alçak basınçlı sıcak tropikal havanın yüksek basınçlı soğuk polar hava ile kesiştiği yerde oluşur ve Yerküre'nin dönüşünden ötürü batıdan eser.[15]

15 "Batıdan" sözcüğü, jet akımının doğuya doğru estiği anlamına geliyor. Yerküre'nin hava durumunu bir yılda izlediğimiz olayları birkaç saniyede izleyebilecek kadar hızlandıracak olsaydık, orta enlemlerdeki çeşitli hava sistemleri bulanıklaşacak ve gezegen için ortalama sıcaklık fikri anında anlam kazanacaktı. Fakat her şeyi gerçek yaşamdaki hava sistemlerinin hızına düşürdüğünüzde sıcaklık ortalamaları hakkında tahminde bulunmak çok daha zorlaşıyor. Örneğin Londra'da karlı bir Aralık günü söz konusu 15°C'lik ortalamaya ulaşmak çok güç. Bunun sebebi elbette hava durumu ile iklim arasındaki olmazsa olmaz farklılık. Hava durumu şu an pencerenizin dışında olup bitenlerdir; iklim ise uzun vadeli ortalamasıdır.

OKYANUSTAKİ HAREKETLİLİK

Şu ana dek yalnızca atmosferden bahsetmemiz insanlık hali olsa gerek. Ne de olsa yeryüzünde yaşıyoruz, hava soluyoruz ve aniden yağmur yağarsa saçlarımızın elektriklenip elektriklenmeyeceğinden endişeleniyoruz. Ancak konu Güneş enerjisini gezegenin dört bir yanına yaymaya gelince troposfer hikâyenin yalnızca yarısını oluşturuyor.

Norveçliler ilk milenyumun sonunda, yeni eriyen Grönland'a gitmek üzere Norveç Denizi'nde yelken açtığında, denizciler okyanuslardaki sıcak ve soğuk akıntıların varlığından haberdardı. Bu akımlar, tıpkı modern havayolu pilotlarının jet akımını kullanması gibi gemilerinin hızını epeyce artırabiliyordu. Gezegenin başlıca üç okyanusu olan Büyük Okyanus, Atlantik ve Hint Okyanusları, ekvatordan kutuplara sıcak su akıntıları ve kutuplardan ekvatora soğuk su akıntıları taşır; bu akıntılar sabit bir sıcaklık sağlama gayretiyle devamlı birbirine karışır.

Elbette Hint Okyanusu aslen güney yarımküredeedir, dolayısıyla akıntılarının büyük kısmı ekvatorla Antarktika arasında gidip gelir. Atlantik Okyanusu ekvatorda küçük bir dar geçide sahiptir ve burada Güney Amerika'nın sağ sırtı Afrika'nın sol sırtıyla buluşur; bu buluşma, okyanusu bir nevi dizginlemesine rağmen her iki kutbu birbirine bağlamayı başararak büyük ölçüde karışmalarını sağlar. Ancak konu etraftaki sıcak ve soğuk suyu taşımaya ve yüzey sıcaklıklarını değiştirmeye gelince, baba rolünde tek bir okyanus vardır: Uçsuz bucaksız masmavi berrak sularıyla Büyük Okyanus.

HIRÇIN PASİFİK

Atmosfer ve okyanuslar birbirinden bağımsızmış gibi konuşuyorum, ancak tabii ki ikisi arasında kuvvetli bir bağ var ve El Niño afeti hiçbir yerde Büyük Okyanus'taki kadar etkili olmadı.[16] Güney Amerika'nın batı kıyısı, dünyadaki balıkların % 20'sinin yakalandığı en büyük deniz ekosistemine evsahipliği yapan soğuk, besin açısından zengin deniz suyunun kuzeye doğru yol aldığı meşhur Humboldt akıntısının yuvasıdır. Ancak aşağı yukarı her beş yılda bir Humboldt akıntısı Doğu Pasifik sularının ısınmasından olumsuz etkilenmekte, bu durum balıkçılık için korkunç sonuçlar doğurmakta ve hemen hemen tüm gezegenin hava durumunu etkilemektedir. Söz konusu rahatsızlık kaynağının adı El Niño'dur.

Sıcak sular genellikle kuru bir iklime sahip olan Doğu Pasifik'te yoğun yağışlara, Batı Pasifik'te kuraklığa ve dünya genelinde sıcaklıkların artmasına sebep olmaktadır; örneğin 1998'de meydana gelen büyük El Niño, 2010 (birinci) ve 2005 (ikinci) yıllarının ardından, kayıtlara geçen en sıcak üçüncü yıldır. Benzer şekilde, döngünün karşıt fazı La Niña, Batı Pasifik'in ısınmasına, Doğu Avustralya'da yüksek oranda yağışa, Güney Amerika'nın batı kıyısında kuraklığa ve dünya genelinde sıcaklıkların düşmesine neden olmaktadır.

Öyleyse, El Niño son 30 yılda gördüğümüz ısınma etkisinin nedeni olabilir mi? Cevabı büyük olasılıkla hayır.[17] El Niño içsel

16 Bu isim İspanyolca'da "oğlan çocuğu" anlamına gelir ve İsa'nın çocukluğunu simgeler; bunun sebebi, Şili ve Peru'dan gelen sıcak suların genellikle ilk olarak Noel zamanında ortaya çıkmasıdır.

17 "Kesinlikle hayır" diyemeyiz, çünkü El Niño/La Niña salınımının 10 yıllık varyasyonu hakkında kanıtlar mevcut. Diğer bir deyişle, çok sayıda El Niño'nun gerçekleştiği 10 yıllar da, çok sayıda La Niña'nın gerçekleştiği 10 yıllar da var. Aksi halde üst üste 30 El Niño yılı geçirmemiz gerekebilirdi. Elbette yeterince uzun bir zaman diliminde çok sayıda 10 yıldan örnek topladığımızda La Niña fazı kendini

bir etki, "her çıkışın bir inişi vardır" şeklinde bir salınımdır. Zamanla La Niña sayısı kadar çok El Niño gerçekleşebilir ve bu iki etki birbirini saf dışı bırakacaktır. Küresel ısınmada görülen büyük artış, sistemde enerjinin de büyük oranda artması anlamına gelir. Bu durumda geriye kalan tek adayımız bilin bakalım kim: Karbondioksit.

SİZİ BİR MODELLE TANIŞTIRAYIM

Karbondioksit büyük ihtimalle son 30 yılda gerçekleşen 0,5°C'lik ısınmaya neden olan başlıca etmendir. Hepimiz hâlâ büyük bir neşeyle bol bol fosil yakıt kullandığımıza göre bu durum gelecekte başımıza ne işler açacak? Hesaplama sistemindeki inanılmaz gelişmelerin yanı sıra gerçek iklim hakkında uydulardan ve gözlem istasyonlarından alınan hiç olmadığı kadar kesin bilgiler sayesinde, oldukça sıradışı bir şey yapabiliriz: Yerküre'nin sanal bir modelini oluşturup geriye sayabiliriz.

Öncelikle, bir bilgisayar modelini gözünüzde büyütmeye gerek yok. Bu yalnızca Yerküre iklimi hakkında bildiğimiz her şeyi bir araya toplayıp elde ettiğimiz bilgiyi gelecekte neler olup biteceğini tahmin etmeye çalışmak için kullanmanın bir yoludur. Mesela, Met Office, Birleşik İklim Modeli'ni benimser ve bu modeli İngiltere'nin hava durumu tahminini çıkarmak için kullanır. Rutland için beş günlük hava tahmini hesaplarken olabilecek tüm ayrıntıları kullanmasalar da, geleceğe dair küresel iklim 10 yıllarının simülasyonlarını yaparken kullanıyorlar.

Atmosfer ve okyanuslarda meydana gelen tüm süreçleri henüz tam olarak çözemediğimizden modeller de tamamlanmadı.

---

kanıtlayacak ve tamamen safdışı kalacaktır.

Olup bitenlerin büyük kısmını iyice kavradık; atmosferin ve okyanusların karakterini ve birbirleriyle nasıl etkileşim içinde olduklarını tanımlamak için matematikten faydalanıyoruz, ancak gerçek dünyanın diğer unsurları açısından işimiz pek kolay değil. Eminim günün birinde tek bir ağaç için denklem yazabilecek hale geleceğiz, fakat şimdilik ormanların atmosfer üzerindeki etkilerini ölçmek ve bunları modelde nasıl işleyebileceğimize dair en iyi tahminimizi yürütmek zorundayız. Modele doğrudan uygulanabileceğini düşündüğünüz diğer şeyler de fena halde karmaşık; mesela bulutlar. Öncelikle, sayılamayacak kadar farklı bulut türü var ve atmosferde bulundukları konum soğumaya mı yardımcı olacakları, yoksa ısınmayı mı başlatacakları açısından büyük fark yaratıyor.[18]

Elbette modellere ilişkin bir diğer kısıtlama da iklim hakkındaki uzun vadeli tahminlerini test etmenin hiçbir yolunun bulunmaması; haklı olup olmadıklarını görmek için ancak beklemek gerekiyor ve bu da tahmin yürütmenin doğasına aykırı. Çoğu modelin ortalama küresel sıcaklıktaki en son trendlerin mükemmel bir kopyası olduğunu bilsek de, bazılarının görevi aynen bu; çünkü en başından bu bilgiyi kullanmaya ayarlanmışlar. Tarihi iklim tahminlerini kıyaslayarak modelleri biraz daha güçlü bir teste tabi tutabiliriz; ancak geçmiş zamanın iklimi hakkında kabataslak bilgi sahibi olduğumuzdan, doğrulukları hakkında emin olmak yine zorlaşıyor. Yine de, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin son raporu için derlenen başlıca 20 iklim modelinin ortalamasından haberdar olmanızı öneririm; bu rapora göre ortalama küresel sıcaklık artışı değerleri 2100 senesinde karbon salımlarını ne kadar dizginlediğimize bağlı olarak 1,8°C

18 Stratokümülüs bulutları -hani şu alt troposferde gördüğünüz beyaz pofuduk bulutlar- gündüzleri güneş ışığını yansıtıp geceleri de yayılan ısıyı emerek net soğutma etkisi sağlar. Klasik üst troposferik bulut ise ufak bir sirüstür ve yansıttığından daha fazlasını emerek net ısıtma katkısı yapar.

ila 4,0°C arasında değişecek. Üst sınırı teşkil eden 4,0°C değeri oldukça yüksek. Bu sıcaklık birkaç asır içinde Grönland buz tabakasını rahatlıkla eriterek deniz seviyesini altı metre yükseltmeye yetecek kadar fazla; üstelik henüz Antarktika'nın erimesine gelmedik bile!

E HADİ AMA! ÖLECEK MİYİZ ÖLMEYECEK MİYİZ?

Bir noktada cevap elbette evet; arabayı şimdi çarpsak da çarpmasak da, bir sonraki buzul döneme gelip çattığımız on binlerce yıl içinde yol tıpkı bir bisiklet yoluna dönüşecek ve Güneş yaklaşık bir milyar yıl içinde genişleyerek kırmızı bir dev biçimini aldığı, okyanusları buharlaştırdığı ve gezegeni hemen hemen başlangıçtaki haline döndürdüğünde araba uçurumdan yuvarlanacak. Bu yolda ilerlerken, türümüz dünya çapındaki sıcaklıkları altüst eden bir süper volkana ya da gezegenimize muazzam bir etkiyle çarparak Yerküre'nin manyetik alanını bozacak ve bizi güneş rüzgârına karşı korunmasız bırakacak dev bir uzay kayasına rastlayarak her an korkudan aklını kaçırabilir.

Fakat küresel ısınmadan zaferle çıkarak kendimize ve türümüzün tüm öngörülebilir nesillerine güneş sistemindeki en çok arzulanan gezegende bir gelecek satın alıp alamayacağımızı soruyorsanız, cevabım "evet". Bu bölümde gördüğümüz gibi en iyi tahminle fosil yakıtlardan çıkan karbondioksit salımları gezegeni ısıtıyor ve benzer oranlarda artmaya devam ederlerse iklimi büyük ölçüde değiştirme potansiyeline sahipler. Önlem almaya ve tartışmaya devam etmemiz, iklimi tetikleyen süreçleri daha iyi anlamaya çalışmamız gerektiği ortada. Fakat Kıyamet'le karşı karşıya değiliz; en azından harekete geçmeye niyetli olduğumuz sürece...

Bilim konusunda daima şüpheci olmalıyız. Fakat bence şüpheci olmak, kanıt açısından açık fikirli ve mütevazı olmak anlamına geliyor. Bana kalırsa bu dünyanın Al Gore'ları kendinden fazla emin: Daha önce de Ortaçağ Sıcak Dönemi yaşanmıştı; günümüzdeki sıcaklık Mini Buz Çağı'nın sonundaki sıcaklıkla kıyaslanınca halihazırdaki ısınma abartılmış oluyor; ayrıca karbondioksit, kuvvetler ayrılığıyla dolu karmaşık bir sistemin parçası ve küresel iklimin "kontrol düğmesi" olma ihtimali zayıf. Öte yandan, ısınmaya neden olan karbondioksit değilse nedir? Tek nedeni karbondioksit olmayabilir, ancak karbondioksidin faydası dokunmadığı da kesin.

Artık anlamamız lazım. Telaşla yumruklarımızı sıkmaya ve karamsarlığa gerek yok. İklim değişiyor, çünkü ezelden beri değişmekte. Türümüz bu değişimin bir ürünüydü ve son buzul dönemindeki aşırı düşük sıcaklıklarda hayatta kalmaya fazlasıyla adapte olmuştu; medeniyetimiz de Holosen'in daha sıcak zamanlarında gelişmeyi başardı. Elimizde koz olarak pek çok yeni teknoloji bulunuyor; örneğin Güneş'e yakıt sağlayan süreci kullanarak bize neredeyse sınırsız ölçüde karbonsuz enerji sağlayabilecek nükleer füzyon ve fosil yakıtların atmosfere CO_2 yaymadan devamlı yanmasını sağlayacak karbon yakalama. Ve iyimserliğe yürekten inanan biri olarak, iklim hakkındaki bilgilerimiz nefes kesici bir şekilde genişlemeye devam ettiği için, eşit derecede zekice başka çözümlerin de ortaya çıkacağını düşünmeden edemiyorum. Neticede biz *Homo sapien*'leriz. Hayatta en başarılı olduğumuz konu iklim değişikliği.

BÖLÜM 8

ASTEROİDE UÇUR BENİ!

GÖKYÜZÜNDE BİR YILDIZ ADAM BEKLİYOR

Beş yaşındayken, büyüyünce ne olmak istediğimi sorsanız, hiç tereddüt etmeden "astronot" derdim. Şimdi düşününce, aynı soruyu 45 yaşına geldiğimde sorsanız da aynı cevabı veririm. Artık Ay'a hiçbir zaman ayak basamayacağım ihtimaliyle barıştım sayılır, yine de Alan Shepard'ın Apollo 14'ü yönettiği ve Ay'da golf atışları yaptığı sırada 47 yaşında olması bana hâlâ bir nebze umut veriyor. O, uzaya çıkan ilk Amerikalı ve NASA'da Başastronot iken, benim asıl deneyimim televizyonda skeç komedisi yapmak olabilir; ama hevesi de yabana atmamak lazım, değil mi?[1]

NASA'nın bu istihdam döneminde işe alınma ihtimalim ne olursa olsun, Ay seyahatleri kalbimde daima özel bir yere sahip olacak. 1966'da Neil Armstrong ve Buzz Aldrin'in ayda ilk yürü-

1 Shepard, Merkür misyonunda "Bir köpek göndermek istiyorlardı ama bunun büyük acımasızlık olacağına karar verdiler" sözüyle Uzay Programı'nın en iyi esprisinin de sahibiydi.

yüşünü izleyemeyecek kadar küçüktüm, fakat ertesi yıl Apollo 15 ekibindeki David Scott ve James Irwin'in tıpkı en sevdiğim TV programı *The Banana Splits*'teki araba gibi hoplayıp zıplayarak ilerleyişini canlı izledim. Ben ve benim gibi çocuklardan oluşan bir nesil için fen bilimlerinde okumak istememizin başlıca sebebi Ay seyahatleriydi. Büyük Hadron Çarpıştırıcısı, ölçeği ve amacı açısından nefes kesici olabilir ve Oxford'daki JET (Joint European Torus / Ortak Avrupa Torus) füzyon laboratuarının kontrol odası 22. yüzyıla ait bir uzay gemisi ile aramızdaki köprü hissini verebilir,[2] fakat çığır açan bu iki başarı bile Apollo misyonlarının kararlılığı, cesareti ve ustalığı karşısında cüce gibi kalıyor.

Şaşırtıcı gelebilir ama Ay seyahatlerinin düzmece olduğuna inanan çok sayıda eğitimli insan da var. En azından, yemekli davetlerde yanıma oturan bu tür insanların sayısına bakılırsa durum böyle. Anlayabildiğim kadarıyla, argümanları roketlerin ve uzay kıyafetlerinin sadece göz boyama olduğu, Armstrong ve Aldrin'in ay modülünden çıkış görüntüsünün bir film stüdyosunda uydurulduğu ve Rusları Ay'a seyahat yarışının bittiğine ikna etmek için bu görüntünün Yerküre'nin dört bir tarafında yayınlandığı fikrine dayanıyor.

İçimde bir şeylerin öldüğünü hissetmek pahasına da olsa

2 BBC'de yayınlanan *Horizon* adlı programımın *One Degree* bölümünün çekimleri sırasında Oxford'daki JET laboratuarını ziyaret etme şansı buldum ve bu laboratuar sayesinde geleceğe hiç olmadığı kadar yaklaştığımı hissettim. Tıpkı Güneş gibi JET de enerji yayarken helyumla hidrojeni kaynaştırıyor. Nükleer füzyonun nükleer fisyona göre başlıca iki avantajından biri içine koyduğunuz maddenin çok daha hazır bulunması -uranyumdan ziyade hidrojen- ve ikincisi, atık ürünlerin binlerce yıldan ziyade yüzlerce yıl boyunca radyoaktif olması. İnsan ırkı partiye devam etmek istiyorsa ışıkları açık tutabilecek tek faktör nükleer füzyon gibi görünüyor. Bugüne dek JET'in enerji tüketimi, füzyon tepkimeleri ile ortaya çıkan enerjiden daha fazla, ancak JET'in halefi olan ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor / Uluslararası Termonükleer Deneysel Reaktör) ürettiğinden daha az enerji kullanacak şekilde tasarlanmıştır. Tabii hemen umutlanmayın; bu reaktör 2033 yılına kadar ortaya çıkmayacak.

NASA'nın Ay'a inişlerinin aldatmaca olduğunu savunan en yaygın "kanıtı" inceleyecek ve umarım sizi böyle bir aldatmacanın kesinlikle mümkün olmadığına ikna edeceğim. Aslında bundan daha fazlasını umuyorum: Yerküre'yi terk ederek diğer dünyalara yerleşme maceramızın bu ilk hayati adımında nelerin başarıldığına dair merak duygunuzu alevlendirmek. Ve Apollo'nun Ay'a inişlerini anlamak hiç olmadığı kadar önemli; çünkü bu 10 yılda uzay seyahatinde büyük bir yükseliş gerçekleşmek üzere.[3] Richard Branson aklına eseni gerçekten yapıyorsa Virgin Galactic yakında parasını ödeyen yüzlerce müşteriyi Yerküre yüzeyinden 100 kilometre yukarıya, uzay boşluğunun eşiğine uçuracak.

Bu kitapta hep en sevdiğim bilimsel bilgiler yer alıyor; fakat sadece tek bir bölüm yazmaya iznim olsaydı, bu bölümü seçerdim. Çünkü bilimin doğası gereği, asıl gerçek, komplo teorisyenlerinin uydurabileceği her şeyden çok daha tuhaf. Ay'a gerçekten ayak bastık; üstelik bunu 17. yüzyılda ortaya konan hareket ve kütleçekim prensiplerini kullanarak gerçekleştirdik. Tuhaf görünse de bazı bilimadamları diğer gezegenlerde akıllı yaşam formları bulunduğuna gerçekten inanıyor; aslına bakarsanız, 19. yüzyılın sonlarında radyo dalgaları keşfedildiğinden bu yana uzaylılarla temasa geçmek için büyük çaba sarf ediyorlar. Evren'de tespit edilebilir yaşam barındırma ihtimali bulunan gezegenlerin sayısı için Drake Denklemi adı verilen bir denkleme göre hesaplama yapacak ve yaşamımız boyunca dünyadışı bir uygarlıkla temasa geçme ihtimalimizin ne olduğunu araştıracağız. Görüldüğü gibi geleceğimiz gerçekten de yıldızlarda yatıyor.

---

3 Çin 2020'ye kadar Ay'a iniş yapmayı planlıyor; Rusya insanlı Mars misyonu üzerinde çalışıyor ve Mars misyonunun canlandırıldığı bir simülasyonda kozmonotlara yönelik psikometrik Mars500 testini henüz tamamladı. Ayrıca NASA, Barack Obama'nın yeni hedefi olan asteroide insanlı seyahati 2025'e kadar gerçekleştirmeyi hedefliyor. Günlüğümdeki yeni tarih: 2014; bu tarihte Avrupa Uzay Ajansı'nın Rosetta uzay roketi, 67P/Churyumov-Gerasimenko kuyrukluyıldızına iniş yapacak.

SENİ GÖKLERE ÇIKARDIĞIMDA

Ay'a yolculuk öykümüzün başlangıcı ne zamana dayanıyor? Bir argümana göre Ohio eyaletindeki Dayton'da yaşayan, bisiklet imalatıyla uğraşan ve 1903'te *Wright Flyer* adlı uçakla ilk motorlu uçuşu gerçekleştiren Wright Kardeşler ile başlıyor. Bilhassa Neil Armstrong kendisini astronottan ziyade havacılığın öncü isimlerinden biri olarak görüyordu ve hatta Apollo 11'de Ay'ın yüzeyine *Wright Flyer*'ın ahşap pervanesinden bir parça götürmüştü. Tabii 1849'da ilk planörün mucidi ve modern havacılığın kurucusu olan Sör George Cayley ile daha önceki bir tarihe dayandıranlar da var.[4] Daha romantik olanlar, *Homo sapien*'lerin yaklaşık 70.000 yıl önce Afrika'dan ayrılmasını sağlayan gezgincilik ruhuna da bağlayabilir. Fakat benim için uzay yolculuğu tek bir adamla başlıyor: Yüce Sir Isaac Newton.

DEVLERİN OMUZLARI ÜZERİNDE

Yerküre, başdöndürücü şekilde hareket eden cisimlerle dolu bir keşmekeştir. Yapraklar rüzgârla savrulur, bulutlar gökyüzünde sürüklenir ve arabalar yorulmak bilmeyen insanlarla dolu yollarda böcek gibi ilerler; tüm bunlar, akla gelebilecek her yönden kör edici ışık püskürten akkor bir nükleer cehennem etrafındaki durmak nedir bilmeyen bir yörüngede bulunan ve kendi ekseni etrafında hızla dönen bir gezegende yaşanmaktadır. Her günü

4 Cayley, bir uçağa etki eden temel kuvvetleri taşıma, sürükleme, çekme ve ağırlık olarak tanımlamıştır. Sürükleme uçuş yönünün aksi istikametinde gerçekleşir; taşıma uçuş yönüne dikeydir; çekme motor yönünde gerçekleşir ve ağırlık doğrudan aşağı yönde gerçekleşir. Ay'a iniş yapan bir uzay aracı için sürükleme ve taşıma yoktur, yalnızca çekme ve ağırlık vardır.

yara bere içinde, güçlü bir kütleçekimsel alanda dimdik durmaktan yorulmuş bir halde, sökülen ayak tırnaklarımızı ve ağrıyan uzuvlarımızı sararak tamamlıyoruz. Ancak bilimin gerçek dâhilerinden biri sayesinde çarpışmalar, yörüngeler ve hareketten oluşan bu günlük rutin hepimize anlamlı geliyor.

Isaac Newton gerçekten olağanüstü bir adamdı. 1642 yılında bir Noel günü İngiltere'de doğdu. O dönemde Püriten ateşi İngiltere'yi kasıp kavuruyor ve Parlamento yanlıları ile Kraliyet yanlıları arasında bitmek bilmeyen çatışmalar hüküm sürüyordu. Newton, hayvancılıkla uğraşan ve okuma yazma bilmeyen insanların yaşadığı Lincolnshire'da orta öğrenimini tamamladıktan sonra Cambridge'deki Trinity College'da Lucasian Matematik Kürsüsü'ne yükseldi;[5] Royal Society Başkanı, Parlamento Üyesi ve Kraliyet Darphanesi Müdürü olarak görev yaptı ve ölümünün ardından Westminster Abbey'e gömüldü. Takıntılı, ketum ve duygusal açıdan soğuk olmasına rağmen öfkeli bir mizaca sahipti; yaşantısını en iyi özetleyen sözler, Alexander Pope tarafından mezartaşına yazılmıştır:

Doğa ve Doğanın yasası, karanlıkta saklıydı.
Tanrı, *Newton olsun!* dedi ve her şey aydınladı.

Newton'un başarıları, bir diğer gerçek bilim dâhisi Albert Einstein'ınkilere denktir ve hatta onları bile gölgede bıraktığı söylenebilir. Fakat Albert güleryüzlü, neredeyse bir Budist kadar sakin ve çocuksu bir özgüvene sahipken Newton'un ödülleri bambaşka bir pakette gelmişti. Babası doğumundan kısa bir süre sonra ölen ve henüz üç yaşındayken başka bir adamla evlenen annesi tarafından terk edilen yapayalnız Newton güvensizlikle doluydu, eleştirilere katlanamıyordu ve yazdıklarının

5 Bu kürsünün adı size tanıdık geliyorsa 1979-2009 seneleri arasında Stephen Hawking'e ait olmasındandır.

çok az bir kısmını yayınlamıştı. Bunun sebebi kısmen çarpık kişiliği, kısmen içindeki alışılmadık Hıristiyanlık inançlarını bastırmaya yönelik doğal istek,[6] kısmen de modern bilimcinin hermetik geleneğinden ziyade, üstadın ve büyücünün hermetik geleneğini benimsemiş olmasıydı. Aslında, Evren'in saat gibi tıkır tıkır işlediğine inanan birinin modern bakış açısına göre Newton'u bir Newtonyen olarak adlandırmak gerçekten çok güç. Çünkü Newton, keşfettiği doğa kanunlarının Tanrı tarafından yaratıldığını ve Tanrı'nın tasarımına dair eşsiz bir kanıt sunduklarını savunuyordu.

Simya alanındaki yoğun araştırmalarından ve İncil'i gizli mesajlar ve vahiyler bulmak için saatlerce incelemekten artakalan zamanında, Newton bir ışık ve optik teorisi geliştirmiş, bu sayede matematiğin en hayati araçlarından biri olan kalkülüsü yaratmıştı. Fakat son üç asırdır bilim ve mühendislik alanında gerçekleştirilen neredeyse bütün başarıların temeli Newton'un hareket ve kütleçekim yasalarıdır. Bugün söz konusu teoriler yaygın olarak kanıksandığından basit görünebilir, ancak aslında insan icadıdır. Üç basit hareket yasası ve bir kütleçekim yasası ile Newton yoğun olarak tartışılan bir mevzuyu alarak; anlayabileceğimiz, matematiksel olarak tarif edebileceğimiz ve dolayısıyla gerçek anlamda manipüle edebileceğimiz bir Evren'e taşımıştır.

---

6 Kulağa kötü bir Dan Brown romanı gibi gelse de Newton'un 325. yılında Birinci İznik Konsili'nde Ortodoks Hıristiyan Kilisesi'nden ayrılan ve Kutsal Üçlü fikrine karşı çıkarak, İsa'nın ölümlü olduğuna inanan kâfir Arian mezhebinin bir üyesi olduğu düşüncesi oldukça yaygın. Bildiğim kadarıyla doğrudan bağlantı kurulacak bir delil yok, ancak Newton'un yazılarına bakarak kesinlikle "üçleme karşıtı" olduğunu anlıyoruz. Tahmin edilebileceği gibi Newton'un Mason, Gül-Haçlı, Sion Manastırı mensubu ve Magic Circle sihirbazlar derneğinin resmi üyesi olduğuna da inanılıyor. Tamam tamam, sonuncusunu ben uydurdum.

HAREKET ETMEK İÇİN KUVVET GEREKMEZ

Newton'un üç hareket kanunundan ilki öylesine basit görünmektedir ki mürekkebe yazık diye düşünebilirsiniz; fakat bana göre bu kanun hiç değilse İngilizce yazılmış en zekice, en kapsamlı ve tek kelimeyle güzel nesirlerden biridir. Üzerinde düşündükçe etkisi artmaktadır. İşte Newton'un kısaca *Principia* olarak bilinen başyapıtı *Philosophise Naturalis Principia Mathematica*'da geçen sözleri: "Bir cisme hiçbir kuvvet etki etmiyorsa, o cisim hareket halinde ise hareketine düzgün hızla doğru boyunca devam eder, sükunet halindeyse durumunu korur."

Bunun ne anlama geldiğini biraz düşünelim. İlk bakışta, söylemek istediği tek şey bir cismin hareketini değiştirmek için onu itmeniz gerektiğidir; bu konuda hepimizin hemfikir olduğunu düşünüyorum. Ancak bundan çok daha fazlası var. Newton, düz bir doğruda sabit hızda ilerleyen hareketin kuvvet eylemi gerektirmediğini söylemektedir. Fakat bir cisim itilmeden nasıl hareket edebilir? Kulağa çılgınca geldiği kesin, ha?

Aristoteles de şüphesiz böyle düşünüyordu. Sabit bir hızda düz bir doğruda hareket eden bir cismin, onu itecek bir kuvvete ihtiyacı olduğuna inanıyordu ve neden böyle düşündüğünü anlamak çok kolay. Yerküre'de sürtünme ve hava direncine karşı çalışmaya öylesine alışkınız ki, bir cismin hareketini devam ettirmek için çaba gerektiğini düşünüyoruz; fakat aslında gerekmiyor, eğer onu durma noktasına getirecek bir şey yoksa gerekli değil. Mesela bir golf topuna vurduğunuzu düşünün. Atış aralığınızı sınırlayan iki temel etken vardır. Birincisi, top yerçekimi nedeniyle Yerküre'ye düşmeden önce sınırlı bir uçuş süresine sahiptir ve ikincisi, top golf sopanızdan ayrılır ayrılmaz hava direnci aleyhine işlemeye başlar. Üçüncüsü, golf sopası ile golf topuna vurmayı başarmam neredeyse imkânsız, ama bu konuya daha sonra değineceğim.

Halbuki Ay'ın yüzeyindeki birkaç delikle oynayacak olursanız,

Newton'un ilk kanununu yürekten sevmeye başlarsınız. Alan Shepard ilk atışını isabet ettirmişti, fakat ikincisi bir mil kadar uzağa gitmişti. Topun aleyhine işleyen hava direnci olmadığından, yatay hızı Shepard'ın golf sopasını terk ettiği hızda sabit kaldı; tam da Newton'un tahmin ettiği gibi. Atışın aralığını sınırlayan tek şey, Ay'ın yerçekimi kuvvetiydi.

Şimdi başınızın üzerinde ipe takılı bir cisim salladığınızı düşünün; belki de beş yaşındaki oğlum gibi tek parmaklı eldivenlerinizi bir parça lastiğin ucuna bağlıyorsunuz ve şeytanlık olsun diye eldivenlerden birini helikopter pervanesi gibi döndürüyorsunuz. İşte Newton'un birinci kanunundan korkutucu ve sezgilerinizi son derece yanıltacak bir gerçek geliyor. Eldivenin sabit bir hızla daire çizmesini sağlamak için, eldiveni kendinize doğru çekmeniz yeterli. Neticede, Newton'un birinci kanununa göre eldiven sürekli düz bir doğruda hareket etmeyi sürdürmek ister; aslında lastik kopsaydı, eldiven çizmekte olduğunuz daireye teğet geçerek yoldan çıkardı.[7]

Bu durum, yörüngeler hakkında büyük ipuçları verir. Yörünge, bir kütlenin diğer kütle etrafında dönmesidir -Ay'ın Yerküre etrafında dönmesi gibi- ancak Ay'ın bir parça lastikle Yerküre'ye bağlı olmadığını fark etmişsinizdir. Ay başka bir kuvvet tarafından Yerküre'nin etrafında daire çizerek çekilmektedir. Newton, nefes kesici bir buluşa imza atarak, gezegenleri yörüngesinde tutan kuvvetle elmanın ağaçtan doğruca yere düşmesini sağlayan kuvvetin aynı olduğunu fark etti. Ve bir anda içindeki şairi ortaya çıkararak buna muhteşem bir isim verdi: Yerçekimi.[8]

---

7 Tamam, pratikte eldivenin daire çizerek hareket etmesini sürdürmek için hava direncini yenmek üzere küçük bir teğetsel kuvvet uygulamanız gereklidir, bu kuvveti uygulamak için lastiği hareketsiz tutmak yerine elinizle küçük daireler çizmeniz yeterli olacaktır. Elbette cismi hareket ettirmek için ilk başta büyük bir teğetsel kuvvet uygulamanız lazım. Fakat burada kavranması gereken esas nokta şu; dairesel hareket -sürtünme kuvvetlerinin yokluğunda- başladıktan sonra onu sürdürmek için yalnızca radyal bir kuvvet gereklidir.

8 En azından tercümesi bu şekildedir. Newton Latince yazdığı için buna "gravi-

BİR CİSMİ HIZLANDIRMAK İÇİN KUVVET GEREKİR

Birazdan yerçekimini daha düzgün bir şekilde ele alacağız. Ama şimdilik Newton'un hareket kanunlarına devam edelim, çünkü uzay araçları açısından epeyce faydaları dokundu. Büyük Adam'ın ikinci hareket kanunu şu şekildedir: "Hareketin değişimi, uygulanan hareket ettirici kuvvet ile doğru orantılıdır ve kuvvetin uygulandığı düz çizginin doğrultusundadır."

Ne düşündüğünüzü biliyorum, iyi güzel de bu ne anlama geliyor? Eh, Newton'a göre hareket -ilk kanundan artık öğrendiğimiz gibi- bir kuvvet eylemi gerektirmez, fakat hareketin değişimi gerektirir. Hareketin değişiminden kasıt elbette hepimizin bildiği gibi ivmedir. Ahı gitmiş vahı kalmış Ford Kia marka arabamızın gaz pedalına bastığımızda arka tekerlekler asfaltı daha sert kavrar ve yolda daha hızlı gideriz. Ve arka tekerleklerin yoldaki kuvveti ikiye katlaması halinde, Kia'nın ivmesi de iki katına çıkar; en azından arabanın düzeneği izin verirse...

Bu kanunu matematiksel açıdan ifade etmek için bilimdeki en faydalı denklemi kullanıyoruz:

$$F = ma$$

Burada F Newton cinsinden net kuvvet, m cismin kg cinsinden kütlesi, a ise cismin m/s^2 cinsinden ivmesidir. Matematiği biraz fazla kaçırdığımı biliyorum, fakat şimdilik bu konuda endişelenmeyin; çünkü bilmeniz gereken tek önemli nokta Newton'un kütleyi tanımladığı gerçeğidir. Newton'un modelinde kütle sa-

tas" adını vermiştir. Bu arada, sırf eğlence amaçlı olarak kullandığım tercümeler, Newton'un zamanındaki yazılı İngilizce'ye en yakın bulabildiklerim. Bu tercümeler Benjamin Motte tarafından 1729'da, yani Newton'un ölümünden iki yıl, orijinal yayın tarihi olan 1687'den yaklaşık 40 yıl sonra yapılmıştır. Elbette günümüz fizikçileri kanunları modern İngilizce ile hazırlıyor ve peruk takmıyor.

bittir: Hareketlerinde değişim olmasına karşı direnen tüm cisimlerin değişmez bir özelliği. Kütleniz ne kadar artarsa, hızlanmanız o kadar zorlaşır; itfaiyeci kaldırışını deneyen herkes bunu bilir. Hepimizin daha annemizin sütünü emerken öğrendiği bilgiler var ve dünyaya bakış açımızı şekillendiren böylesine temel bilgilerin bir zamanlar insan fikri olarak ortaya çıktığını düşünmek gerçekten inanılmaz.

İlginç olanı, Newton'un bu konuda yanıldığının anlaşılması; fakat bu yanılgı Yerküre'de karşımıza çıkan kütleler ve hızlara ilişkin öylesine ufak bir hataydı ki, 20. yüzyılda Einstein çıkıp gelene kadar hiç kimse tarafından fark edilmemişti. Einstein'ın gösterdiği gibi bir cismin kütlesi aslında sabit değildir. Şu denkleme göre hareket ettiği hıza bağlıdır:

$$m = m_0 \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

Cismin hızı v'nin ışık hızını temsil eden c'den daha az olduğu düşük hızlarda, cismin kütlesi m durağan kütlesi m_0'a büyük ölçüde eşittir. Hızı ışık hızına yaklaştığında kütlesi sonsuzluğa yaklaşır. Bu bilgi uzaylılarla tanışma ihtimalimize dair ciddi ipuçları vermektedir, çünkü hiçbir şeyin ışıktan daha hızlı hareket edemediği anlamına gelir.

KUVVETLER DAİMA ÇİFTLER HALİNDE GELİR

Newton'un ilk kanunu bize kendi haline bırakılan bir cismin ya durağan şekilde kaldığını ya da düz bir doğruda sabit hızda hareket ettiğini söyler. İkinci kanun, cismi hızlandırmak için itmemiz gerektiğini belirtir. Üçüncü kanun ise bir cismi itmeye kalktığı-

mızda onun da bizi iteceğini belirtir; ya da Newton'un sözleriyle "Her etkiye karşılık eşit ve zıt bir tepki vardır: Yani iki cismin aynı anda birbirine uyguladığı kuvvet daima eşittir ve zıt yönlüdür."

Diğer bir deyişle, tekil kuvvet diye bir şey yoktur; kuvvetler bir cismin başka bir cisimle etkileşime girmesi halinde ortaya çıkar. Sokaktaki lamba direğine toslarsanız yüzünüze okkalı bir darbe alırsınız, bu sırada lamba direği de eşit ölçüde darbe almış olur. Gördüğünüz gibi günümüzde insanlı uzay yolculuğunun anahtarı bu kanunun ellerindedir. Fakat Yerküre'den Ay'a seyahat etmek için elbette yerçekimini anlamamız gerekiyor. Bir kez daha belirtmek gerekirse kullandığımız teori Isaac Newton'a aittir ve 17. yüzyılın derinliklerinde formüle dökülmüştür.

CİSİMLER BİRBİRİNİ ÇEKER

"... tüm cisimlere etki eden bir yerçekimi kuvveti vardır ve cisimlerin içerdiği madde miktarıyla orantılıdır ... yerçekimi kuvveti ... konumların gezegen merkezine uzaklığının karesi ile ters orantılıdır."

Newton *Principia*'da bu konudan da bahsetmektedir ve tam olarak neyi kastettiğini anlamak için kısa bir süre ayırmaya değer. Aslında olup biteni görmek açısından en kolay yol, bu kanunu matematiksel olarak açıklamak:[9]

$$F = \frac{GMm}{d^2}$$

9 Cebirle son randevunuzun üzerinden zaman geçmiş olabilir, o yüzden hemen bir hatırlatmada bulunayım: *GMm*, *m* ile çarpılan *M*'nin *G* ile çarpılması anlamına gelir. Bu denkleme göre kütleçekim kuvveti (*F*), ilk cismin kütlesi (*M*) ile çarpılan sabit sayıya (*G*) eşittir; *M* de ikinci cismin kütlesi (*m*) ile çarpılmıştır ve ortaya çıkan sayı bu iki cisim arasındaki mesafenin (*d*) karesine bölünür. "Çarpma işaretlerine ne oldu?" diye sorabilirsiniz. Biz çarpma işaretini cebirde sık kullanılan başka bir harfe, yani *x*'e benzediği için pek tercih etmeyiz.

Bu denklemde, F iki kütleli cisim olan M ve m arasındaki kuvvettir ve bir mesafeye, yani d'ye bölünmüştür. Şimdilik G'yi boşverin; bu yalnızca bir sabit sayıdır.[10] Burada anlaşılması gereken nokta, iki cisim arasındaki kütleçekim kuvvetinin gücünün cisimlerin kütleleri ile arttığı ve aralarındaki mesafenin karesiyle azaldığıdır.

Bu kütleçekim kuvvetinden faydalanan Newton, Güneş gibi büyük bir cisim etrafında dönen gezegen gibi küçük bir cismin yörüngesinin elips olduğunu göstermeyi başarmıştı. Bunun yanı sıra bir gezegenin hareket ettiği hızın, yönün ve Güneş'le arasındaki mesafenin bilinmesi halinde, yörüngesinin şeklini tam olarak hesaplayabiliyor ve gezegenin harfiyen nerede olacağını, ayrıca hangi hızda ve yönde hareket edeceğini de istediği zaman kestirebiliyordu. Tahmin edebileceğiniz gibi tüm bunlar Ay'a yolculuk için uzay aracı gönderirken son derece işimize yarıyor.

GERÇEKTEN ROKET BİLİMİ KADAR ZOR DEĞİL

Bunu öğrenince hayalkırıklığına uğrayabilirsiniz ama roketin çalışma şekli aslında oldukça basittir. Uzaya çıkarmak istediğiniz şeylerden, örneğin astronotlar, araç gereçler ve milli bayraklardan oluşan bir taşıma yükü ve onları yukarı ulaştıran bir motor var. Roket motoru aslında nozullu bir odadan oluşuyor. Yakıt bu odada ateşleniyor ve nozuldan dışarı sıcak gaz ateşliyor. Newton'un üçüncü kanundan bildiğimiz gibi motor bir sıcak gaz kitlesine kuvvet uygularsa, sıcak gaz da motora kuvvet uygular.

10 G aslen çok küçük bir sayıdır: $6{,}67 \times 10^{-11}$ $m^3kg^{-1}s^2$ (yaklaşık olarak $m^3kg^{-1}s^2$'nin milyarda birinin onda biri); çünkü yerçekimi aşırı derecede zayıf bir kuvvettir. Yerküre yüzeyindeki gibi nispeten büyük bir kütleçekim kuvveti oluşturmak için çok fazla madde gereklidir.

Ve Newton'un ikinci kanunundan bildiğimiz üzere sıcak gazdan gelen kuvvet roketin ağırlığından fazla olduğunda, roket ivme kazanmaya başlar ve ateşlenerek fırlatma üssünden ayrılır. Yörüngeye girdiğinde Newton'un kütleçekim yasasından bildiğimiz üzere hiçbir çaba harcamadan yörüngede kalarak elips şeklindeki yolu izler. Ve Newton'un birinci kanununa göre başka bir kütleçekimsel alanın yokluğunda, Yerküre'nin kütleçekimsel alanından kaçan uzay gemileri sabit bir hızda yavaş yavaş uzaya girer.

Başka ne öğrenebiliriz? Yakıt, örneğin Uzay Mekiği'ndeki iki devasa yakıt iticiye güç besleyen amonyum perklorat kompozit itici yakıt (APCP) gibi katı ya da sıvı oksijenle karıştırılmış kerosen gibi sıvı olabilir. Sıvı roket yakıtı kullanan iticiler genellikle daha güvenlidir, çünkü bir tuhaflık halinde devre dışı bırakılabilirler; ancak katı roket yakıtını ateşlediğinizde geri dönüşü yoktur.[11]

Unutulmaması gereken bir diğer nokta da hava giriş tertibatının yakıtı tutuşturmak için atmosferden bolca oksijen beslediği jet motorunun aksine, roket motorlarının kendi oksijenini beraberinde getirmesidir. Katı yakıt açısından oksijen örneğin APCP durumunda amonyum perklorat ya da barut durumunda nitrat gibi katı bir kimyasal tarafından sağlanır. Sıvı yakıt açısından, yakıt bir tankta tutulurken sıvı oksijen diğer tankta tutulur ve bir pompalama sistemi her ikisini birden ateşleme odasına atar; yakıt ve oksijen bu odada tutuşturulabilir. Her iki şekilde de roket atmosferden ayrıldığında bile yakıt yakmaya devam edebilir.[12]

Biraz da roket yörüngelerinden bahsedelim. Pek çok insanın yanıldığı ilk nokta, Yerküre'den Ay'a kadar tüm yol boyunca ya-

11 "Roket" adı verilen havai fişek, barut biçiminde katı roket yakıtıyla dolu minik bir roket motorudur ve hepimizin bildiği gibi mavi tutuşturma kâğıdını yaktığınızda ya çalışır ya da çalışmaz. Sizi çok sayıda insan izliyorsa genellikle çalışmaz.

12 Apollo misyonları açısından Saturn V roketinin son iki kademesinde sıvı hidrojen ve oksijen yakılmıştı ve ateşleme süreci astronotlara içme suyu bile sağlamıştı. İşte Ay'a asla gitmemek için bir neden daha: Gazlı suya katlanamıyorum.

kıt yakmak gerektiğini düşünmektir, ancak elbette buna ihtiyaç yoktur. Yerküre'nin kütleçekimsel alanında bir nevi otostop çekerek yakıtınızın büyük bir kısmını Alçak Yerküre Yörüngesi'ne (LEO) girmek için yakarsınız. Buraya ulaştığınızda, sistemlerinizi gözden geçirerek Ay'a transfer fırsatını beklemeye koyulursunuz. Ardından kısa bir süreliğine yakıt harcayarak bir ucunda Yerküre'nin ve diğer ucunda Ay'ın bulunduğu büyük bir eliptik yörüngeye girersiniz; Apollo misyonlarında bu işlem TLI (Translunar Enjeksiyon / Trans-Lunar Injection) olarak biliniyordu. Ay'a ulaştığınızda dairesel bir park yörüngesine inmek için tekrar kısa süreliğine yakıt harcayarak ayın yüzeyine küçük bir araç indirebilirsiniz.

Herkes yeniden sağ salim gemiye döndükten sonra yeniden ateşleme yaparak başka bir büyük eliptik yörüngeye girersiniz ve bu yörünge sizi Yerküre atmosferinin eşiğine kadar götürür; yaklaşma açısını yeterince yüzeysel bir şekilde alırsanız atmosferden sıçrayarak tekrar uzaya fırlamazsınız. Ardından cup diye denize düşersiniz.[13]

İşte bu kadar. Artık Apollo misyonları hakkındaki bilimsel bilgilerin hemen hemen hepsini biliyorsunuz. Elbette işin bahsetmediğim incelikleri de var: Örneğin ne Yerküre ne de Ay kusursuz bir küre şeklinde değildir, ayrıca Güneş'in kütleçekim kuvvetinin de hesaba katılması lazım; dolayısıyla her şeyin düzgün gitmesini sağlamak için hesaplamalarınızda birkaç ince ayar yapmalısınız.[14] Yine de, Newton'un üç hareket kanunu ve yerçekimi kanunu, önemli olan hemen hemen her şeyi hesaplamak

13 Yörüngeyi değiştiren başlıca ateşlemelerin yanı sıra roketin kademelerini ayırmak, yeni bir kademeye geçmeden önce tanklardaki yakıtı dengelemek ve gökcisimlerinin arasında geçiş yaparken hedeften sapmamak gibi ek işlemler için küçük ateşlemeler de gerçekleşir.

14 Sırası gelmişken asteroide iniş yapmanın en büyük zorluklarından biri asteroidin düzenli bir kütleçekimsel alanı olmamasıdır, bu da söz konusu NASA misyonunu böylesine heyecanlı kılan unsurlardan biridir.

için kullandığımız matematik araçlarıdır: Kalkış için gereken kuvvet nedir, ne kadar yakıt gereklidir, roket nereden fırlatılmalıdır, Ay'da tam olarak nereye inecektir ve kapsül yeniden Yerküre atmosferine giriş yaptığında nereye inecektir...

Pekala. Dizginleri elinize aldığınıza göre, artık insanoğlunun ürettiği en muazzam roketle tanışma şansına sahipsiniz: Saturn V.

ROKET ADAM

Bir aksilik çıkmazsa, Ay'a düzenli seyahatler için ilk tercihiniz muhtemelen roket olmayacaktır. Daha sürdürülebilir bir plan, örneğin Alçak Yerküre Yörüngesi'ne park eden ve diğer servis araçlarının fırlatma üssü olarak görev yapan büyük bir uzay istasyonunda yatıyor olabilir. 1960'larda Ay'a ayak basma yarışı kıyasıya sürerken elbette büyük uzay istasyonlarımız ya da bunları inşa etmek için gereken teknolojimiz yoktu. Sadece roketlerimiz vardı.

Daha doğrusu füzelerimiz diyelim. Ne kadar süslerseniz süsleyin, Sovyet ve Amerikan uzay programları temelde II. Dünya Savaşı'nda Naziler tarafından geliştirilen etkileyici V2 roketini esas alan balistik füzelerin kullanılmasını ve füzenin ağzına bomba tıkmak yerine bir-iki astronot yerleştirilmesini içeriyordu. 1945 baharında Almanya'nın çöküşü hem Sovyetleri hem de Amerikalılar'ı V2'ye ilk ulaşacak ülke olma yolunda çaresiz bir yarışa soktu; Sovyetlerin roketleri vardı ama Amerikalılar V2'nin tasarımcısı Werner von Braun'la anlaşmıştı.

Neyse ki Rusların da kendi usta tasarımcısı vardı: Meşhur Sergey Korolyov. Geliştirilen V2'den elde edilen bilgilerle, Korolyov ilk kademeli roket olan R-7'yi inşa etti ve 4 Ekim 1957'de bu roketle Sputnik uydusunu yörüngeye oturtarak Uzay Yarışı'nı

başlatacak silahı ateşledi. R-7'nin iki kademesi vardı ve her ikisi de kerosen ve sıvı oksijen yakıyordu: Kademelendirme roket tasarımında hayati bir icattır, bunun sebeplerinden biri gereksiz kütleyi boşaltabileceğiniz ve bir diğeri de sonraki kademelerde yakıt pompalama sisteminin atmosfer basıncı altında değil de, uzay vakumunda çalışmak üzere tasarlanmış olabileceği anlamına gelmektedir.

Amerikalılar, Sputnik'e NASA'yı (National Aeronautics and Space Administration / Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi) kurarak ve von Braun'u R-7 ile rekabet edebilecek bir roket tasarlama görevinin başına getirerek karşılık verdi. İcat ettiği roket ailesi topluca Saturn olarak biliniyordu; bizi Ay'a götüren roket Saturn V'ti. Ne roketlerdi ama...

Kesin veriler ve rakamları ortaya sürmekten hoşlanmam, fakat Saturn V karşısında şöyle bir durup düşünmek lazım. Fırlatma üssündeki ağırlığı 3.000 metrik tondu ve bunun büyük kısmı yakıttan oluşuyordu. Üç aşamasından ilki, kerosen ve sıvı oksijen yakan beş devasa F-1 motorundan yapılmıştı ve roket, fırlatıldıktan iki dakika sonra gökyüzünde yaklaşık 40 mile ulaşmıştı. Beş J-2 motoruyla donatılan ikinci aşama, yaklaşık altı dakika boyunca sıvı hidrojen ve oksijen yakmış ve roketi Yerküre'den 120 mil kadar yukarıya çıkarmıştı. Hidrojen ve oksijen yakan tek bir J-2 motorundan oluşan üçüncü kademe, yaklaşık iki dakika yanarak Saturn V'i dairesel bir Alçak Yerküre Yörüngesi'ne sokmuş, ardından herkes nefeslerini tutarken durmuş ve nihayet hemen hemen beş dakika sonra tekrar ateşlenerek Ay'a gidişi başlatmıştı.

Peki ya Ruslar? Maalesef, Korolyov'un Saturn V'e yanıt olarak tasarladığı N-1, test aşamasını hiçbir zaman geçemedi. Korolyov'un 1966'da ölmesi bu başarısızlığa katkıda bulunan faktörlerden biriydi, tabii bir de tasarladığı roketin karmaşıklığı vardı. Saturn V'ten yalnızca birkaç metre kısa olan N-1 de

üç kademeden oluşuyordu ve ilk kademesinde en az 30 motor bulunuyordu. Test amaçlı dört fırlatma da başarısızlıkla sonuçlandı ve Amerikalılar Temmuz 1969'dan bu yana iniş üstüne iniş gerçekleştirirken, Ruslar Uzay Yarışı'nı bıraktı.

AVRUPA'NIN KARANLIK ÇAĞLARI, 1972-2008

Pekala, öncelikle şunu bir açıklığa kavuşturalım. Amerikalılar Ay'a gitti. Ay'a inişlerin ihtişamı, tek başına yola çıkan astronotların Alçak Yerküre Yörüngesi'ne iyice alıştığı Mercury programı ile başlayan, ardından uzay boşluğunda mevzilenmeye odaklanan ve Mercury programıyla birleştirilen Gemini programı ile devam eden ve nihayet Apollo programı tarafından gerçekleştirilen ve hayati önem taşıyan Ay'a roket fırlatma macerasına odaklanan ortak bir çabanın parçasıydı. Apollo programı kapsamında, öncelikle Apollo 8 Ay'ın yerçekimini bir sapan gibi kullanarak Ay'ın yanından geçip gitmiş, nihayet Temmuz 1969'da Apollo 11 ile ilk araç Ay'a inmeyi başarmıştı. Ay'a düzenlenen altı inişin ardından, Amerikalılar Yerküre'ye TV yayını yapmış, fotoğraflar çekmiş, kayalar toplamış ve hatta reflektörler kurmuştu; bu reflektörlere halen Yerküre'yle aralarındaki mesafeyi ölçmek için lazer ışını yöneltiyoruz.

Temel teknoloji açısından bu durum gördüğümüz gibi von Braun'un V2 roketini icat ettiği II. Dünya Savaşı'ndan beri sürüyordu. Elbette mühendislik anlamında bazı zorluklar vardı; Satürn V'i ölçeklendirmek de, kumanda ve ay modüllerini ve navigasyon sistemini tasarlamak da kolay değildi. Fakat ABD'nin Ay'a iniş yapmasına ilişkin esrarengiz sırlar ya da Rusya'nın başarısız olmasına ilişkin karmaşık sebepler yok; basit gerçek şu ki, Amerikalılar tam anlamıyla büyük ve çalışır durumda bir roket

yapmayı başarmış, Ruslar ise başaramamıştı.

Yine de insanoğlunun Ay'a ayak basmadığına dair efsane sürüyor. Neden? Bunun nedenlerinden biri, Apollo 17'nin ardından yeni bir Ay seyahati yapmamış olmamız. Bir süre sonra her şey biraz daha soyut, biraz daha gerçekdışı gelmeye başladı. Bir diğer nedeni de Watergate skandalı. Bu skandal, Ay'a inişlerin hemen ardından sıcağı sıcağına patlamış ve pek çok geçit töreninde konfeti yağmurları eşliğinde astronotların elini sıkan başkan da bizzat skandala karışmıştı. Bu nedenle halkın Amerikan hükümetine ve NASA gibi kurumlarına güvenini haklı çıkarmak için pek faydası olmadı. Diğer bir neden ise CGI, yani bilgisayarda oluşturulmuş görüntüler. 1969'da televizyonda canlı yayını izleyenler ne görüyorsa ona inanıyordu; oysaki bugün seyirciler görüntülerin üzerinde istenildiği gibi oynanabilecek bir dizi sayıdan oluştuğu fikrine alışkın.

Tabii bir de bilimin kendi doğası var. Bilim genellikle hakem denetimi sistemiyle işler. Makaleniz tanınmış bir dergide yayınlanmadan önce uzman heyeti tarafından detaylı olarak incelenerek kabul edilir, düzeltilir ya da reddedilir. Yayınlandıktan sonra bu makaleye karşı çıkan, hakem denetiminden geçmiş yeni bir kanıt sunulana dek geçerli kalır. Vaziyetinizi tartışmanın, halkla ilişkiler kampanyası başlatmanın ya da sizinle aynı fikirde olmayanların gerekçelerine çamur atmak lüzumsuzdur. Beşeri bilimlerin aksine, fen biliminde tartışma ve aksini ispat etme kültürüne yer yoktur. Mesela 1931'de Almanya'da izafiyet teorisini eleştiren "Einstein'a Karşı Yüz Yazar" isimli bir kitapçık yayınlanmıştı. Einstein konuya o ünlü cevabıyla karşılık verdi: "İzafiyet teorisini geçersiz kılmak için yüz yazarın sözüne değil, tek bir gerçeğe ihtiyaç var."

Profesyonel bilimadamlarının çoğu için Apollo misyonlarının aldatmaca olduğu fikri gerçeklerle öylesine örtüşmüyor ki ciddiye bile almıyorlar. Böylesine kanıtlarla çelişen bir argüman hak-

kında yorum yapmak bile mantıksız geliyor, tıpkı Fransızca'nın var olmadığı konusunu Fransızca konuşarak tartışmak gibi. Neyse ki burada size aracılık edeceğim ve seviyemi düşürüp hayır diyenlerle kapışmaya dünden razıyım. O yüzden izninizle bu barış ortamını kısa bir süreliğine bozmak ve komplo teorisyenlerinin ortak argümanlarından bazılarını kısaca yanıtlamak istiyorum; ardından "dışarıda bir yerlerde" keşfedilmeyi bekleyen ihtimaller ve yolculuğun bir sonraki ayağının ne olacağı hakkında tek kelimeyle nefes kesici gerçekleri açıklamaya başlayacağım.

Ay'a ilk ayak basan insan Neil Armstrong ise kamerayı kim tutuyordu?

Hiç kimse. Kartal'ın dışına monte edilmiş bir kamera vardı. Size bir soru yönelteyim: NASA tüm Ay inişlerini uyduracak kadar kurnazsa, Neil Armstrong'un ay modülünden inişini filme çekmek için set ekibi yerleştirme hatasını yapmış olabilir mi? Bu hata, görüntüleri çektiği düşünülen Stanley Kubrick'in aklına gelmez miydi?

Astronotlar Van Allen radyasyon kuşaklarını geçerken kesinlikle hayatta kalmış olamaz.

Şimdi size bilimle alakalı ilginç bir şeyden bahsedeceğim. Van Allen radyasyon kuşağı Yerküre'nin manyetik ekseninin etrafını saran ve yüklü parçacıklardan oluşan donut şeklinde bir buluttur. Bu kuşak ilk kez 1958 yılında, ilk Amerikan uydusu Explorer 1 tarafından keşfedildi. Güneş rüzgârından ve kozmik ışınlardan gelen yüksek enerjili proton ve nötronların Yerküre'nin manyetik alanında sıkışıp kalmasıyla oluştu. Amerikalı fizikçi James Van Allen tarafından tasarlanan ekipmanla tespit edildiği için onun adını aldı. Acayip etkilerinden birini söyleyince size daha tanıdık gelebilir; bazen Yerküre'nin manyetik alanında karışıklıklar meydana gelir ve yüklü parçacıklar kuşaktan dışarı fırlayarak ku-

tuplara doğru savrulur. Bu parçacıklar üst atmosfere çarptığında gaz molekülleri çıkarır; bu gaz molekülleri floresan ışığı yayarak Kuzey ve Güney Işıkları'nın oluşmasına sebep olur. NASA'dakiler Van Allen radyasyon kuşaklarından haberdardı, çünkü bizzat kendileri keşfetmişti. Sonuç olarak, Apollo mekiğini Ay'ın yörüngesine yerleştiren TLI ateşlemesinin açısı, Van Allen radyasyon kuşağını tam ortasından yarıp geçmek yerine, kuşağın tepesini sıyıracak şekilde ayarlanmıştı ve dönüş yolculuğu da kuşağın alt kısmını sıyırıp geçiyordu. Apollo astronotlarından birkaçı kuşaklardan geçtikleri sırada gözlerinin ani bir ışığa maruz kaldığını hissetmişti. Ekibin maruz kaldığı radyasyon dozu devamlı gözlemleniyordu ve neticede toplam miktar radyasyon hastalığına göre 100 kat daha azdı.

Astronotların fotoğraflarında yıldızlar görünmüyor.
Bunun sebebi inişlerin Ay'da gündüz vakti, Güneş parlarken gerçekleştirilmiş olmasıdır. Fotoğrafların ışığı Ay'a yansıyan Güneş ışığına göre ayarlanmıştı, çok daha sönük olan yıldızlara göre değil. Ayrıca, eğer bir Uzay Ajansı Ay'a inmiş gibi yaptıysa yıldızları koymayı unutmak biraz acemilik olurdu.

Bazı video görüntülerinde bayrağın dalgalandığı görülüyor, fakat Ay'da rüzgâr yoktur.
Bu konuda şüpheye kesinlikle yer yok, çünkü artık Newton'un birinci kanununa göre cisimlerin bir kuvvet tarafından rahatsız edilmediği sürece sabit bir hızda sessizce işiyle gücüyle uğraşmayı sevdiğini biliyoruz. Bayrağın hareketini azaltacak bir atmosfer olmadığından zemine çakıldıktan sonra da hareket etmeye devam etti.

Ay'daki kayaları NASA yaptı.
İşte şimdi saçmalıyorsunuz...

YAKIN TEMASLAR

Temmuz 1969'da ilk defa ana gezegenimizden çıkıp en yakın komşumuz olan Ay'da keşfe koyulduk. Kısa süre içinde göreceğimiz gibi gelecek yıllarda bizi yeni maceralar bekliyor; öncelikle Ay'ı tekrar ziyaret edecek, ardından belki bir asteroide uğrayacak, sonra da hiç kuşkusuz Mars'a ve ötesine seyahat edeceğiz. Peki bizi neler bekliyor? Güneş sistemindeki diğer gezegenlerde hayat var mı? Galakside başka uygarlıklar da bulunuyor mu? Ya gözlemlenebilir Evren'in dışında bir yerlerde, yaklaşık 93 milyar ışık yılı uzaklıktaki karanlık kürede neler olup bitiyor?[15]

Gelin dürüst olalım: Güneş sistemini ve ötesini keşfetmek için risk alıp Yerküre'nin yörüngesinden dışarı çıktığımızda neyle karşılaşacağımızı merak ederken Yerküre'ye dönüşte ne tür kayalar getirebileceğimizi düşünüp durmuyoruz. Tıpkı *Uzay Yolu*'ndaki gibi bir yıldız sisteminden diğerine sakin sakin yolculuk ettiğimiz, daracık kısa uzay kostümleri giymiş, garip bir şekilde insana benzeyen uzaylılara akıl dağıttığımız bir manzaranın hayalini kuruyoruz. Fakat uzaylıların varlığına ilişkin hangi kanıtlara sahibiz? Peki, uzaylılar neye benziyor? Klingon'lara mı? Borg'lara mı? İtalyan fizikçi Enrico Fermi tarafından yöneltilen, bilim dünyasının en ilgi çekici sorularından birini sormanın zamanı geldi: Herkes nerede?

15 Evren yalnızca 13,7 milyar yaşında (yalnızca!) olmasına rağmen genişlemeyi sürdürdüğü için en kenarı yaklaşık 47 milyar ışık yılı uzaklıkta bulunuyor. Bu satırları kaleme aldığım sırada Evren'de görülen en yaşlı cisim, Hubble Uzay Teleskobu tarafından bulunan ve adını muhtemelen birilerinin en sevdiği barkoddan alan UDFy-38135539 galaksisidir. Işığının bize ulaşması 13,1 milyar yıl sürmektedir, fakat galaksinin kendisi şu an yaklaşık 30 milyar ışık yılı uzaktadır.

EKMEK KIRINTILARINDAN YAPILAN EV

Bu sabah oğlumu arabayla okula götürürken en sevdiğim DJ'lerden biri olan yüce Christian O'Connell, İngiliz radyo istasyonu Absolute FM'deki sabah programında nutuk çekiyordu. Bir dinleyiciyi evindeki bozuk çatı katı penceresini tamir etmesi için ikna etmeye çalıştıktan ve kadınların neden ojelerini buzdolabında sakladığını uzun uzadıya irdeledikten sonra öyle bir soru sordu ki içimdeki fizikçiyi gagasından yakalayıverdi. Bir ev inşa etmek için kaç tane ekmek kırıntısına ihtiyacınız vardır?

Bilimsel çevrelerde bu tür sorular Fermi sorusu olarak bilinir. Enrico Fermi özellikle radyoaktivite alanındaki çalışmasıyla ünlüdür. Mesela, 1942'de Chicago Üniversitesi'ne ait futbol sahasının altındaki bodrum katında ilk nükleer fisyon reaktörünü yarattığını ya da ilk nükleer bombayı yapma yarışında Nazileri mağlup eden Manhattan Projesi'ne yardım ettiğini duymuş olabilirsiniz. Fakat fizik dünyasında Fermi'nin başka bir sebeple ünlü olduğunu muhtemelen duymamışsınızdır: Tahmin konusundaki büyük yeteneği.

Fermi, şen şakrak denebilecek bilimsel sorular yöneltmeye bayılırdı. Ünlü örnekler arasında "Ciğerlerinizi her havayla doldurduğunuzda Sezar'ın son nefesindeki kaç atomu solursunuz?" ve "Chicago'da kaç tane piyano akortçusu vardır?" gibi esprili sorular bulunuyor.[16] Bu soruları cevaplamak başlı başına eğlenceli olmakla birlikte, fizik dünyası için gerçek bir anlam taşıyor. Örneğin, görgü tanıklarının söylediğine göre 15 Temmuz 1945'te ilk atom bombası için New Mexico'daki Jornada del Muerto çölünde gerçekleştirilen Trinity testinde hazır bulunan Fermi, ani patlamanın sonrasına kadar bekleyip ardından birkaç küçük kâğıt parçasını elinden bırakarak şok dalgasıyla ne kadar uzağa

16 İlginizi çekiyorsa her nefes alışınızda Sezar'ın son nefesinden yaklaşık bir atom solursunuz ve Chicago'da yaklaşık 100 tane piyano akortçusu var.

sürüklendiklerine bakmak suretiyle ilk patlamanın enerjisini doğru bir şekilde hesaplayabilmişti.

Bir Fermi sorusuna cevap vermenin yolu dünya hakkındaki mevcut bilgilerinize dayanarak akıllı tahminlerde bulunmaktır. Örneğin "Ekvatorun uzunluğu ne kadardır?" sorusuyla karşılaşırsanız, ABD'yi uçakla baştan başa katetmek için dört zaman diliminden geçeceğinizi ve yaklaşık 3.000 mil mesafe alacağınızı kendinize hatırlatmalısınız. Dolayısıyla her zaman dilimi yaklaşık 750 mil olmalıdır ve Yerküre çapında 24 zaman dilimi olduğuna göre ekvator aşağı yukarı 24 x 750 = 18.000 mil uzunluğunda olmalıdır. Biliyorum, biliyorum: ABD ekvatorun tam üzerinde bulunmuyor ve bir ucundan diğer ucuna mesafe tam olarak 3.000 mil değil, fakat ne demek istediğimi anladınız. Doğru cevap 10'un katsayıları aralığında, yani fizikçilerin dediği gibi "büyüklük kertesi" dâhilinde olacaktır.[17]

1950 yılında sık sık uçan görüldüğü haberleri dönüyordu. Bu tür olaylar 1940'ların sonundan beri artışa geçmişti ve hepsi aşağı yukarı aynı tasvire uyuyordu: Parlak, disk benzeri, insan yapımı hava taşıtıyla hemen hemen aynı boyutta, ardında buhar izi bırakmadan aşırı yüksek hızlarda sessizce uçan uzay gemileri. O yaz, Fermi New Mexico'daki Los Alamos Ulusal Laboratuarı'nı ziyaret etti; bu laboratuarda nükleer fizikçi Edward Teller hidrojen bombasının fizibilitesini araştırıyordu.[18] Fermi, Teller ve iki arkadaşıyla yemeğe çıktığı sırada sohbet dönüp dolaşıp son günlerde çıkan uçan daire haberlerine, Fermi'nin bunların gerçekten

17 Aslında az önce kontrol ettim, ekvatorun uzunluğu 25.000 mil. Hiç fena sayılmaz.

18 Hidrojen bombası, temel atom bombasının bir tık ötesindedir ve patlayıcı bir cihaz yaratmak için kaçak uranyum fisyonu kullanır. II. Dünya Savaşı'nın sonunda Hiroşima ve Nagazaki'ye atılan bombalar atom bombasıydı. Hidrojen bombası ise tam anlamıyla korkunç bir patlama yaratmak için hidrojen füzyonuyla birlikte uranyum fisyonu kullanır. Tüm nükleer savaş başlıkları için emsal teşkil eder; bir ülkenin elinde "bomba var" diyorsak bahsettiğimiz bomba hidrojen bombası, yani "H bombası" ya da bazen kullanıldığı adıyla "termonükleer bomba"dır.

uzaylılara ait olmadığına dair inancına ve ışıktan daha hızlı seyahat etme olasılığına geldi.

Fermi'nin gerekçesine göre eğer uzaylılar Yerküre'nin talihsiz sakinleriyle "zili çalıp kaçmaca" oyunu oynayacaksa buradan çıkmanın bir yolunu bulmaları gerekecekti ve yıldızlar arasındaki derya kadar mesafeye bakılırsa uzay gemilerinin aşırı derecede atik olması şarttı. Teller, içinde bulundukları 10 yıl sona ermeden önce ışık ötesi hıza ulaşan bir cisme dair kanıtların ortaya çıkma ihtimalini milyonda bir olarak görüyordu. Fermi daha iyimserdi ve bahsi 10'da 1 ihtimaline yatırmıştı. Teller'ın dediğine göre sohbet daha sonra insanlığın nükleer silahlarla nasıl yok edileceği gibi daha dünyevi konulara geçmişti.[19] Fakat tam yemeğin ortasında, Fermi birdenbire şu soruyu sordu: "Herkes nerede?"

Meslektaşları, Fermi'nin Fuller Lodge kantininin boş olmasından bahsetmediğini şıp diye anlamıştı. Fermi kendine "Dünyadışı uygarlıkların var olma ihtimali nedir?" şeklindeki Fermi sorusunu sormuştu ve cevap karşısında epeyce kafası karışmıştı. Galaksideki dünyadışı uygarlıkların sayısı hakkında kabaca tahminde bulunduğunda öncesinde defalarca ziyaret edilmiş olmamız gerektiğini fark etti. Öyleyse neredeydiler?[20]

---

19 Pekala, Fermi tam olarak böyle dememiştir.

20 "Tamam da, bir ev inşa etmek için kaç tane ekmek kırıntısı lazım?" diye sorabilirsiniz. Pekala, evimi düz çatılı bir küp şeklinde yapacağım ve iki büyük iç duvarı, iki büyük iç zemini bulunacak; bir bodrum katı ve bir de birinci kat düşünüyorum, dolayısıyla evin dört duvarı ve dört zemini olacak. Diyelim ki ev 6 metre yüksekliğinde olsun; çalışma penceremden baktığımda gördüğüm evi düşününce bu sayı yeterli görünüyor. İç zeminleri, çatıyı, iki iç duvarı ve dört dış duvarı hesaba katarak hepsinin 20 cm (0,2 m) kalınlığında olduğunu varsayınca ihtiyacım olan toplam inşaat malzemesi hacmi 9 x 6 x 6 x 0,2 = 64,8 m^3. Diyelim ki ortalama bir ekmek kırıntısının her yüzeyi 2 mm'lik bir küp şeklinde olsun; dolayısıyla hacmi 8 mm^3, yani $8x10^{-9}$ m^3, dolayısıyla ihtiyacımız olan toplam ekmek kırıntısı sayısı $64,8/(8x10^{-9}) = 8,1$ milyar.

İHTİMALLER NEDİR?

Fermi'nin Los Alamos'ta Edward Teller'a yönelttiği soru, dünyadışı uygarlıkları keşfetme maceramızda bir temel taşı olmuştu; hatta o kadar ki, adı "Fermi Paradoksu" olarak kötüye çıktı. Basitçe ifade etmek gerekirse paradoks şöyle: Yerküre'yi ya da insan türünü özel kılan hiçbir şey olmadığını varsayarsak akıllı yaşam Evren'in her yerinde görülmelidir. Fakat kanıtı nerededir?

Pek çok kişiye göre insan türünün yalnız olduğunu düşünmek saçma geliyor. Bir yaz gecesi gökyüzündeki yıldızlar kümesine göz atarsanız -yalnızca bizim galaksimizde 100 milyar civarı yıldız var, gözlemlenebilir Evren'de de 100 milyar civarı galaksi var- herhangi bir şekilde benzersiz olduğumuzu varsaymak, olağanüstü kibirli bir hareket gibi görünüyor. Aslında, dışarıda bir yerlerde bize benzeyen yaratıklar olduğu, bırakın tüm o hiper hızlı araçlara binen tuhaf uzaylıları ve bürokrasiden nasiplenmemiş Galaksiler Arası Konseyleri, onların da bizim gibi faturalarını ödemeye ve güzel park yerleri bulmaya çalıştıkları olasılığı epeyce yüksek.

Peki ama neredeler? Daire şeklindeki bilindik uzay gemileri, hasat çemberleri ve minik gri adamlar öylesine insan elinden çıkmış gibi görünüyor ki, akıllı dünyadışı yaşamın kanıtı olarak ciddiye alınmaları zor. Elbette gerçek olabilecekleri ihtimalini de gözardı edemeyiz, ancak tek bir somut kanıt parçası bulana dek -bu dünyadışı bir alaşımdan yapılan taşıt aynası ya da cinsel birleşme içermeyen yakın temas olabilir- bildiğimiz kadarıyla bugüne dek hiç kimsenin kapımızı çalmadığı gerçeğiyle yüzleşmek zorunda kalacağız. Sadede gelirsek Fermi Paradoksu birkaç uçan daireden fazlasıdır; birazdan göreceğimiz gibi sayılara bakılırsa caddeye çıktığımızda adım başı bir uzaylıya çarpmamız lazım. Öyleyse herkes nerede?

DÜNYADIŞI ZEKÂ ARAYIŞI

1960'ta, Fermi'nin Los Alamos'ta Edward Teller'la gerçekleştirdiği ünlü sohbetten 10 yıl sonra, Frank Drake adında Amerikalı bir fizikçi gerçeği öğrenme zamanının geldiğine karar verdi. Amacı, bir radyo teleskopla tek tek yıldızları hedefleyerek dünyadışı uygarlıklara dair sinyaller aramaktı. İşe başlarken kendi kendine şu Fermi sorusunu sordu: Radyo teleskobumla kaç tane dünyadışı sinyal yakalamayı umuyorum?

Cevabını bir denklemle ortaya koydu ve bu denklemi Batı Virginia eyaletindeki Green Bank'ta bulunan Ulusal Radyo Astronomi Gözlemevi'ndeki ilk SETI konferansında sundu. Söz konusu denklem o zamandan beri Drake Denklemi olarak bilinse de aslında Fermi sorusunun yuvarlak bir cevabından ibarettir. Yazılı olarak ifade edildiğinde birazcık ürkütücü görünse de hevesiniz kırılmasın; çünkü birazdan göreceğimiz gibi bu denklem aslında oldukça basit ve asıl önemlisi yaşamı, Evren'i ve içerdiği ya da içermediği yaşam formlarını düşünmek açısından olumlu anlamda ufkumuzu açıyor. İşte formül:

$$N = N^{\star} \times f_{\mathrm{p}} \times n_{\mathrm{e}} \times f_{\mathrm{l}} \times f_{\mathrm{i}} \times f_{\mathrm{c}} \times f_{\mathrm{L}}$$

Albert Einstein'ın kara tahtasında yazanlar gibi göründüğünü biliyorum, fakat aslında yalnızca çarpılan birkaç sayıdan, hatta kesin olarak söylemek gerekirse iki sayıdan (N^* ve n_e) ve beş kesirden (f_p, f_l, f_i, f_c ve f_L) ibaret. Radyo sinyali yayıyor olabilecek dünyadışı uygarlıkların sayısını -*N*- bulmak için galaksideki kaç yıldızın akıllı yaşamı destekleyebilecek kapasitede olduğunu çözmeniz yeterli.

UZAYLILARI SAYIYORUZ

Radyo sinyali gönderen dünyadışı uygarlıkların sayısını, yani *N*'yi bulmak için öncelikle galakside kaç tane yıldız olduğunu, yani N* değerini bulmamız gerekiyor. Drake Denklemi'ne cevabımda biraz ihtiyatlı davranacak ve 100 milyar diyeceğim. Mevcut tahminler 100 milyardan 400 milyara kadar uzanıyor, dolayısıyla abarttığım söylenemez.

Ardından kendimize bu 100 milyar yıldızdan kaçta kaçının -f_p- gezegene sahip olduğunu sormamız gerekiyor. 80'lerde üniversitede okurken kendi güneş sistemimiz dışında başka gezegenlerin bulunduğuna dair hiçbir kanıt yoktu. Bu durum, 1992'de ilk gezegenin keşfedilmesiyle kökten değişti; daha doğrusu ilk iki gezegen demeliyim, çünkü her ikisi de akılda kalıcı bir isme sahip PSR 1257+12 nötron yıldızının yörüngesindedir. O günden bu yana yüzlerce başka gezegen keşfedildi ve en iyi tahminle galakside gördüğümüz yıldızlardan % 50'sinin gezegeni var. Öyleyse N^*=100 milyar ve f_p= 0,5.

Sırada ne var? Galaksideki yıldızlardan kaçta kaçının gezegeni olduğunu hesapladık, şimdi sıra şu soruyu sormaya geldi: Gezegene sahip yıldız başına düşen yaşama elverişli gezegenlerin sayısı kaç? Yaşama elverişli derken, gezegenle ana yıldızı arasında, gezegen yüzeyinde sıvı halde su bulunacak kadar mesafe olduğunu kastediyoruz. Yaşam bir gezegenin uydusunda da başlayabilir, dolayısıyla tahminde bulunurken bunu da hesaba katmalıyız.

Yaşama elverişli gezegenler hakkında biraz bilgiye sahip olsak da, yeterli sayılmaz. Doğrusunu isterseniz, yaşama elverişli ilk güneşdışı gezegen ancak Aralık 2011'de keşfedildi. Bu gezegen, Kepler-22 isimli bir yıldızın yörüngesindedir. Kepler-22 adı, onu bulan Kepler Uzay Teleskobu'ndan geliyor ve Yerküre'den

yaklaşık 600 ışık yılı uzaklıkta bulunuyor.[21] Elimizde yeterince bilgi olmadığından, hiç olmazsa kendi Güneş sistemimize bakabiliriz; Güneş sistemimizde Yerküre, Ay ve Mars tartışmaya açık olmakla birlikte bir dereceye kadar yaşama elverişlidir, fakat Venüs'te yazlık ev almayı ya da Jüpiter'de küçük bir kaçamak yapmayı pek istemezsiniz. Güneş sistemi başına bir yaşama elverişli gezegen düşmesi bana biraz kötümser geliyor, üç de çok iyimser kaçacak, dolayısıyla ben n_e=2 diyeceğim: Ortalama olarak, gezegene sahip her yıldız için yaşama uygun bir ortamı bulunabilecek iki gezegen bulunuyor.

Buraya kadar tamam. Şimdi sıra daha çetrefilli tahminlere geldi. Yaşama elverişli gezegenlere sahip bu yıldızlar arasından kaç gezegende yaşama uygun bir ortam bulunacak? Burada hayati ipuçlarından biri, Yerküre'de yaşamın ne kadar süre önce kök saldığı. Çok çabuk başladıysa yaşamın görece yaygın bir faktör olduğunu varsayabiliriz. Biraz zaman aldıysa daha ender bir durum olduğu tahmininde bulunabiliriz. Biyologlar genellikle yaşama dair ilk inkâr edilemez kanıtın Batı Avustralya'daki Pilbara Hills kayalıklarında bulunacağı konusunda hemfikirdir; burada siyanobakteri öbekleri yaklaşık 3,5 milyar yıl önce sığ denizlerde filizlenmişti.

Fakat siyanobakteriler görece gelişmiş bir yaşam formudur. Öyleyse ilk organizmalar ne zaman ve nerede ortaya çıkmıştır? Bu

21 NASA'nın Kepler Uzay Teleskobu, yıldızların parlaklığını gözlemleyerek gezegenleri bulur. Bir gezegen ana yıldızının önünden geçtiğinde, teleskoba ulaşan ışık miktarında ufak bir azalmaya sebep olur. Çıplak gözle görülebilen en uzak yıldızlardan biri olan Deneb'in yer aldığı Cygnus takımyıldızını hatırlıyor musunuz? Kepler'in yöneltildiği takımyıldız budur; bunun sebebi kısmen söz konusu bölgenin Samanyolu'nda yer alması ve böylece incelenecek pek çok yıldız bulunması, kısmen de bu yöne doğrultulduğunda Güneş'in asla o yönde parlamayacak olmasıdır. Bonus puan almak istiyorsanız teleskobun Yerküre yerine Güneş'in yörüngesinde bulunduğunu, dolayısıyla güneş sistemimizdeki hiçbir şeyin (gezegenler, asteroitler, Kuiper Kuşağı cisimleri vs) yoluna çıkmadığını bilmek istersiniz. Google'da "Habitable Exoplanets Catalog / Yaşama Elverişli Güneşdışı Gezegenler Dizini" diye arama yaparsanız bugüne dek kaç tane Yerküre benzeri gezegenin bulunduğunu takip edebilirsiniz. Bu kitabı yazdığım sırada dört tane vardı ve 23 tane de müstakbel aday mevcuttu.

sorunun da kesin bir cevabı yok ve herkesin kendine has bir teorisi var; bu teoriler deniz yatağındaki termal hava deliklerinden ılık tatlı su göletlerine kadar uzanıyor. İzlanda'daki Akilia Adası'nda bulunan yaklaşık 3,85 milyar yıllık kayalıklarda yaşama dair umut vaadeden bir ipucu bulunduğundan başlangıç tarihi olarak bunu alacağım. Yerküre'de yaşamın çok hızlı başladığını görerek yaşanabilir bir gezegende yaşam olma ihtimaline aşağı yukarı % 100 diyeceğim. Dolayısıyla, yaşamın kök saldığı yaşanabilir gezegenlerin kesrini belirten f_l formülü için 1 sayısını vereceğim. Tekrar belirteyim, bu konuda kaya gibi sağlam bir olasılık teorisi ya da kanıt yok, fakat bana doğru "büyüklük kertesi" gibi geliyor.

İşte oldu. İyice yaklaştık. Şimdi, yaşamın başladığı bu gezegenler arasından kaçında akıllı yaşam gelişmiştir? Bu noktada rüzgârda savruluyoruz, elimizde neredeyse hiçbir bulgu yok. Zekânın ender görülen bir özellik olduğunu söyleyenler var; neticede Yerküre'deki tüm türler arasında tartışmaya açık olmakla birlikte, zekâyı geliştiren tek tür biziz. Bir de evrim geliştikçe karmaşıklığın da arttığını ve zekânın bu karmaşık organizmanın bir yan ürününden ibaret olduğunu söyleyenler var. Rakamlara dökmem lazım, o yüzden bence ihtimal az olmakla birlikte imkânsız da değil: f_i=0,001; diğer bir deyişle, yaşam bulunan bir gezegende zekâ ihtimali yaklaşık % 0,1.

Şimdi Drake Denklemi'nde bir sonraki aşamaya geçelim. Akıllı yaşamın geliştiği bu gezegenler arasında, hangi kesir -f_c- radyo dalgaları ile iletişim kurma yetisine sahip bir uygarlık oluşturacak? Aslında bunun cevabını hiçbirimiz bilmiyoruz; fakat zekâ geliştirmeniz halinde Evren'in kanunlarını keşfedeceğiniz ihtimali bana çok yüksek geliyor ve biz insanlar bilimsel araştırmalara ilk başladığımızda, elektromanyetizma teorisine oldukça hızlı bir şekilde ulaştık. Dolayısıyla, belki de yeniden düşük-ihtimal-olmakla-birlikte-imkânsız-değil-ama-zekâ-kadar-imkânsız-sayılmaz savıma dönmeliyim. Yani şunun gibi bir şey: f_c=0,1.

Son olarak, ortalama bir uygarlığın radyo sinyalleri gönderdiği galakside yaşam süresinin kesri, yani f_L için bir değer sallamamız lazım. Bu konuda iyimser olacağım. İnsan ırkının çok yakında yok olacağını iddia edenler olsa da içinde bulunduğumuz aşamaya ulaştığımıza göre hemen hemen her türlü felakete dayanmaya yetecek kadar teknolojiye ve yaratıcılığa sahip olduğumuzu düşünüyorum. Tabii, partiyi yarıda kesip tüm dinozorları bir dilim pasta yemeden evine gönderen meteor gibi ihtimalleri unutmamak lazım; fakat görünüşe göre bunlar yaklaşık 100 milyon yılda bir ortaya çıkıyor, dolayısıyla buna şahit olacak kadar uzun yaşayacağımızı sanmıyorum. Şimdi galaksinin yaşını yaklaşık 13 milyar, ortalama uygarlık ömrünü de 10.000 yıl olarak alırsak ortalama dünyadışı kültürün yaşam süresinin kesri 10.000/13 milyar olacak.

Artık bir radyo sinyali tespit edebilmemi sağlayacak yıldız sayısını, yani N'yi hesaplayabilirim:

$$N = N^{\star} \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c \times f_L$$

$$N = (100 \times 10^9) \times 0.5 \times 2 \times 1 \times 0.001 \times 0.1 \times (10{,}000/5.5 \times 10^9)$$

$$N = 18$$

Başka bir deyişle, galaksimizde bizden telefon bekleyen yaklaşık yedi tane dünyadışı uygarlık var.

E.T. TELEFON ETMEZ

Bakalım şimdiye dek neler öğrendik? Öncelikle, şu an sahip olduğumuz bilgi düzeyine bakılırsa galakside iletişim kuran dünyadışı uygarlık sayısı hakkında kesin bir şey söylemek son derece zor. Yine de, makul ölçüde iyimser bir dizi tahmine göre aşağı yukarı 10 ila 100 sinyal arasında bir sayı bekleyebiliriz; zekânın

yaygın olduğuna ve uygarlıkların uzun süre yaşadığına inanıyorsanız bu daha da artacaktır. Bu, ya da buna benzer bir şey, Enrico Fermi'nin 1950'de Los Alamos'ta yaptığı hesaplamaya karşılık geliyor ve Fermi Paradoksu'nun en önemli noktasını oluşturuyor. Çünkü 50 senedir dinlememize rağmen henüz kimseyi evinde bulamadık.

Yani, hemen hemen. Ohio Üniversitesi'nde Big Ear radyo teleskobu üzerinde çalışan meşhur Jerry R. Ehman'ın 1977 yılında Sagittarius takımyıldızındaki bir noktadan gelen 72 saniyelik bir radyo dalgası sinyali tespit ettiğinde yaşadığı şaşkınlığı ifade eden o ünlü "Wow!" sinyalini unutmayalım. Maalesef sinyal tekrarlanmadı ve çok daha güçlü teleskoplarla yapılan pek çok araştırmadan da sonuç çıkmadı. Üstelik SETI'nin araştırmaları gitgide gelişiyor ve artık dünyanın dört bir yanında devamlı gök kubbeyi araştıran çok sayıda radyo teleskobu kullanılıyor. Aslında, SETI@home programı sayesinde kendi naçizane dizüstü bilgisayarınızla da dünyadışı zekâyı araştırma yönünde yoğun hesaplamalar yapabilirsiniz; ben bu satırları yazarken bile bilgisayarım SETI için veri analizi yapıyor ve sizin de aynı sistemi ayarlamanızı şiddetle tavsiye ediyorum.

Elbette sorun şu ki, dışarıda çok sayıda galaksi var. Samanyolu'ndaki sinyal yollayan uygarlık sayısının 10.000 olduğuna inansanız bile bu uygarlıkları 100 milyar yıldız içinden bulmakla da uğraşmanız gerekecek.[22] Daha da kötüsü, uzaylıların hangi frekansta yayın yaptığı hakkında hiçbir fikrimiz yok; hatta radyo dalgaları yayınlayıp yayınlamadıkları bile meçhul. Ya lazer ışınları ateşliyor ya da kavurucu gama ışınları yolluyorlarsa? Belki de sinyaller dört bir yanımızda ama yanlış yere bakıyoruz.

Sonuçta dünyadışı bir uygarlığın sinyal göndereceğini ya da bizim zekâ tanımımıza uyup uymayacağını, hatta Yerküre ben-

22 Benim tahminim 10 milyon yıldız başına bir sinyal.

zeri bir gezegende yaşayan karbon özlü yaşam formları olup olmayacaklarını kim bilebilir ki? Ya biyolojik açıdan organizma bile değillerse? Belki öylesine gelişmiş varlıklardır ki, artık fiziksel Evren'de yaşamayı bırakıp istedikleri bir sanal düzleme ışınlanarak burada tüm gün Mario Kart oynamayı tercih etmişlerdir. Olamaz mı yani?

E HADİ AMA, HERKES NEREDE?

Bence bu başlık, kitaba son noktayı koymak için harika oldu. Galaksinin herhangi başka bir yerinde akıllı yaşamın var olup olmadığı sorusuna yanıt vermeye başlamak için bile bir yandan geçmişte yapılan şanlı keşiflere bakarken diğer yandan gelecekte bizi bekleyen şanlı keşiflerle dolu manzaranın tadını çıkarmalıyız. Yaşamın kökenini keşfederek başka güneş sistemlerindeki başka gezegenlerde nasıl filizlenmiş olabileceğine dair bir resim oluşturmaya başlayabiliriz; maddenin kökenini keşfederek, ışıkları açık bırakıp uzaylıların bizi ziyarete gelecekleri günü bekleyebiliriz. Fakat artık öğrendiğimiz üzere bizim türümüz için konu asla varış noktası olmadı. Afrika'yı terk edip Eski ve Yeni Dünyalar'a yerleşen ilk maceraperestlerden bu yana konumuz hep yolculuğun ta kendisi oldu: Keşfin kendi tüyler ürperten heyecanı.

Peki, benim Fermi Paradoksu'na cevabım nedir? Eh, fikrimi değiştirme hakkını saklı tutsam da şimdilik şu noktadayım: Yalnızız. İlk başta kulağa kötümser gelebilir ama aslında öyle değil. Benim mantığım şöyle: İster Kepler 22b'de, ister Yerküre'de yaşayın, aynı fizik kanunları geçerlidir. Uzakta bir yerlerde, güneş sistemi dışında yer alan gözardı edilmiş bir gezegende, aheste aheste kar yağıyor ve dalgalar tropikal kıyılara vuruyor. Mars'ın ya da Ay'ın çarpıcı özelliği, ne kadar yabancı olmalarından ziyade, ne kadar da

tuhaf bir şekilde tanıdık gelmeleridir; tıpkı Amerika'daki bir milli parkın unutulmuş bir köşesi gibi... Gelecekte derin bir ay çukurunda ya da Mars'taki esrarengiz bir kayanın altında mikropların izine rastlayabiliriz; bir su birikintisi, 4-5 milyar yıl ve beklenmedik bir yıldırım vakasının sağlanması halinde, düşük düzeyli yaşamın gelişebileceği gazilyonlarca benzer kayalık gezegen bulunması ihtimali de oldukça yüksek görünüyor.

Bence biyoloji herkeste bulunan bir özellik olabilir ama ya zekâ? Açıkçası ben bile sahip olduğumdan emin değilim. Size hazmı kolay olmayan bir gerçeği hatırlatayım: Evrim, *Times* gazetesinin bulmacasını çözüp çözememenizle hiç ama hiç ilgilenmez; umurunda olan tek şey, genlerinizi yavrunuza geçirip geçirmediğinizdir. Bu anlamda nematod solucanlar bizi alt etmiştir; sayıları bizimkinin aşağı yukarı bir milyar katıdır. Hayatta kalma anlamında zekâmızın gerçekten hiçbir büyük avantajı yoktur; aranızdan bazıları, birbirimizi yok etmek için eskisinden de renkli yollar icat etme kabiliyetimize bakarak bunun bir handikap oluşturduğunu söyleyebilir.

Hayır, ben galaksideyalnız olduğumuzu ve burada uzaylı olmamasının sebebinin uzaylı diye bir şey olmamasından kaynaklandığını düşünüyorum. Fakat bu durumu moral bozucu değil, aksine oldukça mutluluk verici buluyorum. Çünkü bence *Uzay Yolu* pek de haksız sayılmazdı. Neticede biz insanların bir tarzı var. Tarihimizde pek çok kez yaşandığı gibi küçük bir grup memleketinden ayrılıp macera peşine düşecek. Tıpkı Darwin'in ispinozları gibi yakındaki gezegenlere yayılacak, bu sırada insan benzeri yeni türlere evrilecekler. Ve belki bir gün, Yerküre gezegeninden bir uzay gemisi aralarına katılacak, bilgelik dağıtacak ve daracık bikinilerine arzu dolu gözlerle bakacak. Biz Borg'lar, Klingon'lar ve Romulan'larız. Sadece henüz yola koyulmadık.

DİĞER ESERLER

Bu kitap hakkında tek bir dileğim olsaydı, popüler bilimin sarhoş edici dünyasına "geçit" sağlayan bir ilaç görevi görmesini isterdim. Hazır yeri gelmişken, okuyabileceğiniz birkaç faydalı eseri de belirteyim...

GENEL

Bad Science (Sağlıklı Yaşam Yalanları), yazarı Ben Goldacre, Harper Perennial, 2009

Physics for Future Presidents: The Science Behind the Headlines (Geleceğin Başkanları için Fizik: Manşetlerin Ardındaki Bilim), yazarı Richard Muller, W W Norton & Co., 2008

PARÇACIK FİZİĞİ

Dreams of a Final Theory: The Search for the Fundamental Laws of Nature (Bir Ötesi Olmayan Kuram Düşleri), yazarı Steven Weinberg, Vintage, 1993

Surely You're Joking, Mr Feynman: Adventures of a Curious Character as Told to Ralph Leighton (Eminim Şaka Yapıyorsunuz Bay Feynman: Meraklı Bir Karakterin Serüvenleri), yazarı Ralph Leighton, Richard P. Feynman ve Edward Hutchings, Vintage, 1992

ASTROFİZİK VE İZAFİYET

Relativity: The Special and the General Theory (*Özel ve Genel Görelilik Kuramı*), yazarı Albert Einstein, Pober Publishing Company, 2010

Why Does E=mc²? (And Why Should We Care?) (*Neden E=mc²? - Ve Bundan Bize Ne?*), yazarı Brian Cox ve Jeff Forshaw, De Capo, 2010

EVRİM

Your Inner Fish: The Amazing Discovery of Our 375-Million-Year-Old Ancestor / İçimizdeki Balık: İnsan Vücudunun 3,5 Milyar Yıllık Tarihine Seyahat), yazarı Neil Shubin, çeviri Aysun Yavuz, NTV Yayınları 2010, 260 sayfa

Catching Fire: How Cooking Made Us Human (*Ateşin Keşfi: Yemek Pişirmek Bizi Nasıl İnsanileştirdi*), yazarı Richard Wrangham, Profile, 2010

DNA

Genome: The Autobiography of a Species in 23 Chapters (*Genom: Bir Türün Yirmi Üç Bölümlük Otobiyografisi*), yazarı Matt Ridley, Fourth Estate, 2000

What Mad Pursuit: A Personal View of Scientific Discovery (*Hangi Çılgın Arayış: Bilimsel Keşfe Yönelik Kişisel Görüşler*), yazarı Francis Crick, Basic Books, 1990

YEMEK

Cooking for Geeks: Real Science, Great Hacks and Good Food (*İnekler için Aşçılık: Gerçek Bilim, Büyük Değişiklikler ve Lezzetli*

Yiyecekler), yazarı Jeff Potter, O'Reilly Media, 2010 Molecules at an Exhibition: Portraits of *Intriguing Materials in Everyday Life* (*Sergideki Moleküller: Gündelik Hayattaki İlgi Çekici Maddelerin Portreleri*), yazarı John Emsley, Oxford Paperbacks, 1999

İKLİM

The Weather Book: Why It Happens and Where It Comes From (*Hava Durumu Kitabı: Niçin Oluyor ve Nereden Geliyor*), yazarı Diana Craig, Michael O'Mara, 2009

The Little Ice Age: How Climate Made History 1300-1850 (*Mini Buz Çağı: İklim 1300-1850 Arasında Tarihi Nasıl Şekillendirdi*), yazarı Brian M. Fagan, Basic Books, 2001

UZAY YOLCULUĞU VE UZAYLILAR

How Spacecraft Fly: Spaceflight Without Formulae (*Uzay Aracı Nasıl Uçar: Formülsüz Uzay Uçuşu*), yazarı Graham Swinerd, Springer, 2008

The Eerie Silence: Searching for Ourselves in the Universe (*Tekinsiz Sessizlik: Evrende Kendimizi Arıyoruz*), yazarı Paul Davies, Penguin, 2011

TEŞEKKÜR

Öncelikle, yaklaşık beş yıl önce Radio 4 kanalında fizik hakkındaki bitip tükenmeyen konuşmalarımı duyduktan sonra, çat kapı ziyaretime gelerek tüm bu fikirlerimi kâğıda dökmem için beni tatlı sözlerle kandıran, şımartan ve nefes aldırmayan, hhb'den Elly James'e teşekkür etmeliyim. Aynı şekilde, bu kitap için başından sonuna kadar büyük bir tutku besleyen ve kitabın geleceği hakkında billur gibi bir bakış açısına sahip olan Little, Brown'daki muhteşem yayıncım Antonia Hodgson'a da teşekkür ediyorum. Elbette Hannah Boursnell'e, Sally Wray'e, Celia Levett'a ve Little, Brown'daki mükemmel ekibe, ayrıca hhb'de desteğini hiçbir zaman esirgemeyen Heather Holden-Brown'a ve Rob Dinsdale'e de buradan sesim çıktığı kadar haykırarak teşekkürlerimi sunuyorum.

Doğuştan yetenekli öğretmenlerim olmasaydı, bilim hakkında tek kelime yazamazdım: Willaston County İlkokulu'ndan Bay Bailey; Nantwich'teki Malbank Comprehensive School'dan Bay Clarke, Bay Gee, Bay Roberts ve Bay Davies; Cambridge'deki St Catharine's Koleji'nden Dr Davies ve Profesör Shakeshaft; ve Cavendish'ten Profesör Pepper. Tüm hatalar bana, tüm ilham onlara ait. Ayrıca hepimiz lisans öğrencisiyken Green Fonksiyonları'na anında çözüm sunan, her zaman hayranlık duy-

duğum ve artık Profesör Haine ünvanıyla anılan Tom Haine'e de teşekkürü borç bilirim.

Bilim hakkında yazı yazmam için beni yüreklendiren *The Times*'tan James Harding'e teşekkür ediyor, ayrıca köşe yazılarımı yayınladıkları ve bu süreçte her ay ulusal gazetelerdeki en güzel bilim yazılarına önceden bakmama izin verdikleri için Giles Whittell, David Edwards, David Reay ve tüm *Eureka* dergi ekibine şükranlarımı sunuyorum.

Kitabın taslak aşamasında yardımcı olan herkese de müteşekkirim. İlk iki bölümü okuyarak ihtiyacım olan yüreklendirici sözleriyle destek veren Jack Sandle'a, biyoloji ile ilgili bölümlerde çok kıymetli araştırmalar yapan ve yeni fikirleri dile getiren Jobina Hardy'e ve grafikleri oluşturmaktan tutun da, illüstrasyonlarımı bitirene dek beni kulübeme kilitlemeye kadar her işi yapan Suzy McClintock'a da teşekkürlerimi sunuyorum.

Ayrıca, çalışmama olgun bir gözle bakma nezaketini gösteren uzmanlara da minnet borçluyum. Dr Ian Strangeways, sıcaklık ölçümüyle ilgili yanlış anladığım temel konulardan bir kısmını düzeltti ve Met Office'ten Profesör Mitchell meteoroloji konusunda beni utanç verici gaflardan kurtardı. Aynı şekilde, Dr Caren Brown yaptığım aptalca matematik hatalarını adam etti ve muhteşem Dr Frances Astley-Jones biyolojiyle ilgili bölümlerde elime yüzüme bulaştırdığım, bir kiropraktörün bile utançtan kıpkırmızı kesilmesine neden olacak bazı kısımları yoluna koydu.

Ayrıca, pek çok olağanüstü bilimsel kurumu kendi gözlerimle görme şansına sahip oldum. Met Office'teki Dave Britton beni Hadley Centre'a davet etme kibarlığında bulunarak bilgisayarlı iklim modellemesini gösterdi; kendisine ve Sarah Holland'a tüm yardımları ve tavsiyelerinden ötürü yürekten teşekkür ediyorum. CERN, Radio 4'deki *My Great Big Particle Adventure* programım için Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'nı gezdirdi ve parçacık fiziğine ışık tutan bazı önemli noktalara erişmemi sağladı; bana

zaman ayıran herkese minnet borçluyum, fakat özellikle Higgs alanındaki ve Sicim Kuramı'ndaki anlaşılır açıklamalarından ötürü John Ellis'in adını anmalıyım. BBC2 *Horizon*'da yayınlanan programım *One Degree*'yi çekme sürecinde JET füzyon laboratuarını gezme şansım da oldu; laboratuar ekibine nükleer füzyonun geleceği hakkındaki sorularıma cevap verdikleri ve ziyaretimi yanlışlıkla hiçbir düğmeye dokunmadan tamamlamamı sağladıkları için bol bol teşekkürlerimi sunuyorum.

Diğer "teşekkürlerim" özel hayatımdaki insanlara yönelik. Projeleri teslim etmek için geç saatlere kadar çalıştığım sayısız gece boyunca ailemizi tek başına çekip çeviren partnerim Jessica Parker'a tüm kalbimle minnettarım ve hepsini telafi edeceğime söz veriyorum. Annem Marion'a, kız kardeşlerim Bronwen ve Leah'ya, yeğenlerim Billy, Jude, Beth ve Dylan'a hayatımda daima sevgi ve destek kaynağı oldukları için teşekkür ediyorum. Bruce McKay, Ol Parker, Rob Bratby, Steven Cree, Jez Butterworth ve Pierre Condou'ya her zamanki gibi sadık müttefiklerim oldukları için teşekkürlerimi sunuyorum. Bilim hakkındaki anekdotlarıma ömrünün yarısı boyunca katlanmak zorunda kalan Alexander Armstrong'a resmi bir özür borçluyum. Ayrıca, bana en başta bir kariyer sunduğu için de resmi olarak teşekkür ederim.

Hazır kariyerden bahsetmişken, Samira Higham ve tüm Independent ekibi ile Jimmy Mulville ve tüm Toff Media ve Hat Trick Productions ekibi olmasaydı kariyerim de olmazdı. Gözüpek şahsi asistanım Josephine Green'e müteşekkirim; ayrıca asistanım Kim Read olmasaydı, bu kitabı yazdığım sırada Guadeloupe'da çektiğim *Death In Paradise*'dan asla canlı çıkamazdım. Sevgili dostum Imogen Edwards-Jones, her zamanki gibi tüm edebi konularda sağlam bir tavsiye kaynağı oldu ve hatta kitabımı rahatça yazmak için başımı alıp gidebileceğim bir yer buldu. Dünya kadar işleri olmasına rağmen nezaket gösterip

tamamladığım bölümleri okuyan ve yorumda bulunan David Mitchell ve Brian Cox; size de teşekkürler.

Sondan bir önceki teşekkürüm popüler bilim alanında sabırla çalışmalarını yayınlayan tüm ilham verici bilimadamlarına... Carl Sagan imzalı *Cosmos / Kozmos*, Jacob Bronowski imzalı *The Ascent of Man / İnsanın Yükselişi* ve Stephen Hawking'in *A Brief History of Time / Zamanın Kısa Tarihi* eserleri gençken hayalgücümü ateşledi; David Attenborough ve Brian Cox'un eşi benzeri olmayan BBC programları, bilimi erişilebilir kılmanın yanı sıra güzelliğini de ortaya çıkararak hepimize faydalı oldu.

Son olarak, en büyük teşekkürüm NASA'ya: Ay'a ayak bastığınız için size minnettarım.

RESİM VE GRAFİKLER

Orion ve Sirius	© Ben Miller
Büyükayı ve Kuzey Yıldızı	© Ben Miller
Cygnus ve Yaz Üçgeni	© Ben Miller
Tiktaalik	© Suzy McClintock
"Bacaklı Balık"	© VIREO Kütüphanesi
Bir Yanak Hücresi Kromozomu ve DNA İpliği	© Ben Miller
Yarı İletken Bir Çipin Üzerine Minik Bir Altın Yılbaşı Ağacı Yapma Yöntemi	© Ben Miller
Boy Anomalisi Grafiği	© Suzy McClintock
Küresel Sıcaklık Grafiği	© *İklim Değişikliği 2007: Fiziksel Bilim Tabanı.Çalışma Grubu I'in Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Dördüncü Değerlendirme Raporu'na Katkısı.Şekil 1.3. Cambridge University Press.*
Güneş Lekeleri Grafiği	© Suzy McClintock

Karadelikler. DNA. Büyük Hadron Çarpıştırıcısı. İçinizden bir ses bilim dünyasındaki muazzam gelişmeleri gözden kaçırdığınızı mı söylüyor? Cevabınız evet ise yardım ayağınıza geldi.

Ben Miller, yanlışlıkla komedyen olmadan önce Cambridge'de fizik doktorası yapıyordu. Ama ilk aşkını unutamadığından sizinle en sevdiği bilimsel konuları paylaşmak için köklerine dönüş yaptı. Bu kitapta kesinlikle bilmeniz gereken bilgiler yer alıyor; çünkü bu bilgiler hem çok önemli hem de keyifli ve eğlenceli.



BEN MILLER, tıpkı sizin gibi, dev bir karadeliğin yörüngesinde dönen erimiş demir halindeki bir kürede Buz Devri'ni yaşayan bir mutant maymundur. Aynı zamanda aktör, komedyen ve Armstrong & Miller ikilisinin aşağı yukarı yarısıdır. Sıcaklık hakkında bir BBC Horizon belgeseli sunan ve Radio 4 kanalında parçacık fiziğinin tarihi üzerine bir program yapan Miller, ayrıca The Times gazetesinde düzenli olarak bilimle ilgili köşe yazıları yazıyor. Miller, artık asla astronot olamayacağı fikriyle yavaş yavaş yüzleşiyor.

NTV yayınları
22 TL
ISBN: 978-605-5056-32-2
9 786055 056322