

Keyifli Okumalar Dileriz

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

RESMİ WEB SİTEMİZ

<https://rantey.org>

Yedek ve Duyuru Kanallarımız

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

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

JAMES TREFIL

TARİH İÇİNDE BİLİM

Türkçesi
Ebrar Genç



KÜLTÜR

KE
TE
BE

ISBN: 978-625-8486-32-2

© 2018 Ketebe Kitap ve Dergi Yayıncılığı A.Ş.

ketebe.com

Ketebe Yayınları: 598

Kültür



Yayın Yönetmeni

Furkan Çalışkan

Yayına Hazırlayan

Murat k. Murat

Düzeltili

Mustafa Aplay

Kapak

Harun Tan

Mizanpaj

Serap Şahin

1. BASKI

Aralık 2021
İstanbul

Ketebe Yayınları

Sertifika No: 49619

Maltepe Mahallesi Fetih

Caddesi No: 6 Dk: 2

Topkapı 34010 İstanbul

Tel: 212 612 29 30

e-mail: ketebe@ketebe.com

Baskı ve Cilt

Matsis Matbaa Hizmetleri

San. ve Tic. Ltd. Şti

Sertifika No: 40421

Tevfik Bey Mah. Dr. Ali Demir Cad.

No: 51 Sefaköy Küçükçekmece /

İstanbul Tel: 212 624 21 11

J A M E S T R E F I L

TARİH
İÇİNDE
BİLİM

Türkçesi
Ebrar Genç

KETEBE

James S. Trefil

Amerikalı fizikçi ve kırktan fazla kitabın yazarı. Chicago, Illinois'de 1938 yılında dünyaya gelen Trefil, fizik alanındaki doktorasını Stanford Üniversitesi'nde 1966 yılında tamamladı. Bilimi genel okuyucu kitlesine hitap ederek anlattığı eserlerinde; bilimsel kavramları içeriğini eksiltmeden, anlaşılır bir dille okuruna aktarmasıyla öne çıkar. Daha önce Virginia Üniversitesi'nde Fizik Profesörü olarak da görev yapmış olan Trefil; George Mason Üniversitesi'nde Robinson Fizik Profesörü olarak ders vermekte, ayrıca düzenli olarak hakimler ve kamu görevlilerine bilim ve hukuk arasındaki kesişmeler hakkında sunumlar yapmaktadır. Kitaplarında, insan zekâsı ile yapay zekâ arasındaki karşılaştırmaları incelediği "Eşsiz miyiz?" sorusu dikkat çeker. Kaleme aldığı popüler bilim kitaplarının yanı sıra evrenin temel bileşenleri olan kuarklar hakkındaki modern teorilerin hazırlanmasına katkı sağlamış, önde gelen bir teorik fizikçidir.

Ebrar Genç

1999 yılında İstanbul'da doğdu. Lisans eğitimini Kocaeli Üniversitesi İngiliz Dili ve Edebiyatı bölümünde 2021 yılında tamamladı. Çeviri yapmaya 2020 yılında çocuk edebiyatı ile başladı. Hâlen muhtelif yayınevlerine çevirilerle katkı sağlanmaktadır.

İÇİNDEKİLER



1	Bilim Nedir?	7
2	Astronomi: İlk Bilim	29
3	Sayım	47
4	Yunan ve Helenistik Bilimi	63
5	İslam Bilimi	81
6	Modern Bilimin Doğuşu	103
7	Newton Dünyası	123
8	Yaşam Bilimi	145
9	Yirminci Yüzyılda Fen Bilimleri	165
10	Yirminci Yüzyılda Biyoloji	183
11	Bilimin Küreselleşmesi	201
12	Bilimin Sınırları	217
	Sonsöz	231

BÖLÜM 1

BİLİM NEDİR?

Bir anlığına farklı bir gezegenden Dünya'ya ilk defa ulaşan biri olduğunuzu düşünün. İlk olarak neyi fark ederdiniz?

Bu sorunun cevabı olabilecek çok fazla seçenek var. Örneğin, evrende nadir görülen bir unsur olduğu için gezegenin yüzeyindeki sıvı suyun varlığını fark edebilirsiniz. Atmosferin neden yerlilerin oksijen dediği, aşındırıcı, zehirli gazla dolu olduğunu merak edebilirsiniz. Ama bence asıl dikkatini-
zi çeken bambaşka bir şey olurdu. Tüm bu yaşam formları arasında, kendini *Homo sapiens* olarak adlandıran türün bir şekilde farklı olduğu gözünüzden kaçmazdı. Gezegendeki milyonlarca canlı arasında yalnızca bu tür; yaşanabilir tüm bölgelere yayıldı, geniş orman ve otlak alanlarını çiftliklere dönüştürdü ve birbirine bağlı büyük şehirlerden oluşan bir ağ inşa etti. Nehirlere barajlar, şehirlerin arasına otoyollar yaptı. Hatta gezegenin çeşitli ekosistemlerinde işleyen doğal kimyasal döngülere yön vermeye başladı. Moleküler düzeyde diğer tüm yaşam formlarıyla yakından ilişkili olsa da bu tür... Şey... Farklıdır.

Neden mi?

Bana göre bu sorunun cevabı, basit bir gerçekte yatıyor. İnsanlar, etraflarındaki evreni anlamalarını sağlayan bir yöntem geliştiren dünyadaki tek yaşam formudur. Bilim adını verdiğimiz bu yöntemin yanı sıra -bu anlayışı kullanarak- teknoloji dediğimiz, çevreyi kendi avantajlarına dönüştürmek için kullanma yeteneğini de geliştirmiştir. Binlerce yıldır gelişmekte olan bu iki yetenek insanlığı refaha kavuşturan şeylerdir.

Aslına bakılırsa, dünyamızda temel farklılıklar yaratan, insanlar âlemindeki bu ciddi değişikliklerin bilim ve teknoloji sayesinde ortaya çıktığını iddia edecek kadar ileri gideceğim. Bu iddiayı destekleyecek iki örnek vereyim.

Kırk bin yıl önce atalarımız, doğanın onlara sağladığı besinleri toplayarak hassas bir avcı-toplayıcı varoluş biçimi geliştirdiler. Sonrasında, M.Ö. 8000 civarlarında sonuçlanan, uzun bir deneme yanılma döneminin ardından; bazıları (muhtemelen çoğu kadın) hayatı bu şekilde yaşamak zorunda olmadıklarını keşfettiler. Yabani bitkilerin nasıl büyüdüğünü gözlemlediler ve doğanın gıda açısından sunduklarıyla yetinmeyerek, tohum ekebileceklerini, büyüyen mahsulleri yetiştirip nihai ürünü hasat edebileceklerini fark ettiler. Tarım dediğimiz girişim doğmuştu ve o zamandan beri dünya asla eskisi gibi olmadı. Yiyeceğin bolluğu insanların sanat ve eğitimin gelişebileceği şehirler inşa etmesini sağladı. Bu durum, -adil olmak gerekirse- modern yaşamın belki de daha az hoş karşılanan başka bir yönü olan büyük orduların varlığına da yol açtı. Ancak her halükârda o ilk çiftçiler, yazı yazmadan hatta çoğunlukla metal aletler bile olmadan, dünyayı sonsuza dek değiştirmek için gözlemlerini kullandılar.

On bin yıl ileri sararak on sekizinci yüzyılın ikinci yarısına, dünyanın görüp görebileceği en büyük imparatorluk olmaya hazırlanan bir ülke olan İngiltere'ye gelelim. Dönemin İn-

giltere'si muazzam sosyal ve sınıfsal eşitsizliklere sahipti ve Kuzey Amerika'daki büyük kolonisi bağımsızlığını ilan etmenin eşiğindeydi. 1776'da Londra'da olduğunuzu hayal edin ve kendinize şu basit soruyu sorun: Bu ülkede, önümüzdeki birkaç yüzyıl boyunca insan hayatı üzerinde en büyük etkiye sahip olacak neler oluyor?

Bana göre, bu soruyu cevaplamak için çok iyi üniversitelere ya da hükümet merkezine gitmenize gerek yok. Onun yerine, Birmingham yakınlarındaki küçük bir fabrikaya, İskoç mühendis James Watt'ın modern buhar motorunun tasarımını geliştirdiği Watt ve Boulton firmasına gitmelisiniz.

Geçmişe dair bir bilgi vermek gerekirse, Watt'dan önce de buhar motorları vardı, ancak elverişsiz ve yetersiz şeylerdi. Örneğin, iki katlı yüksek bir motor, modern zincirli testereden daha az güç üretti. Watt'ın yaptığı ise, bu hantal cihazı alıp kompakt, daha kullanılabilir bir makineye dönüştürmekti.

Dönüp geçmişe baktığımızda, bunun muazzam bir gelişme olduğunu görürüz. Her ne kadar yel değirmenlerinin ve su çarklarının küçük katkıları olsa da kas gücü; insanlık tarihi boyunca hem insanlar hem de hayvanlar için ana enerji kaynağı oldu. Watt'ın buhar motoru sayesinde yüzlerce milyon yıl önce dünyaya gelen güneş enerjisi, içine hapsediği kömürün yakılmasıyla birdenbire kullanılabilir hâle geldi. Bu motor, Sanayi Devrimi'ni başlatan fabrikalara güç verdi. Demiryolları kıtaları birbirine bağladı ve insanlığın giderek daha büyük bir kısmının hayatlarını geçirdiği şehirler kuruldu. O pis fabrikada üretilen makineler, insanlığın durumundaki köklü değişikliğin araçlarıydı. Ve ister benim gibi bunun iyi bir şey olduğunu düşünün, ister bazı çevrelerde moda hâline geldiği gibi acınası bir şey olduğunu düşünün, bunun gerçekleştğini inkâr edemezsiniz.

Bilim ve Teknoloji

Bu kitapta, aynı türden derin etkiye sahip olmuş (ya da olmaya devam eden) bir dizi keşif ve gelişmeye bakacağız. Elektrik jeneratörünün gelişimi, enerjinin üretildiği ve kullanıldığı yer arasındaki eski bağı sonsuza dek kırarak yirminci yüzyılı değiştirdi. Hastalık mikrobu teorisi, tıbbın uygulanma şeklini değiştirerek gelişmiş dünyada duyulmamış yaşam süreleri ortaya koydu. Kuantum mekaniği biliminin gelişimi, siz bu kelimeleri okurken bile hayatınızı değiştiren dijital bilgisayar ve bilgi devrimine yol açtı.

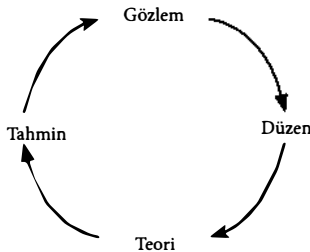
Bilim ve teknolojinin hayatımızı değiştirdiği tartışılmaz bir gerçek olsa dahi, ikisi arasındaki farkı anlamamız gerekir. Günlük konuşmada neredeyse birbirinin yerine kullanılmaya başlanmış olsa da yapılması gereken önemli ayrımlar vardır. Önceki konuda belirtildiği gibi bilim, yaşadığımız dünya hakkında bilgi arayışı; teknoloji ise bu bilginin insan ihtiyaçlarını karşılamak için uygulanmasıdır. Bu ikisi arasındaki sınırlar, en iyi ihtimalle belirsizdir ve gerçekten de büyük örtüşme alanları vardır. Bölüm 11'in önemli bir kısmını, soyut bilginin faydalı cihazlara dönüştürülme sürecini ayrıntılı olarak araştırmaya ayıracağız. Ancak şu an için, bu iki terimin farklı türden süreçlere atıfta bulunduğu bilgisini akılda tutmalıyız.

O hâlde, bilim ve teknoloji, tartışmaya başladığımız varsayımsal dünya dışı varlığın neyi gözlemleyeceğini açıklamak adına uzun bir yol katetti. Elbette bu, bizi birtakım ilginç sorulara yönlendiriyor: Bilim tam olarak nedir ve nasıl ortaya çıkmıştır? Önceki uygarlıkların çalışmaları modern bilimle ne tür benzerlikler gösteriyordu? Yaklaşımları bizimkinden ve bir diğerinden ne yönlerde farklıydı? Her bilimsel çalışmada ortak olan faaliyetler var mı? Yirmi birinci yüzyılda bilimin uygulanma biçiminin ayrıntılı bir açıklamasına geçmeden önce, şu tarihsel sorulara bir bakalım.

Tarihsel Soru

Bu bölümün ilerleyen kısımlarında tam gelişmiş modern bilimsel yöntemi biraz ayrıntılı olarak açıklayacağız. Ancak şimdilik onu, dünyayı gözlemlediğimiz, hiç bitmeyen bir döngü olarak hayal edebiliriz. Bu gözlemlerden bazı düzenleri ayıklayın, bu düzenleri açıklayan bir teori yaratın, bu teoriyi tahminler yapmak için kullanın ve artından bu tahminlerin doğrulanıp doğrulanmadığını görmek için dünyayı gözlemleyin. Normal modern bilimsel yöntemi basit bir şema biçiminde saat yönünde bir döngü olarak resmedebiliriz.

Öyleyse, tarihsel soruyu sormanın bir yolu da, geçmişteki çeşitli medeniyetlerin bu döngünün hangi kısımlarını kullandığını sormaktır. Dünyanın gözlemlenmesi ve düzenlerin tanınması son derece evrenseldir ve muhtemelen *Homo sapiens*'in tarih sahnesinde ortaya çıkmasından öncedir. Eğer üyeleri balıkların hangi derede ne zaman akacağını veya fındıkların hangi ormanda olgunlaşacağını bilmeseydi, hiçbir avcı-toplayıcı grup uzun süre dayanamazdı. Nitekim gelecek bölümde, pek çok yazı öncesi uygarlığın düzenli gökyüzü gözlemlerine dayanan oldukça sofistike bir astronomi geliştirdiğinden bahsedeceğiz. İngiltere'deki Stonehenge ve Kuzey Amerika'daki Medicine Wheels (Şifa Çemberi) gibi yapıların varlığı bu tür bir gelişmeye tanıklık ediyor. Bu tür yapılardan öğrendiğimiz önemli bir ders; doğal dünya hakkındaki karmaşık bilgileri, yazı yokken bile sözlü gelenek yoluyla nesilden nesile aktarmanın mümkün olduğudur.



Yazılı kayıtların olmayışı, bu ilk insanların gördüklerini açıklamak için geliştirdikleri teorileri, tabii eğer varsa, öğrenmeyi epey zorlaştırıyor. Bu durum Mezopotamya ve Mısır medeniyetlerine baktığımızda değişiyor. Burada ilginç bir zıtlıkla karşılaşırız. Babilliler antik dünyanın en iyi astronomik kayıtlarını tutmuşlardır. Öyle ki, verileri kaydedildikten yüzyıllar sonra bile Yunan gökbilimciler tarafından kullanılıyordu. Bununla birlikte, bulgularını açıklamak için bir teori üretmeye tamamen ilgisizlermiş gibi göründükleri söylenebilir. Görünen o ki, verilere bakıp bir sonraki tutulmanın ne zaman olacağını anlayabilmekle tatmin oluyorlardı. Yukarıda resmedilen döngüye göre, trenden düzende iniyorlar ve daha ileri gitmekle ilgilenmiyor gibiler.

Mısırlılar daha tipiktir. Gök cisimlerinin hareketlerini tanrıların maceralarıymış gibi açıklayarak gökyüzünde gördükleri hakkında hikâyeler anlatırlardı. Bu tür bir doğa açıklamasının bir “teori” oluşturup oluşturmadığı, “teori” kelimesini nasıl tanımladığınıza bağlı olan karmaşık bir sorudur. Gelgelelim mesele şu ki, herhangi bir doğa olayını tanrıların kaprisleri cinsinden açıkladığınızda, gerçek tahminler yapma gücünüzü kaybedersiniz, çünkü prensipte bu kaprisler her an değişebilir. Bu durumda Babilliler gibi, geleceği tahmin etmek için geçmiş düzenliliklere güvenmekle sınırlısınız. Söyleyebileceğimiz kadarıyla, inceleyeceğimiz gelişmiş antik toplumların pek çoğu için durum buydu.

Bu kalıptan çıkan insanlar, dünyanın tamamen natüralist açıklamalarına dayanan teoriler oluşturmaya ilk başlayan Yunan doğa filozoflarıydı. Aslına bakılırsa, M.S. birinci yüzyıla gelindiğinde, İskenderiye’deki doğa filozofları; tutulmalar, gezegenlerin yükselişi ve yerleşimi ile yeniay zamanı gibi şeyler hakkında ilkel tahminler yapabilen olağanüstü karmaşık bir Güneş sistemi modeli oluşturmuşlardı.

Ortaçağ dediğimiz dönemde Avrupa’da, bilimsel gelişimin ağırlık merkezi İslam dünyasına taşındı (Bkz. Bölüm 5) ve pek

çok alanda ilerleme kaydedildi. Bu alanlardan özellikle matematik, tıp ve astronomiyi inceleyeceğiz. Bununla birlikte, modern bilimsel sürecin gelişimi için bir tarih seçmek zorunda olsaydınız muhtemelen on yedinci yüzyılda İngiltere’deki Isaac Newton’un çalışmalarından bahsederdiniz. (Bkz. Bölüm 6) Bu, yukarıda özetlenen tümüyle gelişmiş bilimsel yöntemin ortaya çıktığı, yani “döngünün her yerine” gittiğimiz zamandır.

Modern bilim insanları, “bilim” kelimesini Newton, bazen de ondan birkaç yıl önce Galileo ile başlayan gelişmelerle ilişkilendirmeye yatkındır. Özünde, ondan önce gelenleri “bilim öncesi” olarak değerlendirirler. Meslektaşlarım arasındaki yaygın kullanım bu olduğundan ben de böyle kullanacağım. Ancak ilerleyen bölümler için; tarih araştırmacılarının düştüğü en büyük hatalardan birinin geçmişi günümüzün standartlarına göre değerlendirmek olduğu hususunu aklınızda bulundurmanızı öneririm. Kanımca, Stonehenge’den sorumlu eğitimsiz erkek ve kadınlar, üyesi olduğum herhangi bir üniversitenin bilim bölümündeki meslektaşlarım kadar iyi birer “bilim insanı” idi. Sorulması gereken doğru soru, “Bu eski uygarlık bizim yaptığımız işlere ne kadar yaklaşmış?” değil, “Ne yaptılar ve kültürel hayatlarına nasıl yerleşti?” sorusudur.

Yine de unutmamak gerekir ki, modern bilimsel yöntem, inceleyeceğimiz çeşitli eski uygarlıkların başarılarını düzenlememize yardımcı olacak yararlı bir örnek olarak hizmet edebilir. Bu nedenle, bu bölümün geri kalanını ayıracağımız bir konu olan bu yöntemi mevcut hâliyle incelemekte fayda var.

Modern Bilimsel Yöntem

Bu konuya geçmeden evvel, bölümün sonunda da vurgulayacağım güçlü bir uyarı yapmak istiyorum. Bilim, geri kalanlarımızdan hiçbir farkı olmayan insanlar tarafından yürütülen bir insan çalışmasıdır. İnsan davranışının iyi bilinen bir özelliği, kurallara körü körüne uymak, n kaçınmaktır. Tıpkı

sanatçılar ve müzisyenler gibi, bilim insanları da genellikle gelenek yolundan ayrılmaktan ve kendi başlarına yola çıkmaktan zevk alırlar. Bu nedenle, aşağıdaki; çoğu bilimsel çalışmada bulunan öğelerin, aşağı yukarı normalde görünmeleri beklenebilecek sırayla bulundukları bir liste olarak düşünülmelidir. Bütün bilim insanlarının sürekli takip ettiği bir tür “tarif kitabı” olarak düşünülmemelidir.

Gözlem

Tüm bilimsel çalışmaların ilk adımı, dünyayı gözlemlemenin ta kendisidir. Seküler, teknoloji odaklı toplumlarda yaşayan bizler için apaçık bir önerme olsa da; dünya hakkında onu gözlemleyerek bilgi sahibi olunabileceği fikrinin, insanlık tarihinin büyük bir kısmı boyunca evrensel bir yaklaşım olmadığı belirtilmek gerekmektedir. Aslında, evren hakkında bilgi edinme meselesi, pek çok farklı yolla ele alınabilir. Örneğin, Bölüm 4’te Yunan filozofların yaklaşımları hakkında konuşacağız. Yani gözlemden ziyade, insanın akletme gücünün keşif için ana araç olduğu bir yaklaşım.

Amerikan devlet okullarındaki bilim müfredatına yaratılışçılığın (veya onun güncel örneği olan akıllı tasarımın) dâhil edilmesi hakkındaki tartışmada dünyaya yaklaşmanın başka bir yolunu görebiliriz. Bu tartışmanın bir tarafında iddia ettiklerinin; fosil kayıtlarından toplanan verilere, gözleme ve DNA verilerinin ölçümlerine dayandığını öne süren ve kendisini bilimsel olarak tanımlayan topluluk var. Öteki tarafta ise, Eski Ahit’te yer alan Yaratılış Kitabı’ndaki anlatının gerçek bir yorumunu dokunulmaz, tartışılmaz ve ebedi Tanrı sözü olarak kabul eden insanlar var. Bu insanlar için evrenle ilgili hakikat; inandıkları kutsal metinlerde yer alır. Dolayısıyla hepsi olmasa da kimileri için, hemen hiçbir ampirik çalışma dünyayı tanımlama biçimlerini değiştirmek için yeterli değildir. Bir başka deyişle, dogmatik düşüncenin

doğası gereği, evreni öğrenmenin birincil kaynağı kutsal metinlerdir.

Bu nedenle, insan toplumlarının tamamının bu ifadeye katılmamasını son derece olağan bularak, bilimsel yöntemin çalışma biçiminden bahsetmeye aşağıdakilerle başlayacağız:

Dünyayı öğrenmek istiyorsan dışarı çık ve onu gözlemlle.

Bunu, modern bilimin gelişmesinde ilk adım olarak kabul edebiliriz. Daha önce de belirttiğimiz gibi, bu geçmişte pek çok toplum tarafından atılan bir adımdı. Ancak bunların ışığında, her biri farklı bir bilim alanı için uygun, birçok farklı türde “gözlem” olduğunu belirtmemiz gerekir.

Bilim insanlarının ne yaptığını düşündüklerinde çoğu kimse-nin aklına deneyler gelir. Deney, genellikle oldukça kontrollü ve kısmen yapay koşullar altında doğayı gözlemlemenin belirli bir yoludur. Temel strateji, fiziksel bir ortamdaki bir şeyi değiştirip sonucunda bu sistemin nasıl değiştiğini görmektir.

Bu gözlem yaklaşımının klasik bir örneği, Minneapolis yakınlarındaki Cedar Creek Doğa Tarihi Alanı’nda görülebilir. Minnesota Üniversitesi’nden bilim insanları burada, bitki ekosistemlerinin çevrelerindeki değişikliklere nasıl tepki verdiklerini araştırıyorlar. Deneylerini birkaç metre karelik birçok araziye sahip olacak şekilde kurdular. Elbette, her arazi aynı miktarda yağmur ve güneş ışığı alıyor, ancak bilim insanları arazilerdeki diğer malzemelerin miktarını değiştirebiliyor. Örneğin, arazilerden bazılarında farklı miktarlarda nitrojen eklerken diğerlerine hiç eklemey ve hepsinin yaz boyunca nasıl geliştiğini inceleyebilirler. Bu kontrollü deneyin klasik bir örneğidir. (Bilginiz olsun, az önce anlattığım deney, nitrojen eklemenin bir arsadaki biyokütle-yi artırdığını, ancak biyoçeşitliliği düşürdüğünü gösterdi.)

Pek çok bilim dalında bu tür ince kontrollü deneyler yapılabilir, ancak kimilerinde yapılamaz. Sözgelimi, bir gökbilimci

sisteme belirli bir kimyasal element eklemenin etkisini görmek için bir dizi yıldız oluşturmaz veya bir jeolog geri dönüp Dünya'nın ilk yıllarında oluşan kaya katmanlarını gözlemleyemez. Bu tür alanlardaki bilim insanları, deneyden ziyade saf gözleme bağlı olmaya mecburlardır. Şüphesiz bu, bilimin gerçekliğini etkilemez, ancak bilginin biraz farklı bir şekilde elde edildiğini akılda tutmak önemlidir.

Son olarak, Bölüm 12'de de ifade edeceğimiz gibi, bilgisayarların ortaya çıkışı, "gözlem" terimine yepyeni bir anlam katmıştır. Son birkaç on yılda, bilgisayarlar daha güçlü hâle geldi ve fiziksel sistemlerin ayrıntıları hakkındaki bilgimiz arttı. Bu sebeple bilim insanları, iklimin geleceğinden ekosistemlerin değişimine ve gezegenlerin oluşumuna kadar her türlü karmaşık sistemin davranışını tanımlamak için devasa bilgisayar programları oluşturmaya başladılar. Minnesotalı bilim insanlarının arazilerindeki nitrojen miktarını değiştirdikleri gibi, gezegen sisteminin oluşumu benzeri fenomenlerin, bir bilgisayar programında parametreleri değiştirilerek "gözlemlenmesi" giderek daha da yaygın hâle geliyor. Bu tür bir "gözlem" genellikle "modelleme" ya da "simülasyon" olarak tanımlanır.

Bu ayrımları yaptıktan sonra; bilim insanlarının, çalışmalarına deneyler, gözlemler veya simülasyonlarla başlasalar da, her zaman dış dünyada görülenlere bir referansla harekete geçtiklerini hatırlamak önemlidir.

Düzenler

Dünyayı bir süre gözlemledikten sonra önemli bir farkındalığa ulaşırsınız: Hiçbir şey rastgele gerçekleşmez. Doğrusu, yaşadığımız dünya şaşırtıcı şekilde düzenli ve tahmin edilebilirdir. Örneğin, Güneş her daim doğudan doğar, batıdan batar ve günler mevsimlerle birlikte öngörülebilir bir şekilde uzar ve kısalır. Aslına bakarsanız dünya o kadar öngörülebilir ki,

eski uygarlıklar, yazı olmadan bile zamanın geçişini belirtmek için Stonehenge gibi devasa anıtlar inşa edebilmişlerdir. Bu bir sonraki bölümde geri döneceğimiz bir konu. Bu düzenlerin farkına varılması ve belirtilmesi, bilimsel süreçteki ikinci önemli adımdır. Çoğu uygarlığın bilimsel süreçte bu adıma ulaştığını fark ettik. Öyle ki, şu anda “zanaat” olarak nitelendirdiğimiz faaliyetlerin çoğu, esasında doğal dünyayı gözlemleyen nesillerin birikmiş deneyimlerini temsil ediyor.

Bilim eğitimi verenlerin bir düzen bulmaları genellikle bir problemle karşılaştıkları aşamada gerçekleşir. Zira bu düzenler genellikle konuştuğumuz dil yerine garip bir dilde, matematik dilinde ifade edilir. Matematik, yüksek düzeyde kesinliğe sahip olmanın muazzam avantajına sahip, kısmen yapay bir dildir. Öte yandan pek çok öğrencide yüksek seviyede kaygıya sebep olduğu da bir gerçektir. Matematik hakkında şunu söyleyeyim: Bir bilim insanı tarafından yazılmış hiçbir matematik denkleminde, -o kadar zarif olmasa bile- sıradan dilde ifade edilemeyen hiçbir şey yoktur. Dünyanın düzenleri hakkındaki kavrayışların matematiğe çevrilmesi, bir şiirin bir dilden diğerine çevrilmesinden daha gizemli değildir. Buna ek olarak, bilimin tüm büyük gerçekleri matematik olmadan da ifade edilebilir. Özellikle göreceğimiz gibi, çoğu günlük yaşamdan aşına olduğumuz kavramları içerir. Sonuç olarak, birkaç istisna dışında, bundan sonraki bölümde matematik yerine sıradan dili kullanacağız.

Teoriler

Doğayı onun düzenli ve öngörülebilir olduğunu anlayacak kadar uzun bir süre gözlemledikten sonra, bilimsel süreçteki belki de en ilginç soruya geçebiliriz. Evren, hâlihazırda gördüğümüz düzenleri üretecek derecede nasıl düzenlenmelidir? Diğer bir deyişle, deneyimimiz yaşadığımız dünya hakkında bize ne anlatıyor? Bu noktada, insan düşüncesi anlık deneyim âlemini

terk eder ve gördüklerimiz için daha derin bir anlam aramaya başlar. Bu süreci bir teorinin inşası olarak adlandıracam.

Bir uyarı: Bilim filozofları arasında “teori” kelimesinin kesin tanımı hakkında büyük bir tartışma süregelmektedir. Bu anlaşmazlık, kelimenin nasıl kullanılması gerektiği hakkında farklı sınırlamalar koyan taraflar arasındadır. Buna ek olarak, birçok insanın kafasında olumsuz bir kafa karışıklığı vardır çünkü konuşma dilinde “teori” kelimesi bazen “desteklenmeyen tahmin” ile eşanlamlı olarak kabul edilir. Bunu zaman zaman örneğin, varoluşumuza ilişkin farklı yaklaşımların müfredata dâhil edilmesiyle ilgili tartışmalarda görüyorsunuz. Bu tartışmalarda yaklaşımların “bir teori” olarak değerlendirilmesi aslında bilim insanlarının kavramı kullanma şeklindeki farkı vurgular.

Bu sorunlar nedeniyle, bir teori hakkında konuşurken benim ve çoğu bilim insanının ne demek istediğini açıklığa kavuşturmak için kısa bir özet yapayım. Tartışmaya biraz alışılmadık bir gözlemlerle başlamalıyım: Bilim insanları, evrenin nasıl çalıştığını öğrenmekte her ne kadar başarılı olsalar da, keşfettileri şeylere isim verme konusunda bir o kadar kötülerdir. Eğer ilk kez önerilen bir fikre “hipotez” adı verilse, bu fikir bin kez doğrulandıktan sonra bir “teori” hâline gelse ve bir milyon doğrulamadan sonra da bir “yasa” olarak anılsaydı çok güzel olurdu. Ne yazık ki, işler bu şekilde yürümüyor. Bir fikir ilk ortaya çıktığında hangi ismi alırsa, sonrasında gözlemler ne kadar iyi desteklenirse desteklensin o isimle kalıyor.

Size şöyle örnek vereyim: Bölüm 6’da Isaac Newton’un çalışması, özellikle o zamanlar Evrensel Çekim “Yasası” olarak adlandırılan şeyi geliştirmesi hakkında konuşacağız. Birkaç yüzyıl boyunca bu, yerçekimi olayına ilişkin en iyi açıklamamızdı. Günümüzde bile uzak bir gezegene uzay aracı göndermek istediğimizde de kullanılmaktadır. Yirminci yüzyılın başlarında, Albert Einstein, Genel Göreliliğin “Teorisi” adıyla

anılan daha derin bir yerçekimi açıklaması geliştirdi. Bu “teori”, özel bir durum olarak, Newton’un Evrensel Çekim “Yasası”nı içinde barındırır. Dolayısıyla, bu örnekte “yasa” dediğimiz şey aslında daha az geneldir ve “teori” dediğimiz şeyden daha az doğrulanmıştır. Bu, yukarıda bahsettiğim bilimsel adlandırma sürecindeki eksikliğin dramatik bir örneğidir ancak tek de değildir.

Fizik, modern formuna dönüşen bilimlerin ilki olduğundan, sonraki bilim insanların çalışmalarını fizikçiler tarafından oluşturulan kalıba sokmaya çalışma eğilimini doğurmuştur. Akademisyenlerin bu olayı tarif etmek için kullandıkları “fizik kıskançlığı” adında bir terim bile vardır. Ancak, farklı bilim dallarına uygun farklı “gözlem” türleri olduğu gibi, farklı kuram türleri de vardır.

Fizik, hassas deneyler ve oldukça nicel teoriler tarafından yönlendirilen kesin bir bilim olma eğilimindedir. Öyle ki, en iyi durumlarda teorik hesaplamalar ve laboratuvar deneylerinin sonuçları ondan fazla ondalık basamağı kabul edebilir! Bölüm 7’de göreceğimiz gibi, fizik teorileri kesin matematiksel terimlerle ifade edilmeye yatkındır. Ancak, yukarıda vurgulandığı gibi kelimelerle de ifade edilebilirler. Bu onlara bazen aldattıcı olabilen, fakat bilimsel bir teori için tek tip bir ideali karakterize eden bir kesinlik havası verir.

Yelpazenin diğeri ucunda, daha az nicel olan, genel eğilimleri ve süreçleri tanımlayan teoriler vardır. Bu tür teorinin bir örneğı, Bölüm 8’de bahsedeceğimiz, Darwin’in doğal seleksiyon teorilerine ilişkin orijinal ifadesidir. “Şu tür hayvanların %42.73’ü yavruları olacak kadar uzun süre hayatta kalacak,” şeklinde kesin tahminlerde bulunmak yerine, “Bu durumda A hayvanının yavrularının olması B hayvanına göre daha olasıdır,” gibi popölasyonların zaman içinde nasıl geliştiğine dair genel öngörülerini ifade eder. Dünyanın yapısına dair modern görüşümüz olan plaka tektoniğı teorisi gibi tarihsel

bilimlerdeki birçok teori bu türdendir. Bunların ışığında, Darwin'den bu yana teoriye birçok nicel gelişmenin eklendiğini belirtmeliyim. Örneğin, belirli bir organizmanın gelişimi hakkında bir tezi desteklemek için DNA analizi veya karmaşık matematiksel hesaplamalar kullanan modern bir paleontologu dinlemek hiç de alışılmadık bir şey değildir.

Bilimdeki farklı teori türleri arasındaki bu fark, günümüzde akademisyenler arasındaki en ilginç tartışmalardan birini besliyor. Tartışma, evrenin deterministik mi yoksa olumsal mı olduğu sorusuna odaklanıyor. Bölüm 6'da göreceğimiz gibi, Isaac Newton'un çalışması, evrene dair mekanik bir bakışa yol açtı; burada gözlemlenen olayların bir saatin kollarına benzer olduğu düşünülüyordu. Bu resimde saatin mekanizması doğanın kanunlarıdır ve eğer sadece mekanizma hakkında yeterince bilgi sahibi olsaydık, akrep ve yelkovanın gelecekte nerede olacağını tahmin edebilirdik. Bu resimde evren tamamen deterministtir. Öte yandan, "Kaseti tekrar çalıştırın ve tamamen farklı bir melodi elde edin," diye ileri süren paleontolog Steven Jay Gould gibi insanlar evrenin tesadüfi olduğunu iddia ettiler.

Bu, sorması kolay, cevaplama ise oldukça zor olan o derin sorulardan biridir. Bilesiniz ki, benim vardığım sonuç, evrenin Gould'un iddia ettiğinden çok daha az tesadüfi ve muhtemelen Newton'un düşündüğünden biraz daha az deterministik olduğudur.

Tahmin ve Doğrulama

Evrenin nasıl işlediğine dair bir fikre sahipsek, bilimsel süreçte son adımı atmaya hazırız. Bu, bilimi diğer tüm entelektüel faaliyetlerden ayırdığını öne sürdüğüm adımdır. Ana fikir, teorimize bakmamız ve şu basit soruyu sormamızdır: Bu teori henüz görmediğim bir şeyi tahmin ediyor mu? Eğer teorinin herhangi bir değeri varsa, henüz gözlemlenmemiş

olaylara ilişkin bu tür pek çok gözlem önerecek ve bu da yeni deneylere ve gözlemlere yol açacaktır. Aslına bakarsanız, bilimsel girişimin ayırt edici işareti, teorilerin doğal dünyanın gerçek gözlemlerine karşı bu amansız testidir. Açıkça söylemek gerekirse:

Bilimde doğru cevaplar vardır ve bunları nasıl alacağımızı biliriz.

Bu ifadeyle ilgili değinilebilecek birkaç nokta var. Bilimsel sürece doğayı gözlemleyerek başladık ve nihayetinde aynı şekilde bitiriyoruz. Bilim, fikirlerimizi doğanın gerçekleriyle karşılaştırarak, doğa olaylarını gözlemleyerek başlar ve biter. Bilimi diğer alanlardan farklı kılan, dışarıdaki bu tarafsız fikir hakeminin varlığıdır. Her bilim insanı (yazar dahil), sırf deneylerin her şeyin yanlış olduğunu göstermesi için, makul hipotezlerle bir argüman başlatma, mantığı takip ederek tartışılmaz bir sonuca varma deneyimine sahip olmuştur. Sonuç olarak, argümanlarınızı ne kadar iyi çerçevelediğiniz veya bilimsel toplulukta ne kadar statünüzün olduğu önemli değildir. Veriler sizi desteklemiyorsa yanılıyorsunuzdur. Bu kadar.

Bununla birlikte, bu doğrulama sürecinin ne kadar önemli olduğunu anladığımızda, bunun iki muhtemel sonucunun olabileceğini fark etmeliyiz. Tahminlerimiz gözlemlerle doğrulanmış olabilir. İşin garibi, çoğu bilim insanının bir deneye başladığında umduğu sonuç bu değil, çünkü böyle bir sonuç bilgi birikimimize pek bir şey katmıyor. Dahası, bilimsel toplulukta normalde bir teoriyi onaylamaktan çok çürütmeye bağlı bir yönelim vardır. Ama yine de, olumlu bir sonuç, teorimizin doğrulandığı anlamına gelir. Bu takdirde, bilim insanları genellikle test edebilecekleri bir başka tahmin arayışına girerler.

Doğrulama işleminin diğer alternatifi, tahminin doğrulanmamasıdır. Bu durumda ne olacağı, test edilen teorinin durumuna bağlıdır. İlk kez test edilen yeni bir teori ise, bilim

insanları basitçe çıkmaza girdikleri sonucuna varıp teoriyi terk edebilir ve yeni bir teoriyi oluşturmaya çalışabilir. Öte yandan, teori geçmişte bir miktar başarı elde ettiyse, bilim insanları onu yeni bulguya uyacak şekilde değiştirmenin ve genişletmenin yollarını ararlar. Diğer bir deyişle, “Başka ne teoriler geliştirebiliriz?” diye sormak yerine, “Bu teoriyi daha eksiksiz hâle getirmek için üzerinde ne değişiklikler yapmalıyız?” diye sorarlar. Bilimin tarihsel gelişimini incelerken bu iki sürecin de pek çok örneğini göreceğiz.

Tahmin ve doğrulama sürecinin somut bir örneğini aklımızda tutabilmek için, dikkatimizi Newton’un mekanik evren anlayışını geliştirmesini izleyen bir dizi olaya çevirelim. Binlerce yıllık astronomik gözlemi bir çırpıda birkaç derin fizik yasasının basit sonuçlarına indirgemişti. Saat gibi işleyen düzenli evreninde tek bir kusur vardı, rastgele ortaya çıkan kuyrukluysıldızlar.

Bir kuyrukluysıldızın Newton gibi insanlara nasıl görünmüş olabileceğini bir düşünün. Yukarıda saatin kollarının hareketine benzettiğimiz, gezegenlerin düzenli ilerleyişi gökyüzünde tuhaf bir ışığın görünmesiyle aniden kesintiye uğrar. Kuyrukluysıldız bir süre ortalıkta dolanır, sonra kaybolur. O da nereden çıkmıştır?

Edmond Halley, maceracı bir gençliğin ardından Kraliyet Astronomu olan seçkin bir bilim insanıydı. Newton’un bir arkadaşı olarak, bu kuyrukluysıldız sorununu çözmeye karar verdi. Bir hikâyeye göre, Newton’la akşam yemeği yiyirken arkadaşına şu basit soruyu sordu: Kuyrukluysıldızlar her şey gibi yerçekiminden etkilenen maddi cisimler olsaydı, yörüngeleri nasıl olurdu? Newton bu meseleyi düşünmüş ve arkadaşına kuyrukluysıldızların bir elips şeklinde hareket etmesi gerektiğini söylemişti. Bu bilgiyle donanan Halley, yörüngelerini belirlemek için yirmi altı tarihi kuyrukluysıldızın verilerini inceledi ve bu kuyrukluysıldızlardan üçünün tamamen aynı eliptik yörüngede hareket ettiğini keşfetti.

Aydınlanma yaşadı. Bu aynı yörüngedeki üç ayrı kuyruklu yıldız değil, üç kez geri dönen bir aynı kuyruklu yıldızdı. Halley, Newton Yasalarını kullanarak kuyruklu yıldızın ne zaman görüleceğini hesapladı ve tahminini yaptı. Tam olarak 1758’de geri dönecekti. Gerçekten de, 1758’de Noel arifesinde, Almanya’daki amatör bir gökbilimci teleskopunu gökyüzüne çevirdi ve kuyruklu yıldızı gördü. Tarihçilerin Halley Kuyruklu Yıldızı’nın “canlanması” dediği bu olay, modern bilimsel yöntemin gelişiminin sembolü olarak alınabilir.

Halley’i geride bırakmadan önce birkaç noktaya değinmek istiyorum. İlk olarak, kuyruklu yıldızın görünmediği bir senaryoyu da hayal edebiliriz. İşler bu şekilde meydana gelmedi ancak gelebilirdi. Bu, Halley’in tahmininin yanlış olabileceğini gösterir. Filozofların dilinde, Newton teorisi “yanlışlanabilir-dir”. (Amerikan hukuk sisteminde, bilimsel fikirlerin bu aynı özelliğine “test edilebilirlik” denir.) Yanlışlanabilir bir ifadenin doğru veya yanlış olabileceğini anlamak önemlidir. Örnek verecek olursak, “Dünya düzdür.” ifadesi tamamen yanlışlanabilir bir bilimsel iddiadır ve yanlıştır. “Dünya yuvarlaktır.” ifadesi de yanlışlanabilir ancak doğrudur. Tüm gerçek bilimsel teoriler yanlışlanabilir olmalıdır. (Bu onların yanlış olduklarını söylemekle aynı şey değildir.) Nihayetinde elinizde yanlış olduğu kanıtlanamayacak bir teoriniz varsa, bu bilim değildir.

Yine de, kuyruklu yıldızın dönüşünü tahmin ettiğinde yaptığı bir açıklamadan alıntı yapmadan Halley’i geçemem:

“Bu nedenle, eğer kuyruklu yıldız 1758 civarında tekrar geri dönerse, gelecek nesiller onun ilk kez bir İngiliz tarafından keşfedildiğini kabul etmeyi reddedemez.”

Bilimin Gelişimi

Çoğu zaman, çoğu bilim insanı, zanaatlarını az çok yukarıda verilen sırayla sürdürür. Çalışmalarına doğa gözlemleriyle

başlar ve onunla da bitirir. Ancak yukarıda belirttiğim gibi, bu adımlar bir “tarif kitabı” değildir ve bilim insanlarının sevinçle “kuralları çiğnediği” zamanlar da vardır. Belki de en ünlü örnek, Albert Einstein’ın gözlemle değil, iki farklı fizik alanı arasındaki temel bir çelişkinin derin bir analizi ile başlayan Görelilik Kuramını geliştirmesidir. Yine de ilan edildiğinde, bu teori de diğerleri gibi tahmin ve onaylama sürecinden geçmek zorunda kaldı. (Görelilikten Bölüm 9’da daha ayrıntılı şekilde bahsedeceğiz.)

Bilimin farklı alanlarına uygun farklı “gözlem” türleri olduğu gibi, bilim alanlarının ilerlemesinin de farklı yolları vardır. Bilimin değişebilmesinin bir yolu, bir teorinin başka bir teoriyle basitçe değiştirilmesidir. Nicolas Copernicus, Dünya’nın evrenin merkezinde sabit durmak yerine Güneş’in yörüngesinde döndüğü fikrini ilk ortaya attığında, teorisi eninde sonunda jeosentrizmle ilgili yaygın teorilerin yerini aldı. Genel olarak konuşursak, bu tür bir değişim süreci, bir bilimin gelişiminin erken dönemlerinde, hâlâ çok fazla bilinmeyen ve teorisyenlerin manevra yapabileceği pek çok alan varken meydana gelme eğilimindedir. En son bu tür bir toptan değişim, hareketli kıtalarıyla birlikte modern levha tektoniği teorisinin, sabit zemin teorilerinin yerini aldığı 1960’larda yer bilimlerinde gerçekleşti.

Bununla birlikte, bir bilim alanı belirli bir olgunluk düzeyine geldiğinde, farklı türde bir değişim hâkim olmaya başlar. Bilim insanları, eski teorileri yenileriyle değiştirmek yerine, onları terk etmeden yeni materyaller ekleyerek mevcut teorileri genişletirler. Bölüm 9’da göreceğimiz gibi, yirminci yüzyılda fizikteki büyük ilerlemeler (görelilik ve kuantum mekaniği) Newton fiziğinin yerini almaz. Onu yeni, başlangıçta uygulanmasının bilinmediği alanlara doğru genişletir. Atom dünyası için türetilen kuantum mekaniğinin kurallarını büyük ölçekli nesnelere uygularsak, bu kuralların Newton Yasaları ile özdeş hâle geldiğini görürüz. Bu nedenle bilimlerdeki bu tür

bir değişimin, bir ağacın büyümesine benzer olduğu düşünülebilir. Dış yüzeye her zaman yeni malzeme eklenir, ancak öz odun değişmeden kalır.

Fen bilimlerinde artan büyüme üzerine düşünmenin bir başka yolu, bilimin gözlemle başlayıp bittiği şeklindeki temel önceliğimize geri dönmektir. Her büyük bilim yasası gözleme dayanır ve yalnızca ona arka çıkan gözlemler kadar iyidir. Newton'un evren resmi, normal hızlarda hareket eden normal boyutlu nesnelerin gözlemleriyle büyük ölçüde destekleniyor. Ne var ki, yirminci yüzyıla kadar atom ölçeğinde nesneler hakkında hiçbir gözlemimiz yoktu. Bu gözlemler, kuantum mekaniği adı verilen yepyeni bir bilim dalına yol açtı fakat eski gözlemler topluluğu ile çelişmedi. Böylece, Newton Yasaları öz odun olarak kalmaya devam ediyor. Biz de esas geçerlilik alanlarının dışında uygulanamayacaklarını iyi bilmemize rağmen, köprüler ve uçaklar yapmak için hâlâ onları kullanıyoruz.

Bu da bizi bilimsel sürecin bir başka önemli yönüne getiriyor. Açıkladığım pragmatik yöntemler, gerçeğe giderek daha kesin yaklaşımlar bulmanın bir yolu olarak düşünülebilir. Fakat bizi asla gerçeğe ulaştırmazlar. Her bir bilimsel yasanın, ne kadar kıymetli olursa olsun, prensipte yeni bir gözlemle yanlış olduğu kanıtlanabilir. Olayların bu şekilde gelişmesi kuşkusuz pek olası değildir, ancak yanlışlanabilirlik koşulu bunun mümkün olmasını gerektirir. Tüm gerçeklerin geçici ve gelecekteki gözlemlerin sonucuna tabi olması bilimin doğasıdır.

Son olarak bu bilimsel sürece girişi, son yıllarda akademik tartışma konusu olan bir yönden bahsederek sonlandırmak istiyorum. Bu tartışma, bilimsel teorilerin geliştirilmesinde sosyal normların rolü ile ilgilidir. Bir tarafta çalışmakta olan ve çalışmaları aracılığıyla gerçekliğe dair çok daha iyi yaklaşımlar bulduklarına inanan bilim insanlarımız var. Diğer tarafta ise, bilimsel teorilerin aslında sosyal yapı dedikleri şeyin

sonucu olduğunu iddia eden filozoflar ve bilim sosyologları var. En uç hâliyle, bu argüman bir tür solipsistik egzersiz hâline gelir. Özünde doğada gözlemlenen bir düzenin, kırmızı ışığın “dur” ve yeşil ışığın “git” anlamına geldiği kuralından daha esas anlamı yoktur.

Bu argümanları duyan, çalışmakta olan, gözlem ve doğrulamaya vurgu yapan bilim insanlarının bu fikre şiddetle karşı çıkmaları sizi şaşırtmamalı. Bu, temelde yukarıda özetlenen görüşler arasında bir tartışma olan “Bilim Savaşları” adlı bir hadiseye yol açtı. (Yine de, çoğu bilim insanının bu tartışmayı hiç duymadığını söylemeliyim. Bu da birçok gözlemcinin, bir taraf ne olup bittiğinden habersizken “savaşın” mümkün olup olmadığını merak etmesine eden oldu.)

“Bilim Savaşları”ndaki temel mesele, sosyal yapıların bilim insanlarının elde ettiği sonuçları ne ölçüde etkilediğiydi. Toplumun bilimi ve bilimin de toplumu etkilediği neredeyse inkâr edilemez bir gerçektir. Asıl mesele, sosyal etkilerin yukarıda özetlenen bilimsel sürecin sonuçlarını ne ölçüde belirleyebileceğidir.

Kısa vadede, sosyal etkilerin bilimsel gelişme üzerinde büyük bir etkiye sahip olabileceği konusunda ufak bir anlaşmazlık olabilir. Mesela hükümetler, belirli araştırma alanlarını finanse ederek teşvik edebilir ve diğerlerini de caydırabilir. Hatta birçok ülkede insan klonlama çalışmalarında olduğu gibi, belli bir alanda çalışmayı yasa dışı hâle getirebilir. Nadir de olsa, hükümetler bilimsel sonuçları bastırmaya bile çalışabilir. (Bunun bilhassa korkunç bir örneğini görmek isterseniz, Josef Stalin’in eski Sovyetler Birliği’nde modern biyoteknolojinin gelişimini nasıl birkaç nesil ertelediğini görmek için Google’da “Trofim Lysenko” ismini aratın.) Bunun yanı sıra, bilimlerde araştırmanın yapılma ve yorumlanma şeklini etkileyebilecek hevesler ve eğilimler vardır.

Ancak uzun vadede, bu tür etkiler geçicidir. Yukarıda üzerinde durduğumuz gibi, sonuçta bilimde önemli olan gözlem yoluyla doğrulamadır. Mesela hiçbir hükümet müdahalesi veya sosyal baskı, Halley’in kuyrukluyıldızını 1758’de o gün gökyüzünden kaldıramazdı. Meydana gelen bilimsel hatalar ve daha seyrek de olsa bilimsel sahtekârlık vakaları bile sonunda bilimsel süreç tarafından ortaya çıkarılır.

Bilimsel süreçte sosyal etkilerin önemli bir tesire sahip olabileceği tek yer teorilerin inşasıdır. Sonuçta bilim insanları da toplumun birer üyesidir. Herhangi bir zamanda, herhangi bir toplumda, yasak oldukları için değil zamanın düşünce kalıplarının hemen dışında oldukları için düşünölemeyen bazı fikirler vardır. Mesela Isaac Newton, tıpkı rap müzik yazmayı düşünemeyeceği gibi görelilik teorisini de düşünemezdi. Bu bağlamda bilimden, “toplumsal olarak inşa edilmiş” şeklinde bahsedebiliriz.

Her durumda yukarıda özetlenen süreç, bilimin olgun formunda işleyişini temsil eder. İlerleyen bölümlerde, 1600’lerde Batı Avrupa’da modern biçimine ulaşan bilimsel sürecin unsurlarının dünyanın dört bir yanındaki kültürlerde nasıl geliştiğini göreceğiz. Oradan, önce Avrupa’nın çevresindeki Rusya ve Amerika gibi yerlere, sonra da tüm dünyaya yayılışının üzerinden geçeceğiz.

ASTRONOMİ: İLK BİLİM

Gelişen ilk bilim dalının astronomi olması ilk başta sizi şaşırtabilir. Sonuçta, yıldızlar ve gezegenler çok uzakta ve ortalama bir insanın günlük yaşamına çok az etki ediyorlar. Neden bir grup avcı-toplayıcı ya da ilkel çiftçi gökyüzünün gece görünüşüyle ilgilensin ki?

Yirmi birinci yüzyılda yaygın ve anlaşılabilir olan bu tutum, önemli bir tarihi unsuru görmezden gelir. Geniş çapta sokak aydınlatmasına yol açan teknoloji on dokuzuncu yüzyılın sonuna kadar geliştirilemedi ve çoğu yerde elli yıl boyunca yaygın elektrifikasyon olmadı. Bu demek oluyor ki, insanlık tarihinin büyük bir çoğunluğu boyunca gökyüzünün tüm güzelliği, sokak ışıklarının varlığının etkisi olmadan insanlara sunuluyordu.

En son ne zaman gece vakti şehrin ışıklarından uzakta, kırsal bir bölgede olduğunuzu düşünün. Yıldızların ne kadar yakın, ne kadar hızlı görüldüğünü hatırlıyor musunuz? İnsanlık tarihinin çoğunda insanlar her gün bununla yaşadı. Tabii ki gökyüzünde neler olup bittiğinin bilincindelerdi. (Eğer gece

gökyüzünü görme tecrübesini yaşamadıysanız, umarım en yakın zamanda yaşarsınız. Kaçırılmaması gereken bir şeydir.)

Şehirlerde, yapay ışıklar içinde yaşadığımızdan, gökyüzü zihnimizden uzaklaştı. Açık bir gecede, Ay ve birkaç yıldız görebilirsiniz ama hepsi bu kadardır. Gökyüzünde sıradan bir sokak lambasıyla kıyaslanacak hiçbir şey yoktur. Times Meydanı gibi parlak bir yerde ise gökyüzünde görülebilecek neredeyse hiçbir şey yoktur. Bize göre, gökyüzü olsa olsa doğanın tesadüfi bir parçasıdır.

Gökyüzünün tarih boyunca nasıl görüldüğünün şimdiki zamanla farkını açıklamak istediğimde, genellikle tipik bir kentsel olaya değiniyorum: İş çıkışı saati. Tahminimce bu kelimeler çoğu okurun aklında anlık görüntüler canlanmasını sağladı: Muhtemelen otoyolda yavaş yavaş ilerleyen uzun araba kuyrukları. Mesele şu ki, kimse sizi karşısına alıp iş çıkışı saatinin ne olduğunu açıklamadı ve hiç “İş Çıkışı Saatine Giriş” dersi almadınız. İş çıkışı saati sadece şehirde yaşıyorsanız hayatınızın bir parçasıdır ve biliyorsunuz ki günün belli saatlerinde mümkünse belli yollardan araba ile geçmezsiniz. Eğer kentsel bir ortamda yaşıyorsanız, iş çıkışı saati basitçe bilincinize sızar. Bana göre, göklerdeki cisimlerin hareketleri de aynı şekilde atalarımızın bilincine sızmıştır.

Buna ek olarak, gökyüzündeki cisimlerin hareketlerini gözlemleyerek elde edilebilecek çok pratik bir bilgi vardır: Bize mevsimlerin ilerleyişini işaretleyebileceğimiz bir takvim sağlarlar. Takvim olmadan yaşama fikri modern zihinlere epey garip gelebilir. 1582’den beri miladi takvimi kullanıyoruz. Bu takvim, mevsimleri takvim tarihleriyle uyumlu tutmak konusunda oldukça iyi bir iş çıkarıyor ve gerekirse Washington DC’deki Deniz Araştırma Laboratuvarı’ndaki bilim insanları her şeyi uyumlu tutmak için zaman içinde bir veya iki saniye atlayabilir.

Şu anki takvimimizin yapımının neden bu kadar uzun sürdüğünü anlamak için, öncelikle doğanın bize zamanı takip

edebilmemiz adına iki tür “saat” sağladığının farkına varmanız gerekir. Bunlardan biri Dünya’nın dönüşüdür. Bu olay, gündeğümü gibi güvenilir bir şekilde tekrar eder. Diğer saat ise Dünya’nın Güneş etrafındaki dönüşünü kapsar. Biz bu döngüye yıl deriz. Modern görüşe göre, mevsimleri belirleyen şey Dünya’nın yörüngesinde dönmesidir. Diğer taraftan, gündeğümü gibi olayları saymak zamanın geçişini takip etmenin en kolay yoludur. Takvimin rolü, günlerin kolayca sayılmasını sağlayıp Dünya’nın yörüngesindeki konumunu ölçmek için bu iki saati birleştirmektir. (Bütünlük olması açısından, üçüncü bir “saat” daha olduğunu belirtmem gerek; Ay’ın tekrar eden evreleri. Bu “saat” burada bahsetmeyeceğimiz ay takvimlerini doğurur.)

Bir tarım toplumu için takvimin önemi barizdir. Mahsullerin ne zaman ekilmesi gerektiğini bilmeleri gerekir ve günlük hava her zaman iyi bir gösterge değildir. Bu konuya değinmek istediğimde en büyük kızımın doğumundan bahsederim. Virginia’da bir Şubat günüydü, ama alışılmadık bir şekilde sıcak bir gündü. Şort giydiğimi ve hatıra için o gün basılan bütün gazeteleri aldığımı hatırlıyorum. Ancak, kızımın üçüncü doğum gününde, tüm günü ziyaretime gelen kocaman kar kütlelerini küreyerek geçirdim. Dünya bu iki seferde de yörüngesinde aynı yerdeydi, fakat hava koşulları oldukça farklıydı. Bahsettiğim ilk Şubat ayında sıcağa aldanıp bahçemi ekebilirdim ve bitkiler ay sonuna kadar soğuktan ölürlerdi. Bu benim için bir felaket olmazdı çünkü her zaman süpermarkete gidebilirim. Ancak eğer eski bir tarımsal yerleşimi yönetiyor olsaydım, bu bütün topluluk için açlık anlamına gelirdi.

Modern dilde takvimin rolü, gökyüzündeki tekrar eden olayları kullanarak Dünya’nın Güneş etrafında yörüngesindeki pozisyonunu belirlemek ve böylece mevsimleri takip edebilmektir. En bariz belirleyici olaylar, yılın farklı zamanlarında Güneş’in gökyüzündeki konumuyla ilişkilidir. Yerleşik şehir insanları bile yazın günlerin kışın olduğundan daha uzun

olduğunun farkında. Hatta soğuk aylarda Güneş'in gökyüzünde daha alçakta durduğunu fark etmiş olabilirler. Modern anlayışımıza göre, bu olay Dünya'nın dönme eksenindeki eğiminden kaynaklanır, ancak ilkel gözlemciler bu açıklamanın pek farkına varamazdı.

Bir yılın onlara nasıl görüldüğünü hayal edin. Kış ilerledikçe Güneş daha da geç; üstelik her geçen gün biraz daha güneyde doğardı. Ve sonra, aşırı soğuk bir sabah mucize gerçekleşir! Güneş kendini ters çevirip kuzeye doğru doğmuştur ve günler uzamaya başlar. Bu küçük, şaşırtıcı olay, yani kış gündönümü, kuzey yarımküre boyunca ateşler yakılarak kutlanırdı. Neden noel ağaçlarına ışıklar asıldığını hiç merak etmediniz mi?

Bu olayı takip etmek için yazma bilmeyen insanlar arasında bile, sözlü bir geleneğin başladığını hayal etmek zor değildir. Gri sakallı bir ihtiyarın torunlarına, o büyülü günde belirli bir noktada dururlarsa Güneş'in tepelerdeki belirli bir çentiğin üzerinden doğduğunu görebileceklerini anlatışını kolaylıkla hayal edebilirsiniz. Dünya etrafında tekrarlanan bu tür olaylar, bir önceki bölümde bahsettiğimiz düzenlerin keşfedilmesine birer örnektir.

Bunun yanında, Dünya'nın Güneş etrafındaki görüngesindeki konumunu belirlemenin de bir yoludur. Yine de, atalarımızın gökyüzünü görme biçiminin; bugün sahip olduğumuz gibi, soğuk, kişiliksiz ve fizik yasalarına uyan nesnelerin bir koleksiyonu şeklinde olmadığını unutmamamız gerekir. Gündoğumu ve günbatımı gibi olaylar dizisine bakın mesela. Bize göre bu yalnızca gezegenimizin dönme hareketinin basit bir sonucudur. Eğer kafamızda canlandırmak istersek, üzerinde tek yönden parlayan bir ışıkla dönmekte olan bir küre hayal edebiliriz. Küre döndükçe yerküre üzerindeki yerler ışığa doğru hareket eder ve daha sonra karanlığa geri dönerler, bu kadar basit. Ancak ilk gökbilimciler Güneş'in hareketini kesinlikle böyle görmedi.

Doğrusu, pek çok antik uygarlıkta Güneş ya da muhtemelen Güneş Tanrısı'nın günbatımında öldüğü ve belki yeraltında bir süre dolaşıp gündoğumunda yeniden doğduğu düşünülüyordu. Örneğin, Mısır mitolojisinde Gökyüzü Tanrıçası Nut her sabah güneşi doğurur. Batıda Güneş'in batması ve ölmesi gerçeğinin, Piramitlerden Krallar Vadisi'ne Mısır'ın tüm büyük mezarlarının Nil'in batı yakasında yer almasına neden olduğu söyleniyor. Hatta antik Mısır'da, "batıya göçtü" tabiri bizim kullandığımız "vefat etti" tabiriyle aşağı yukarı aynı görevi üstlenmiştir. Benim şahsi favori güneş hikâyem Aztek mitolojisinden. Bu hikâyede, Güneş Tanrısı, her gün sırf aşağı çekilip doğum yaparken ölen kadınların ruhları tarafından öldürülme için doğuyor ve zirveye kadar yükseliyordu. Korkunç!

Modern ve antik görüşler arasındaki bu farklılıklardan bahsetmemin sebebi, bu örneklerin bize antik bilime modernitenin merceğinden bakmanın bazı tehlikelerini göstermesidir. Bir fizikçi olarak, antik gökbilimini evren hakkındaki kişiliksiz görüşlerimizin bir öncüsünden fazlası değilmiş gibi görmek benim için kolay. Ancak antik gökbilimcilerin yaptıklarını sandıkları şey bu değildi. Tıpkı benim gibi, onlar da gökyüzünü gözlemleyerek evren hakkında önemli çıkarımlar yapmaya çalışıyorlardı. Önemli olan benim Newton'un Yerçekimi Kanunu'nun işleyişini gördüğüm yerde onların tanrıların hareketlerini görmeleri değil, asıl önemlisi ikimizin de gökyüzünü gözlemleyip ne anlama geldiğini bulmaya çalışmamızdır.

Ancak eski gökbilimcilerin ilerilik düzeyinin kıymetini anlamaya oldukça yakın bir tarihte başladık. Buna rağmen, 1960'lardan beri bu yana "arkeoastronomi" alanında pek çok ilerleme yaşandı. Arkeoastronominin amacı, hem antik uygarlıkların gökbilimsel bilgilerini hem de antik kültürlerde bu bilginin rolünü anlamaktır. Bu alanda çalışanlar iki gruba ayrılırlar: Gökbilimciler bilime odaklanmaya meyilliyken antropologlar kültüre odaklanır. Başlangıçta bu ayrılmanın bazı komik sonuçları olmuştu. Örnek verecek olursak, yeni bilim

dalı üzerine 1981’de Oxford Üniversitesi’nde yapılan ilk resmi akademik toplantıların birinde iki grup da kendilerinin diğer gruptan o kadar farklı olduğunu düşündü ki yapılan konferans iki ayrı ciltte basıldı. Arkeoastronomideki bu iki farklı yaklaşım o zaman basılan kitapların renkleriyle adlandırıldı; “Yeşil Arkeoastronomi” temel olarak gökbilimsel, “Kahverengi Arkeoastronomi” kültürel ve antropolik oluşunu ifade ediyordu. İki tarafın da o zamandan beri diğerinin bilim dalı hakkında bir şeyler öğrenmeye başlamasıyla iyi bir ilerleme kaydedildi.

Astronominin doğuşu

Gece gökyüzünü ciddi bir şekilde ilk kimin incelemeye başladığını asla bilemeyeceğiz çünkü o kişi yazının olmadığı bir kültüre aitti. Ancak arkeoastronominin gelişi bize antik gökbilimcilerin geride bıraktığı yapıları inceleyerek gökbiliminin başlarıyla ilgili bir miktar bilgi toplayabileceğimizi gösterdi. Bu ilk insanların güdülerini hakkında ise, taşlar bize bir şey anlatmaz. Yukarıda verilen en genel açıklama, gökbilimin ilk başlardaki görevlerinden en az birinin takvim oluşturmak olduğudur. Ancak bu tek işlev olamazdı. Çünkü aşağıda göreceğimiz gibi, tarım yapanlar kadar tarım yapmayan insanlar da gökbilimini geliştirdiler.

Gökbiliminin doğumuna dair kesin bir tarih veremesek de bu olayı sembolize edebilecek iyi bilinen bir yapı seçebiliriz. Bu rol için güney İngiltere’deki Stonehenge’i aday göstermek isterim. Güney İngiltere’deki bu büyük dikili taş çemberi, bilinen en eski anıtlardan biridir. Öyle ki, görüntüsü Windows’ta standart duvar kâğıtlarından biri olarak kullanılıyor. Stonehenge’deki inşaat yaklaşık olarak M.Ö. 3100’de başladı. Bu yüzden tartışmamız için bu anıtın seçilmesi, arkeoastronominin doğuşunu aydınlatmak gibi ek bir avantaja sahiptir. Bu bilim dalının, 1965 yılında İngiltere doğumlu gökbilimci Gerald Hawkins’in anıttaki taşların hizalanmasına ilişkin bir analizinin yayınlanmasıyla başladığı söylenebilir.

Hawkins'ın çalışmalarına geçmeden önce anıtın kendisini anlatmak isterim. Ana kısım, iki eşmerkezli taş daireden oluşur. Dış daire bir direk ve lento yapısına, yani üçüncüsü üste yerleştirilmiş iki dik taşa sahiptir. Taşların bir kısmı oldukça büyüktür. Ağırlıkları 50 tona kadar çıkabilir, bu yüzden onları taşımak basit bir iş olamazdı. Kabaca konuşursak, anıt aşamalar hâlinde inşa edilmiş ve M.Ö. 2000 civarında tamamlanmıştır.

Stonehenge hakkında türlü efsaneler vardır. Druidler veya Jül Sezar tarafından inşa edildiği, taşların İrlanda'dan Büyücü Merlin (hatta bizzat Şeytan) tarafından uçurularak getirildiği gibi efsaneler. Gerçeği şu ki, taşlar druidler ortaya çıkmadan iki bin yıl öncesinde çoktan yerlerindeydi. Söyleyebileceğimiz en iyi şey, anıtın neolitik insanların, yani ne yazıya ne de metal aletlere sahip olan insanların, nesiller boyu sürdükdükleri çalışmalarının sonucunda inşa edildiğidir.

Hawkins, Stonehenge'e yakın bir yerde büyüdü ve çocukken taşların etrafında dolaşırdı. Taşların dizilme şeklinin önemli olduğunu fark etti. Anıtın ortasında durduğunuzda, çok bariz bazı görüş hatları oluşuyordu. Neredeyse anıtı yapanlar "Şu tarafa bak, işte burada önemli bir şeyler olacak!" diyormuş gibi.

Hawkins görüş hatlarının işaret ettiği yerlerde dolaştı. Profesyonel bir gökbilimci olarak, MIT'deki yeni çıkan bilgisayarlara erişim sağlayabiliyordu ve bu sayede o hatların çoğunun önemli astronomik olaylara işaret ettiğini gösterebildi. Yaz ekinoksu, yani yazın başlangıcı bu olayların en ünlüsüdür. Ekinoks gününde, taş çemberin ortasında duran bir kişi, Güneş'in yaklaşık 30 metre ötedeki tarlada kurulmuş "topuk taşı" adı verilen sivri bir taş üzerinde yükseldiğini görecektir. Hatta günümüz druidleri her yıl beyaz cübbelerini giyip bu olaya şahit olmak için Stonehenge'e giderler.

Hawkins'ın bilgisayarları, yaz ortasında günbatımı, kış ortası gündeğümü ve günbatımı ile bu olaylara en yakın dolunayın yükselişi gibi başka önemli gruplaşmalar buldu. Ayrıca,

anıtın belli noktalarını kullanarak tutulmaları tahmin etmenin mümkün olabileceğini öne sürdü. Ancak bu iddiası bilim insanları tarafından büyük ölçüde kabul edilmedi.

Modern anlayışımız açısından, Stonehenge’de Güneş’in topuk taşının üzerinde yükselmesi, Dünya’nın her yıl yörüngesinde belirli bir yerde olduğu zamanı gösterir. Yeni yılın ilk gününü işaret ediyor ve o noktadan itibaren günleri saymak çok basit oluyor. Dolayısıyla, Stonehenge’in “takvim” olarak görülmesi bu günlerde sıklıkla karşılaşılan bir kavramdır.

Bir açıklama yapacak olursak; bir yıldaki gün sayısı tam sayı olmadığından, gün sayımının yıllık olarak yeniden ayarlanmasına ihtiyaç vardır. Yılın 365 günü olduğunu düşünmeye alışkınız ancak aslında bir yılda 365,2425 gün vardır. Bu, topuk taşıdaki gün doğumundan sonra sadece 365 gün saydıysanız, Dünya’nın aslında saymaya başladığınızdan itibaren yörüngesinde bir günün yaklaşık dörtte biri, yani 6 saat geride olacağı anlamına gelir. Dört yıl boyunca saymayı sürdürdüğünüzde bir gün geride olacaktır, işte bu yüzden artık yıllarımız var. Her bir yılı hesaplamaya, topuk taşı gün doğumundan başlayarak Stonehenge sahipleri, takvimlerini mevsimlerle uyumlu tutabilirlerdi.

Stonehenge hakkındaki bu fikirler değer kazandıkça bazı çevrelerin böylesine ilkel bir teknolojiye sahip insanların gerçekten böyle bir projeyi gerçekleştirmiş olabileceği fikrini kabul etmekte gönülsüz olmaları ilginçtir. Ünlü bir söyleşide, akademik bir toplantıdaki bir akademisyen; meslektaşlarını “uluyan barbarların” böyle bir şeyi yapabileceklerini ileri sürdükleri için kınadı. Zaman geçtikçe ve daha da önemlisi, arkeo-astronomik alanların dünyanın her yerinde bulunabileceği anlaşıldıkça, bu tür bir muhalefet ortadan kalktı. Yukarıda açıkladığımı umduğum gibi, yazı yazmayan insanların bu tür bir yapıyı inşa etmek için gereken astronomik bilgi birikimini edinmiş olmaları hiç de şaşırtıcı değildir. Asıl dikkat çekici

olan şey, bu büyüklükte bir projeyi tamamlayabilecek sosyal organizasyona sahip olmalarıdır.

Stonehenge’i geçmeden önce bir noktayı belirtmemiz gerekiyor. Stonehenge’in astronomik bir gözlemevi olarak işlev görmesi, onun *yalnızca* astronomik bir gözlemevi olduğu anlamına gelmez. Güneş’in gökyüzünde en yüksek noktaya ulaştığı yaz ortası gündeğümü, şüpheş dini önemi olan bir an, “gündeğümü ayinlerinin” erken bir versiyonuydu. Bu kutlamanın izlerini hâlâ Paskalya’da görebilirsiniz. Dahası, Stonehenge’in çevresindeki alan, dünyanın en zengin neolitik anıt koleksiyonlarından birini barındırır. Bilim insanları, Stonehenge’in birbirine bağı kutsal yerler ağının bir parçası olarak önemli gömüler için bir mekân ya da günümüzdeki Lourdes gibi bir şifa merkezi olarak hizmet vermiş bir yer olabileceğini öne sürdüler. Yazılı kayıtlar olmadan bu tür bilgileri ortaya çıkarmak gerçekten zor olduğundan bu çalışma spekülatif olmaya devam ediyor.

Ancak modern terimlerle diğeri işlevleri ne olursa olsun, Stonehenge’in mevsimleri gün sayımına uygun olarak tutan gökbilimsel gözlemevi rolünü oynadığına dair şüphe oldukça az olabilir. Yukarıda belirtildiğı gibi, bizim için kültürel bir simge hâline gelmiştir. Örneğın, batı Nebraska’daki Alliance kasabasıdaysanız, kullanılmış 1972 model cadillaclardan yapılmış Stonehenge’in bir kopyası olan Carhenge’i ziyaret edebilirsiniz.

Sıralama Analizi

Hawkins’in Stonehenge üzerinde yaptığı analiz türü, “sıralama analizi” olarak adlandırılabilir şeyin bir örneğidir. Buradaki fikir, eski bir yapıyı alıp, önemli özelliklerine -örneğin iki büyük dik taş arasına- çizgiler çizmenizdir. Sonra bu çizgilerden herhangi birinin yaz ortası gündeğümü gibi önemli bir gökbilimsel olaya işaret edip etmediğini görürsünüz. Yeterli sayıda önemli sıralama elde ederseniz,

muhtemelen anıtın gökbilimi göz önünde bulundurularak inşa edildiğini varsayabilirsiniz.

Bu tekniğin Stonehenge’de işe yaradığı gösterildiğinde bilim insanları, hem Avrupa, Asya ve Afrika hem de Amerika kıtasındaki birçok antik yapının gökyüzündeki olaylarla aynı hizada olduğunu çabucak fark ettiler. Bu görüş, Kuzey Avrupa’da serpiştirilmiş olan taştan daireler gibi şeyleri incelemede özellikle önemliydi. Bu yapıların nasıl kullanıldığını bize anlatan herhangi bir yazılı kaynağımız olmadığından, kendi hikâyelerini anlatmaları için bu taşlara bel bağlamaktan başka çaremiz yok. Orta ve Güney Amerika’da ise durum farklı çünkü İspanyol fatihlerin yazılı kaynakları, yerli dinlerin nasıl işlediğini biraz olsun anlamamızı sağlıyor.

Belirli bir kutsal olayla uyumlu olması için bir yapı inşa etmenin bir örneğini ele almama izin verin. Güney Mısır, Nubia’da Abu Simbel adındaki yerde büyük bir tapınak vardır. Muhtemelen fotoğraflarını görmüşsünüzdür, önünde dört devasa oturan firavun heykeli var. Bu tapınak muhtemelen Mısır’ın en önemli firavunlarından biri olan II. Ramses tarafından büyük olasılıkla, -en azından kısmen- Mısır’a güneyden gelmeye çalışacak olan potansiyel kuşatmacılara bir uyarı görevi görsün diye yaptırıldı. Diğer tüm Mısır tapınakları gibi bu da sıra hâlinde dizilmiş bir dizi odadan oluşur ve girişe en uzak olan oda “kutsalların kutsalı” olarak hizmet verir. Tapınakların çoğu düz zemin üzerine taştan yapılmıştır, ancak Abu Simbel, Nil’e bakan bir uçurumda yekpare kayaya oyulmuştur.

Tapınağın ekseninin yönü öyle dikkatli seçilmiştir ki, yılın iki günü; 20 Ekim ve 20 Şubat’ta yükselen Güneş, 180 metrelik yapının tamamı boyunca parlar ve en içteki odadaki heykelleri aydınlatır. Bu günler, firavunun doğum ve taç giyme töreni günleri olduğundan, bu sıralamanın seçilme nedeni de belli oluyor. Bu durumda yazılı kaynakların varlığı, tapınağın hizalanmasının önemini açıkça ortaya koymaktadır.

Bunun yanında, belirtmem gerekir ki, 1960’larda Aswan High Dam inşa edildiğinde sonradan Nasser Gölü olarak adlandırılan gölün yükselmesi, bu muhteşem tapınağı sular altında bırakmakla tehdit etti. Muazzam bir çaba ile uluslararası mühendis grupları yapının tamamını parçalara ayırıp daha yüksek bir yerde tekrar birleştirdiler. Hatta orijinali yerine yapay bir uçurum bile yaptılar.

Sıralama üzerine iddialar bize antik insanların gökbilimsel bilgilerini anlamamızda yardımcı olsalar da bu iddialar kullanılırken dikkatli olunmalıdır. Öncelikle, bir yapı Stonehenge gibi tamamen karmaşıksa, çizebileceğiniz muhtemel hatların bir kısmı şans eseri gökbilimsel bir olayı işaret edebilir. Örneğin, en sevdiğiniz atletik stadyumdaki bütün girişleri birbirine bağlayan çizgiler çizin. Muhtemelen yüzlerce çizgi olacağı için aralarından en az birinin önemli bir şeye işaret etmemesi şaşırtıcı olurdu. Bu demek oluyor ki, bir yapıda birkaç uyuşma görseniz bile, şüpheli zihinleri yapının gökbilimsel bir kullanımı olduğuna ikna etmek için ek kanıtlara da ihtiyaç duyacaksınız.

Bu konuyu belirtmek için insanlara Virginia Üniversitesi’nin 1980 ve 1990’lardaki gökbilimi bölümünden bahsederim. O dönemde bölüm, aslen Hukuk Fakültesi olan ve o zamandan beri Çevre Bilimleri Bölümü’ne dönüşen bir binada yer almaktaydı. Binanın üçüncü katında uzun bir koridor vardı ve çoğu arkadaşımın ofisi de bu koridorda yer alıyordu. Tesadüfen, 13 Nisan günbatımında Güneş, binanın sonundaki bir pencereden parlayacak ve tüm koridora girebilecek bir konumdaydı. Bu tarih, Virginia Üniversitesi’nin kurucusu olan Thomas Jefferson’un doğum günü olduğundan gelecekte bazı arkeoastronomerlerin bu uyuşmaya bir tasarım unsuru atfedebileceğini öngörmek zor değil. Hâlbuki bu aslında sadece ara sıra gerçekleşen bir tesadüften ibaret.

Stonehenge konusunda, topuk taşının hizalanması açıkça önemlidir. Taşın ana daireden uzakta oluşu ona ayrı bir önem

kazandırır. Topuk taşının oraya konmuş olmasının, -daha önce değindiğim şekilde- yapıyı inşa edenlerinin “Bu tarafa bak!” de-yişlerine bir örnek olduğu barizdir.

Amerika Kıtası’ndaki Anıtlar

Arkeoastronomi konusunu Amerika Kıtası’nda bulunan ve çok farklı kültürlerin ürünü olan iki farklı tür yapıdan bahse-derek kapatmama izin verin. Biri Yucatan Yarımadası’ndaki Maya merkezi Chicken Itza’da bulunan “gözlemevi” ya da El Caracol’dur. Diğeri de Wyoming’de Big Horn Dağları’ndaki Şifa Çemberi’dir.

Gözlemevinin yapımına muhtemelen dokuzuncu yüzyılda, Maya klasik döneminin sonlarında başlandı. Kare tabanlı ve üst katında modern bir gözlemevini andıran yuvarlak bir kubbesi olan iki katlı bir binadır. İspanyolca ismi El Caracol (Salyangoz), binanın içindeki döner taş merdivenden geliyor. Üst kattaki camların hizalanışı yaz gündönümündeki günba-tımı, kış gündönümündeki gündeğümü ve Venüs gezegeni-nin en kuzey ve güneydeki konumlarını işaret ediyor. (Venüs Maya kehanetinde özel bir rol oynar ve dönümü kullandıkları takvimlerden birinin temelini oluşturur.) Üst katın duvarının bir kısmı çökmüştür, ancak araştırmacılar onun, örneğin yaz dönümü gündeğümüne işaret eden pencereleri içerdiğini öne sürerler. Colgate Üniversitesi’nden gökbilimci Anthony Ave-ni, El Caracol’daki 29 hizalamanın 20’sinin önemli gökbilim-sel olaylara işaret ettiğini hesapladı. Bu tesadüf olamayacak kadar yüksek bir oran.

Gözlemevi, muhtemelen devasa taş piramidi ile tanınan Chi-chen Itza kompleksinin ortasında yer almaktadır. Teknolojik olarak gelişmiş bir tarım toplumunun ürünü olduğu barizdir. Kuzey Amerika’nın şifa çemberleri oldukça farklıdır. Birleşik Devletler ve Kanada’da dağlık batı boyunca bulunurlar, en büyüğü ve en iyi bilinenleri ise kuzeydoğu Wyoming’in Big

Horn dağlarındadır. Bu noktaya kadar bahsettiğimiz anıtların hepsinden farklı olarak, bu şifa çemberi, zemine serilmiş taşlardan biraz daha fazlasından oluşan oldukça ilkel bir yapıdır. Temel yapısı, parmaklıkları olan bir tekerlektir. Tekerleğin “göbeğinde” küçük bir taş daire çevresinde de altı taş yığını daha vardır. Taş yığınları, oturan bir gözlemciyi barındıracak kadar büyüktür. Yapı yaklaşık 25 metre genişliğindedir. Taşlar çok büyük olmamakla beraber çoğu, tek bir kişi tarafından kolayca taşınabilir.

Wyoming çemberi, dağların hemen kenarındaki düz bir platoda, muhteşem bir ortamda yer almaktadır. Bu konum, gökyüzünün ve aşağıdaki Big Horn havzasının açık bir görünümünü sağlar. Gökbilimciler, çeşitli taş yığınlarında oturan insanlar tarafından görülebilen birkaç önemli sıralamayı fark etmişlerdir. İki tanesi sırasıyla yaz gündönümü gündoğumu ve günbatımı içindir. (Kışın tekerlek birkaç metre kar altında kalır, bu sebeple kış sıralaması yoktur.) Ek olarak, önemli yıldızların (Aldebaran, Rigel ve Sirius) güneşsel yükseliş denen şeye işaret eden sıralamaları vardır. “Güneşsel yükselme”, bir yıldızın şafaktan önce Güneş’in üzerinde ilk kez görülmesine denir ve mevsimlerin bir başka göstergesi olabilir.

Şifa çarklarından neredeyse 150 tane var ve onlarla ilgili ilginç olan şey onları inşa edenlerin tarımcı değil göçebe avcılar olmasıdır. Bu tür insanların sadece gelişmiş gökbilimsel bilgi elde etmekle kalmayıp, bu bilgiyi yapılara dâhil edebildikleri gerçeği, ne kadar ilkel olursa olsun, muhtemelen ilk insanların gökyüzünü inceleme yeteneği hakkında sunabileceğim en iyi kanıttır.

Çıplak Göz Astronomisi: Babil ve Çin

Teleskop 1600’lerin ortalarında icat edildi, bu nedenle önceki tüm göksel gözlemlerin çıplak insan gözüyle yapıldığını varsaymak gerekir. Birçok eski uygarlık, gökbilimsel gözlemlerin

yazılı kayıtlarını tutmuştur ve bu kayıtlar, neyin önemli olduğunu düşündükleri konusunda oldukça net fikirler verir. Bu kısımları birbirine çok uzak iki kültürdeki astronomiyi ele alarak bitireceğiz: Babil ve Çin.

Medeniyet, Dicle ve Fırat nehirleri arasında, günümüz Irak'ında, M.Ö. 3000'den çok önce gelişti ve bu bölgede birkaç binyıl boyunca çıplak gözle gökbilimi gözlemleri yapıldı. Şanslıyız, çünkü bu medeniyetler sadece yazı yazmakla kalmadılar, aynı zamanda gözlemlerini özellikle dayanıklı olan, ortalama sağlamlıkta kil tabletlere kaydettiler. (Babil sayısal sistemini ele aldığımız Bölüm 3'te bununla tekrar karşılaşacağız.) Temel olarak, sayılar ve kelimeler kama şeklindeki bir kalemin yumuşak kile bastırılmasıyla kaydedilirdi. Bu Latince *cuneus* veya kama kelimesinden türemiş, “çivi yazısı” olarak adlandırılan bir yazma yöntemidir. Sertleştirilmiş kil tabletler yangın, su baskını ve binaların çökmesine dayanıklıdır. Bu nedenle Babil gökbilimi hakkındaki bilgilerimiz oldukça geniştir.

Babil astronomik kayıtlarına bakmak, modern bir bilim insanı için garip bir deneyim olabilir. Bir yandan, yeniayın zamanı, tutulmalar ve gökyüzündeki yıldız ve gezegenlerin konumları gibi şeylerle ilgili yüzyılların birikimi büyük bir veri vardır. Bu veriler, Hipparchos ve Batlamyus gibi daha sonraki Yunan gökbilimciler için çok önemli hâle gelmiştir. (Bkz. Bölüm 3) Bu tür faaliyetler, kuşkusuz yukarıda bahsedildiği gibi takvimi gökyüzü ile uyumlu tutmak için kullanılmıştır. Daha da önemlisi, Babillilerin gökyüzündeki olayların dünyadaki olayları etkileyebileceğine dair derin inancıdır. Dolayısıyla, astronomik yazılarının çoğu alâmetleri bulmakla ve “gökyüzünde bir x olayı meydana gelirse, y'nin dünyada olma tehlikesi vardır” biçimindeki ifadelerle ilgilidir.

Bir açıklama yapacak olursak, alâmetler tahminle aynı şey değildir. Alâmetler x olayı görüldüyse y olayı da kesinlikle olacaktır, demez. Sadece x'i görürseniz y konusunda da dikkatli

olsanız iyi olur demekten ibarettir. Bunu, modern bir doktorun bir hastaya kolesterol seviyeleri hakkında bir şey yapmazsa kalp hastalığı tehlikesi olduğunu söylemesine benzer bir şey olarak düşünebilirsiniz. Yüksek kolestrolü olan herkes kalp krizi geçirmez, ancak kolestrol seviyeniz sizi daha yüksek risk kategorisine sokar. Gökyüzündeki olaylara dayanan bir Babil alâmeti de aynı türden bir şey olurdu. Bu yüzden kral-lar, belirli bir zamanda askeri bir harekât başlatıp başlatmama gibi sorularda sık sık yıldızlara danışır-dı. Öte yandan, işaretler iyi olsa da kaybedebilirdiniz. Ancak işaretler kötü olsaydı, ihtimaller iyiyken olduğundan daha çok lehinize olurdu.

Çin, uzun süreli çıplak gözle astronomi kaydına sahip başka bir medeniyettir. M.Ö. dördüncü yüzyıldaki “Savaşan Devletler” dönemine kadar uzanan kapsamlı kayıtlara ve çok daha eskilere giden parçalı kayıtlara sahibiz. Çin’de gökbilimcilerin faaliyetleri hükümetin işleyişiyle yakından bağlantılı görünüyor. Örneğin, gökbilimcilerden her yeni hükümdar hanedanı için yeni bir takvim üretmeleri, tutulmalar gibi önemli olayları tahmin etmeleri bekleniyordu. Öyle ki, M.Ö. 2300 civarında iki gökbilimcinin bir tutulma için doğru zamanı tahmin edemediklerinden kafalarının kesildiğini söyleyen kayıtlar var.

Çin astronomisinin modern bilim insanlarının dikkatini çeken birkaç yönü vardır. Süpernova dediğimiz olayların titiz kayıtlarını tutmuşlardır. Çinliler onlara “konuk yıldızlar” dedi. Bu olaylar, büyük yıldızların patlayarak ölmeleriyle bağlantılıdır. Yeryüzündeki bir gözlemciye; daha önce yıldızın olmadığı bir yerde aniden belirip, birkaç ay etrafta dolaşarak ve sonra da kaybolarak kendilerini gösterirler. Modern gökbilimciler, ürettikleri genişleyen enkaz bulutlarını arayarak antik süpernova alanlarını tespit edebilirler, bu da Çin kayıtlarının modern tekniklerle desteklenebileceği anlamına gelir. Belki de bunların en ünlüsü, M.S. 1054’te ortaya çıkan, Toros takımyıldızındaki sözde Yengeç Bulutsusu’dur. Bu sadece Çinliler tarafından değil, Japon ve Arap gökbilimciler ve belki

de New Mexico, Chaco Kanyonu'ndaki Kızılderililer tarafından da gözlemlendi. Tuhaf olan şu ki, Avrupa kayıtlarında bundan hiç bahsedilmiyor.

Çin astronomisinin modern bilimde rol oynayan bir yönü de, Güneş lekelerinin ortaya çıkmasıyla ilgilidir. Normal şartlar altında insanlar çıplak gözle Güneş'e bakamazlar. (Asla bunu yapmaya çalışmamalısınız.) Ancak Kuzey Çin'de, ışığı Güneş diskinin gözlemlenmesine izin verecek kadar engelleyen toz fırtınaları vardır ve yaklaşık M.Ö. 200'den itibaren Güneş'te görülen lekelerin kayıtları bulunabilir.. İfadeler; bir Güneş lekesi veya daha büyük olasılıkla bir Güneş lekesi grubunun görünümü olarak yorumlanan "Güneş'te üç ayaklı bir karga (veya bir yıldız veya pirinci ölçmek için kullanılan bir alet) görüldü." şeklindedir. Bu tür kayıtlar, bilim insanlarının 11 yıllık Güneş lekesi döngüsünün varlığını ilk kez belirledikleri on dokuzuncu yüzyılda önemli hâle geldi. Ve yine, yirminci yüzyılda, geçmişte Güneş lekelerinin hiç ortaya çıkmadığı uzun dönemler olduğunu kanıtlamaya dâhil olduklarında da önemliydi. (Burada bu dönemlere değinmeyeceğiz, ancak ilgilenenler bu olayların en yenileri hakkında bilgi edinmek için "Maunder Minimum"a bakabilir.)

Görünüşe göre Çinliler, astronomik kayıtları tutmanın yanı sıra, bugün kozmolojik modeller olarak adlandırdığımız göklerin nasıl işlediğine dair teoriler de geliştirmişler. Şaşırtıcı bir şekilde, bu noktada bazı bilimsel çelişkiler olsa da, Babillilerin bunu yapmamış olabileceği anlaşılmaktadır. Tıpkı modern bir borsacının gelecekteki faaliyetlerle ilgili ipuçları için hisse senedi fiyatlarına bakması gibi, Babil gökbilimcilerinin düzen arayarak, muazzam veri koleksiyonlarını gözden geçirdiğini kafamda canlandırıyorum. Borsacı, hisselerini düşündüğü şirketin alet veya ıvır zıvır yapıp yapmadığını hiç umursamaz, tüm bilmek istediği hisse senedi fiyatının yükselip yükselmeyeceğidir. Aynı şekilde, bir Babil astronomu göksel olaylarda düzenler bulabilmek ister ve bu düzenlere neyin sebep oldu-

ğunu pek de umursamaz. Yeterli veriyle (ve yeterli ısrarla), tutulmaların meydana gelmesi ve yeniayın ortaya çıkması gibi şeyler, biriktirdikleri devasa veri tabanından çıkarılabilir. Ayın ne olduğunu veya neden böyle davrandığını anlamaya gerek kalmadan bilgi elde edebilirler. Etiler de...

Aslına bakarsanız, Babil kayıtları daha sonraki bilimsel gelişmelerde önemli bir rol oynadı. Örneğin İskenderiyeli gökbilimci Hipparchos'un bir ayın uzunluğunu saniye hassasiyetinde belirlemesini sağladı. Ayrıca, başarıyı en azından dayanıklılıkla ölçerseniz, dünyanın gördüğü tartışmasız en başarılı kozmolojik modeli tasarlayan Klaudyos Batlamyus'un hesaplamalarında önemli rol oynadı. Ancak bu başka bir bölümün hikâyesidir.

Bilimle ilgili; muhtemelen hem öğrenciler hem de öğretmenler için, matematik içerdiği gerçeği kadar sıkıntıya neden olan bir şey yoktur. Galileo'nun deyişiyle: "Doğa kitabı matematikle yazılmıştır." Matematiğin bilimde kullanımını iki önemli nedenden kaynaklanmaktadır. İlk olarak; çoğu bilim, doğanın nicel tanımlarını vermeye çalışır. Örneğin, birine bu gece saat 21.00'de belirli bir yıldızın gökyüzünde nerede olacağını söylemek istiyorsanız, nereye bakması gerektiğini söylemek için iki sayı vermelisiniz; ufkun üzerindeki açının ve kuzeyden uzaktaki açının sayıları. Yani, böylesi basit bir iş için bile sayıları kullanmak gerekiyor. Matematiğin bilimde kullanılmasının ikinci önemli nedeni ise sonraki bölümlerde göreceğimiz gibi, bilimsel sonuçları kelimelerden ziyade denklemler ile ifade etmenin genellikle daha uygun olmasıdır. Bu bölümde modern matematiğin kökenlerini tartışmadan önce, bir noktaya değinmek zorundayım: Matematik dilinde, ne denklem ne de teori olsun; daha az zarif de olsa konuşma dili ile yazılamayacak hiçbir şey yoktur.

Matematiğin gelişimi, basit sayma ihtiyacı ile başladı. Örneğin birine beş kile buğday satıyorsanız, değişimin yapıldığı belgeye “5” sayısını kaydedebilmeniz gerekir. Ya da bir çubuğa beş çentik oyabilirsiniz. Şüphesiz matematiğin başlangıcı böyle basit bir sayımla başlamıştır. Kile sayısı arttıkça çentik oymaktan bıkabileceğinizi öngörmek de zor değildir. Aslına bakarsanız, beş veya on basit çentiğin yerine geçecek farklı bir çentik bulabilirsiniz. İlk sayısal sistemlerin çoğu bu tür kümülatif yapıya sahipti. Tarihte görece geç geliştirilmiş olsalar bile, bugün aşına olduğumuz için Roma rakamlarını örnek olarak kullanacağız.

Bu sistemde, “I” sembolü, “çubuktaki çentik” anlamına gelir. İki veya üç yazmak isterseniz, sadece sırasıyla II ve III gibi daha fazla “çentik” eklemeniz yeterlidir. Tekrar biriktirmeye başlamadan önce “V” olarak yazdığınız beşe ulaşana kadar bu sembolü biriktirmeye devam edersiniz. VI altı, VII yedi ve bu şekilde, “X” olarak yazılan on sayısına ulaşana kadar devam eder. Bu sistem elli için “L”, yüz için “C” ve bin için “M” şeklinde ilerler. Bu sembollerden birinin önünde bir sayı görünüyorsa, bir tane eksik olarak yorumlanır. Yani IV dört ve IX dokuz anlamına gelir.

Roma rakamları bize oldukça büyük sayıları sayma konusunda mükemmel bir yol sağlar ve yapmak istediğiniz tek şey sayma olduğu sürece işe yarar. Çarpma ve bölme gibi daha karmaşık işlemler içinse oldukça kötüdür. Bana inanmıyorsanız, CVII’yi XXV ile çarpmayı deneyin! Aslında, bugün Roma rakamlarını bir alışkanlık olarak Super Bowl* ya da bir devam filminde yapmacık bir ihtişam elde etmek için kullanıyoruz. On dokuzuncu yüzyılın sonlarında, Roma rakamları genellikle inşaat tarihlerini belirtmek için kamu binalarına yazılırdı. Örneğin 1886 için MCCMLXXXVI şeklinde. Bazen, bir spor

* ABD’de her yıl düzenlenen Amerikan futbolu ligi National Football League’in şampiyonluk maçıdır. – *yayıma hazırlayanın notu*

yazarının Super Bowl IX'da VII top çalma ve IV pas alma olduğunu bildirmesi gibi olayları hicvetmek için Roma rakamlarının sözde haysiyeti kullanılır.

Yukarıda bahsettiğimiz gibi, Roma rakamları matematiğin gelişiminde oldukça geç geldi. Matematiğin asıl icadı, Romalılar sahneye çıkmadan bin yıl önce Mısır ve Mezopotamya'da gerçekleşti. Neyse ki, bu iki alandaki medeniyetler, matematik çalışmalarına dair bol miktarda yazılı kayıt bıraktılar. Hatta bunların arasında, matematik ders kitapları kadar kapsamlı kaynaklar bile yer alır. Bu yüzden, matematiği nasıl ele aldıkları hakkında oldukça iyi bir fikrimiz var.

Mısır

Mısırlılar da son derece pratik insanlardı. Öyle ki, bir yazar onları “muhasibeciler milleti” diye adlandırır. Elbette ki her türlü şeyin kaydını tuttular. Örneğin bir efsaneye göre, bir savaşta öldürülen düşman askerlerinin sayısını kesilmiş uzuvlarını bir araya getirip saydılar! Açıkçası, bu tür bir zihniyete sahip herhangi bir insan, çok hızlı bir şekilde bir sayı sistemi geliştirecektir. Aslında, uzun tarihleri boyunca Mısırlılar, düzenlemesi benzer ancak kullanılan sembollerin farklı olduğu iki sayısal sistem geliştirdiler. Mısır numaralandırması size tanıdık gelecektir çünkü bizimki gibi ondalık bir sistemdir.

Yukarı ve Aşağı Mısır'ın tek bir bütün hâlinde birleşmesi, M.Ö. 3000 civarında gerçekleşti. Hem hiyeroglif yazı hem de hiyeroglif sayı sistemi denen şey muhtemelen o sırada mevcuttu. Kesinlikle Giza'daki (M.Ö. 2650 civarında inşa edilen) büyük piramit, bu sistemlerin ikisi olmadan tamamlanamazdı.

Daha sonra gelen Roma rakamlarına oldukça benzer şekilde, hiyeroglif sayı sisteminin sembolleştirmesi de; “bir” için bir sembol (bir çizgi), “on” için başka bir sembol (bir tür ters “U”), “100” için bir diğeri (ters yönde “9”a benzer bir tür bobin) ve

“1000” için başka bir tanesi (bir lotus) vb. olacak şekildedir. Sayılar, sembollerin üst üste dizilmesiyle yazılır. Örneğin, bir lotus, dört bobin, beş ters “U” ve üç çizgi ile 1453 yazılır.

M.Ö. 2000–1800 civarında basitleştirilmiş bir rakamlar sistemi geliştirilmiştir. Bilim insanları buna hiyerarşik sistem diyor. Tıpkı mevcut sistemimiz gibi, 9’a kadar olan sayılar için ayrı semboller vardır. Fakat bizim sistemimizden farklı olarak; 10, 20, 30... ve 100, 200, 300... vs için ayrı sembolleri bulunur. Bu, yazarların çok daha fazla sembolü ezberlemesi gerektiği anlamına geliyordu, ancak sayı yazmayı çok daha az sıkıcı hâle getirmişti.

Babilliler gibi, Mısırlılar da matematiksel işlemleri gerçekleştirmek için tablolardan yoğun bir şekilde yararlandılar ve Mısırlılar, ikiye katlamanın aritmetik işleminden kapsamlı bir şekilde yararlandılar. Örneğin, $2 \times 5 = 10$ problemi bir Mısırlı tarafından şu şekilde çözülür:

$$1 \times 2 = 2$$

$$2 \times 2 = 4$$

$$2 \times 4 = 8$$

Yani,

$$5 \times 2 = (1 + 4) \times 2 = 1 \times 2 + 4 \times 2 = 2 + 8 = 10$$

Ayrıca Mısırlıların her zaman $1/n$ formunun kesirlerinin toplamı olarak ifade ettikleri kapsamlı kesir tabloları da vardır; burada n bir tamsayıdır. Örneğin, tablo aşağıdaki gibi bir gi-rişe sahip olabilir;

$$\frac{5}{6} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3}$$

Bu tablolarla oldukça karmaşık hesaplamalar yapabilirler. Sözelimi, bir papirüste öğrenciden yedi somun ekmeği on adam arasında nasıl böleceğini hesaplaması istenir. Bu, yüksek bir matematiksel ilerilik gerektiren bir istektir.

Mısır matematiği hakkındaki bilgimiz, özünde öğrenciler için tasarlanmış örnekler kitabından gelir. Bunlardan en önemlisi olan “Rhind Papirüsü”, ismini 1858’de Luksor’da el yazmasını satın alan ve 1864’te ölümü üzerine British Museum’a bırakan İskoç antikacı A. Henry Rhind’den almıştır. O günlerde arkeolojik buluntuları yöneten yasaların bugünkünden farklı olduğunu ve bunun sonucunda antik dünyanın pek çok eserinin Avrupa ve Amerika müzelerine yerleştirildiğini belirtmeliyim. Bunun, bazılarının iddia ettiği gibi, aksi takdirde kaybolacak olan materyalleri koruma eylemi mi yoksa başkalarının iddia ettiği gibi ulusal hazinelerin yağmalanması mı olduğu, bugün tartışma konusu olmaya devam ediyor.

Rhind Papirüsü, M.Ö. 1650 civarında Ahmes adında bir yazar tarafından yazılmıştır ve söylediğine göre onu XII. hanedan döneminde yazılan bir el yazmasından M.Ö. 1800 civarında kopyalamıştır. (Mısır’daki kraliyet hanedanlarını tanımlamak için Roma rakamlarının kullanıldığına dikkatinizi çekerim.) Ahmes, metnin “olayların anlamını kavramak ve olan her şeyi, belirsizlikleri ve tüm sırları bilmek için doğru hesaplama yöntemini vereceğini” söylüyor.

Daha sonra çeşitli problem türlerinden 87 tane çözülmüş örnek vererek devam ediyor.

Yedi somunun yukarıda bahsedilen on adam arasında bölünmesi örneğinde olduğu gibi, papirüsteki örneklerin çoğu bugün kesir dediğimiz şeyi içerir. Bununla birlikte, farklı bir konuyu ele alan problemlerin alt kümesine odaklanmak isterim, yani geometriye.

Mısır yaşamının asıl olayı Nil’in her yıl tekrarladığı yıllık sel-lerdi. Birkaç aylık bir süre içinde toprağın üzerine yeni üst toprak serilir ve Mısır çiftliklerinin verimliliğinin devam etmesini sağlardı. Aslında, Yunan tarihçi Herodot’un ülkeyi “Nil’in armağanı” olarak anmasına neden olan, Mısır dünyasının bu özelliği idi. Bununla birlikte, Mısırlıların topraklarının

durumunu her yıl yeniden gözden geçirmelerini de gerektirdi. Dolayısıyla onlar için geometri soyut bir entelektüel ilgi konusu değil, günlük yaşamın hayati bir parçasıydı.

Rhind Papirüsü'nde favorim olan 50 numaralı problemin çevirisi aşağı yukarı şöyledir:

Khet'in bir alan turu (çapı) 9'dur. (Alanın) miktarı nedir?

1/9'unu, yani 1'i al. Kalan 8'dir. 8x8 çarpımı yap. Oluyor 64. Bunun miktarı, alandır.

Modern dilde Ahmes, çemberin alanının formülle verildiğini söylüyor.

$$A = (8/9 \times d)^2$$

Oysa lise geometrisini hatırlarsanız, doğru formülün şöyle olduğunu biliyoruz:

$$A = \pi (d/2)^2$$

Bu iki formülü karşılaştırırsanız, Mısırlıların aslında bir dairenin çevresinin yarıçapına oranı olan π için bir yaklaşım geliştirdiklerini fark edersiniz. Aslında, Mısır'ın π değeri 3,14159...'un doğru değerine kıyasla yüzde 1'den az bir fark ile 3,160'dır. (Gerçeği şu ki, 50 numaralı sorunun doğru cevabı 64 yerine 63,6'dır.)

Bu alıştırma, Mısırlıların matematiğe yaklaşım şekliyle bugün matematiğe yaklaşımımız arasındaki önemli farkı göstermektedir. Bizim için π , tam değeri önemli olan bir sayıdır, evrenin temel sabitlerinden biridir. Mısırlılar içinse, bir tarlanın alanını yüzde 1'den daha az bir hata payı ile bulmak yeterince iyiydi. π 'nin doğasıyla ilgili daha derin soruyla gerçekten ilgilenmiyorlar, sadece çiftçiliğe devam etmek istiyorlardı. Bunu geometrilerinin tamamında görüyoruz. Örneğin dörtkenarlı bir tarlanın alanını bulma formülleri, yalnızca alanın zıt tarafları birbirine paralelse kesindir. Gel gör ki formül, uğraşmak zorunda kaldıkları alanların çoğu için de "yeterince iyi" sonuçlar vermiştir.

Babilliler gibi, onlar da bir dik üçgenin kenarları ve hipotenüsüyle ilgili Pisagor teoremine dair bir anlayışa sahipmiş gibi görünüyorlar. Bununla birlikte, üçgenin iki kenarı 3 ve 4 birim olduğunda, üçüncü kenarın 5 birim olacağını ve bunu genel bir kural olarak yazdığını fark eden bir haritacı hayal edebilirsiniz. Bunu, aynı sonucun bir dizi aksiyomun mantıksal sonucu olarak takip ettiği Öklid'in sunumuyla karşılaştırın.

π 'nin Mısırlılarca verilen yaklaşık değerini kullanışlı kılan bir sebep daha var. Piramitlerin uzaylılar tarafından inşa edildiği fikrini savunanların bazıları, (sanırım Mısırlıların bunu kendi başına yapamayacak kadar aptal oldukları gerekçesiyle) Büyük Piramit'in çevresini yüksekliğine bölerseniz, 2π 'ye yakın bir şey elde edeceğinize dikkat çektiler. Buradan vardıkları sonuç ise ileri seviyede bir medeniyetin işe dâhil olması gerektiği idi. Umarım 50 numaralı problem, bu iddiaya son verir. Aslına bakarsanız Mısırlılar, insan ırkının şimdiye kadar ürettiği en iyi mühendislerden bazılarıydı; çağlar boyunca ayakta kalmış anıtlar üretmek için eldeki malzemeleri (kum ve insan emeği) kullandılar.

Bu noktaya değinmek için Rhind Papirüsü'nden son bir probleme, 56 numaralı olana bakacağız:

Bir piramidi 360 kenar uzunluğunda (ukha-thebet) ve 250 yüksekliğinde (peremus) hesaplama örneği. Çünkü onun kenar eğimini (seked) biliyorum.

Çözümün üzerinden geçmeyeceğim, çünkü ana karmaşıklıklar, arşın (dirsek ile parmak ucu arasındaki uzunluk, yaklaşık 45 cm) avuç içlerine ($1/7$ arşın) dönüştürülmesiyle ilgili. Sonuç ise, kenarın her 45 cm uzunluğuna yaklaşık 50 cm yükselmesi gerektiğini söyleyen bir hesaplama. Bu insanlar piramitlerini gayet iyi tanıyorlardı!

Son bir not olarak, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki modern Evrensel Yapı Yönetmeliği'ne başvurursanız; çatı eğimi için

öngörülen oranların, Rhind Papirüsü'nde piramit için teklif edilen oranlarla örtüştüğünü görebilirsiniz.

Mezopotamya

Bu bölgeden elde ettiğimiz yazılı kayıtların çoğu, her ne kadar Sümerlerin yüzyıllar önce bir sayı sistemi geliştirdiklerine dair kanıtlar olsa da, yaklaşık M.Ö. 2000 yılına dayanıyor. Bölüm 2'de bahsedildiği gibi, bu kayıtlar kama biçimli bir kalemle kil tabletler üzerine yazılmış ve pek çoğu günümüze ulaşmıştır.

Antik dünyadaki en yaygın ve etkili sayısal sistem olan Babil sistemi şu şekilde işlerdi: “Bir” yazmak için, iğnenin aşağı doğru darbesi kilde bir “v” şekli ortaya çıkarırdı. “On” yazmak için, yana doğru şuna benzer bir vuruş kullanılırdı “>”. Bu demek oluyor ki, “23” sayısı, Babil sisteminde “>> vv” olurdu. Bu noktaya kadar sistem Roma rakamlarına oldukça benziyor.

Benzerlik, “59”a gelene kadar bu şekilde devam ediyor. Bu noktada, Babil sistemi bizim de aşına olduğumuz bir şey yapıyor. Numaralandırma sistemini yeni bir sütuna geçirip (“9”dan sonra “10” yazarken yaptığımız gibi) saymaya baştan başlıyor. Böylece “61” sayısı “v (boşluk) v” şeklinde yazılıyor. Başka bir deyişle, bizim sayı sistemimizin “10”a dayalı olması gibi, Babil sistemi “60” sayısına dayalıdır. Örneğin, “v (boşluk) v (boşluk) v” sayısını “3661” olarak yazardık. İlk “v” “3600” anlamında yorumlanmalı (yani 60 x 60). İkinci “v” için “60” ve son “v” için ise “1”. Bu nedenle Babil sistemi, bizim kullandığımız gibi bir ondalık sistem ile 60 tabanlı bir sistemin garip bir karışımıdır.

Neden mi 60? Bu sorunun kısa cevabı kimsenin emin olmadığıdır. Bazıları yılın yaklaşık 360 gün olması sebebiyle olabileceğini öne sürerken, diğerleri 60'ın pek çok diğer sayıya kolayca bölünebilmesinden dolayı olabileceğini iddia ettiler. İnsan elinde 15 parmak eklemi olduğu gerçeğiyle ilgili olabi-

leceğine dair kısmen ciddi bir iddia bile var. (Hatırlayın $4 \times 15 = 60$) Doğrusunu söylemek gerekirse, bu açıklamaların hiçbirisi bana tatmin edici gelmiyor. Bununla birlikte Babil sistemi, aritmetik hakkında önemli bir gerçeğe dikkat çekiyor: Alışık olduğumuz ondalık sistem türü olan “10”a dayanan sayı sistemleri hakkında kutsal veya özel hiçbir şey yoktur.

Hatta ondalık sistem on parmaklı yaratıklara “doğal” görünse de, günlük hayatımızda (bilinçsiz de olsa) sıklıkla başka sistemler kullanırız. Örneğin, bilgisayarınız “2” ye dayalı bir ikili sistem kullanır. Bu sistemde, sayılar 1 (bir), 10 (iki) 11 (üç), 100 (dört) ve benzeri şeklindedir. Bu sistemin bilgisayarlar için “doğal” olmasının nedeni, makinenin temel çalışma biriminin açık (1) veya kapalı (0) olabilen bir transistör olmasıdır. 1970’lerde bilgisayarlar çoğunlukla 16’ya dayanan bir numaralandırma sistemi kullanırdı. Biraz belirsiz olan neden ise, transistörlerin sekizli raflar hâlinde gelmesi ve bazen hesaplamalar için iki rafa (16 transistöre) ihtiyaç duymanızdı. Bu sistemde, sayılar 9’a kadar çıkar, ardından “10”a gelmeden önce A, B, C... F gelir. Ben ve diğer fizikçilerin bu alışılmadık sisteme ne kadar çabuk adapte olduğumuza çok şaşırmamak elde değil.

Her halükârda, hayatımızda hâlâ Babil sisteminin izleri vardır. Saati 60 dakikaya, dakikayı 60 saniyeye bölüyoruz ve açıları tam bir daire içinde 360 derece ile ölçüyoruz.

Bunu söyledikten sonra, Babil sayı sisteminde ciddi bir eksiklik olarak, “sıfır” sayısının yokluğuna dikkat çekmem gerekiyor. Sıfırı aşağıda daha ayrıntılı olarak tartışacağız, ancak şu an için bir yer tutacak sıfır olmadan Babil 1’i (V) ve Babil 60’ının (V) birbirinden ayırt edilemez olduğuna dikkat edin. Arap sistemimizde 210 ve 21’in farklı sayılar olduğunu görmek basittir ancak Babil için aynı şey geçerli değil. (Bu arada, sistemde sıfır olmaması, yukarıda Babil numaralandırmasından bahsederken neden 59’dan 61’e atladığımı açıklıyor.)

Bölüm 2’de Babillilerin, her ne kadar yöntemleri bize biraz garip gelse de hesaplama konusunda gerçekten iyi olduklarından bahsetmiştik. Çarpma gibi basit bir işlemi ele alalım. Babillilerin sayıların karelerinden oluşan büyük tabloları vardı, $22 = 4$, $32 = 9$, $42 = 16$ vb. gibi. Daha sonra basit cebirsel formülü kullanarak sayıları birbiriyle çarparlardı:

$$ab = \frac{1}{2} ((a+b)^2 - a^2 - b^2).$$

Basit bir alıştırma yapmak için Babil yöntemini kullanalım.

$$2 \times 5 = 10.$$

Babil matematikçileri $a = 2$ ve $b = 5$ olduğunu söyler ve bunu anlamak için tablolarına danışırlar.

$$a^2 = 4$$

$$b^2 = 25$$

$$(a + b)^2 = 72 = 49.$$

Daha sonra da şöyle derdi;

$$2 \times 5 = \frac{1}{2} (49 - 25 - 4) = \frac{1}{2} (20) = 10.$$

Külfetli görünebilir ancak sistem işe yarıyordu. Babilliler ayrıca, bir sonraki bölümde döneceğimiz bir konu olan belirli türden ikinci dereceden denklemleri çözmenin bir yolunu ve başka bir zor problemin üstesinden gelip 2’nin karekökü için yaklaşık bir değeri de buldular. Yine de bir çemberin çapının çevresine oranı olan π ’yi tahmin etmekte pek başarılı olamadılar. Bizim kullandığımız 3,14159... yerine 3 olarak tahmin ettiler.

Babil matematik metinlerine baktığımızda, çözmeleri gerektiğini düşündükleri türden problemlerin yoğun pratikliği ortaya çıkar. Hatta bu metinleri okumak, lisedeyken karşılaştığımız “dört işlem problemlerini” hatırlatabilir. Sözelimi tipik bir problem, bir adama belli uzunlukta bir kanal kazarken her gün ne kadar arpa vermeniz gerektiğini size söyler, sonra sizden daha büyük bir kanal kazacak için on adam tutmanız için

ne kadar arpayı ihtiyacınız olduğunu bulmanızı ister. (Sulama kanalları, Mezopotamya uygarlıklarının gelişmesine geçit veren büyük bir teknolojik ilerlemeydi.)

Maya Medeniyeti

Şu anda Meksika ve Guatemala olarak anılan bölgelerdeki Maya uygarlığının sayısal sisteminden bahsetmeden matematiksel sistemlerin gelişimi konusunu geçemeyiz. Maya halkının ataları, M.Ö. 2000 civarında Orta Amerika'ya geldi ve Maya medeniyetinin Klasik Dönemi, M.S. 250'den 900'e kadar sürdü. Medeniyete ait kayıtlarının çoğu, on altıncı yüzyılda İspanyol fatihleri tarafından yok edildi. Ancak geriye kalan bulgular bize matematik bilgileri hakkında iyi bir fikir vermek için yeterlidir.

Bu sistem, yukarıda bahsedilen Babil ve Mısır sistemlerinden bağımsız olarak gelişmiştir. Fakat bunlara şaşırtıcı bir benzerlik gösterir. Üç sembolleri vardı; 1 için bir nokta, 5 için bir çubuk ve 0 için bir istiridye kabuğu veya ezilmiş futbol topuna benzer bir şekil. (Mayalıların "sıfır" kavramını geliştirmeleri ilginçtir ancak Avrupa ve Asya kültürlerinden coğrafi olarak izole olmaları nedeniyle bu keşif yayılamamıştır.)

Maya'da sayım Roma rakamlarına benzer şekilde ilerlerdi: tek bir nokta "1", iki nokta "2" ve benzeri gibi. Beş nokta yerine bir çubuk koyularak işlem tekrarlanırdı. Sistem 10 yerine 20 sayısına dayalıydı. Bilim insanları, *vigesimal* sistem olarak anılan bu sistemin hem el hem de ayak parmaklarını saymanın sonucu olduğunu öne sürüyor. Böylece, dört noktanın altında üç çubuk 19'u temsil ederken, bir nokta ve ardından bir istiridye kabuğu 20, bir boşlukla ayrılan iki nokta 21'i temsil eder ve bu şekilde devam eder. Sistemde aslında sistemin kökeni hakkında ipucu olabilecek tuhaf bir kusur vardır. 400'ü (yani 20 x 20) simgelemesini beklediğiniz bir sonraki sıra aslında 360'tır ve ardından 20 tabanının normal ilerlemesine devam

eder. Anladığımız kadarıyla, Romalılar gibi Mayalar da sayı sistemlerini sadece saymak için kullanıyorlardı. Çarpma veya bölme gibi işlemler yapmıyorlardı ve kesirler de yoktu.

Maya sayı sisteminin kökenine ilişkin en iyi tahmin, onun takvim çalışmalarından kaynaklandığıdır, Bölüm 2'den Mayaların gelişmiş bir astronomi bilgisine sahip olduğunu hatırlarsınız. Aslında iki takvimleri vardı: 260 günlük bir dini takvim (her biri 20 günlük 13 ay) ve 365 günlük bir medeni takvim (her biri 20 günlük 18 ay ve beş günlük kısa bir ay). Fazladan beş günü kutlama için kullanan Mısırlıların aksine, Mayalar bunu şanssız bir dönem olarak değerlendirirlerdi. Sözü ettiğimiz 260 günlük “yılın” kökeni belirsiz olsa da, Güneş'in tropik bölgelerde doğrudan tepede olduğu günleri ayıran zaman dilimine karşılık gelebileceği öne sürülmüştür. (Unutmamalı ki, kuzey yarımkürede Güneş hiçbir zaman doğrudan tepede değildir.)

Mayalar, iki takvim döngüsünün -her 52 yılda bir- çakıştığı ve iki takvim de -her 104 yılda bir- Venüs'ün görünüşüyle örtüştüğü zaman büyük kutlamalar yaparlardı. Büyük bir anıtın tamamlandığı tarihi oymak gibi törensel amaçlar için temelde dünyanın yaratılmasından bu yana geçen günlerin sayısının temsili olan “Uzun Sayım” denen şeyi kullandılar. Mayaların bu olayın ne zaman olduğuna inandıkları konusunda bazı bilimsel tartışmalar var. Ancak genellikle M.Ö. 12 Ağustos 3113 civarında bir tarih öneriliyor. Bu tarihten itibaren geriye doğru sayarsak 22 Aralık 2012, Maya sayısal sisteminde 12.19.19.17.19 ve tabii ki 23 Aralık 2012 13.0.0.0.0 olacaktı. Yani, “hız göstergesi” (Britanya’da milometre denen şey) o tarihte dönecek.

Uzun Sayım tarihlerinin anlamını kavradıktan sonra, 22 Aralık 2012'nin, yılın her 31 Aralık gece yarısında değişmesinden daha büyük bir önemi olmadığını anlarsınız. Dünya geçen 31 Aralık'ta veya 31 Aralık 1999'da sona ermedi.

Hollywood ve internet dünyası aksine inansa dahi, 22 Aralık 2012 tarihinde de sona ermeyecek!*

Sıfırın Tarihi

Çeşitli matematiksel sistemlerin gelişiminden bahsederken, sıfır kavramının önemini defalarca gördük. Mayalar tarafından sıfır kavramının kullanılması gibi bazı durumlarda; coğrafi izolasyon, diğer kültürlerin yeniliği benimseme yeteneğini açıkça kısıtlamıştır. Yine de hikâyenin tamamı bundan ibaret değil. Çünkü bin yıl boyunca çeşitli matematikçiler sıfır gibi bir kavram geliştirmiş gibi görünseler de, onu tekrar gözden kaçırdılar. “Şu gün şu tarihte matematikçi x sıfırı keşfetti ve herkes onu kabul etti.” gibi bir şey söyleyebilseydik daha iyi bir hikâye olurdu. Ne var ki, işler bu şekilde yürümedi.

Bunu daha iyi anlayabilmek için, şu ana kadar bahsettiğimiz bazı insanların, sıfırın önemi hakkında bir argüman sunmanıza nasıl tepki verebileceklerini düşünmeniz gerekir. Eğer son derece pratik bir Mısırlı, bir çiftçinin sıfır ineği olduğu bir problemle karşı karşıya kalsaydı, muhtemelen “Beni neden bununla rahatsız ediyorsun?” diye sorardı. Ona göre, eğer ortada bir inek yoksa çözülecek bir problem de yok demekti. Bu yüzden dikkatini daha acil ilgilenilmesi gereken meselelere çevirirdi.

Öte yandan bir Yunan matematikçi; tipik olarak, kavramın felsefi çıkarımlarıyla daha çok ilgilenirdi. “Nasıl olur da bir şey -bir sembol- hiçbir şey anlamına gelebilir?” Bu cevaplaması kolay bir soru değil. Aristoteles’in, bir boşluğun (yani hiçliğin) var olamayacağını, çünkü boşluğun anında onu çevreleyen madde ile dolacağını öne sürdüğü meşhur iddiasını hatırlayabilirsiniz. Onun “Doğa boşluktan nefret eder.” sözü,

* Yazar, Maya takviminin sözü edilen Uzun Sayım tarihinde (22 Aralık 2012) sona eriyor oluşundan hareketle; Mayaların olası bir kıyamet tarihini öngördükleri çıkarımını yapan ve bu tarihte büyük küresel felaketlerin yaşanacağını öne süren insanlara gönderme yapıyor. - yhn

fizik ve siyaset bilimi gibi birbirinden çok uzak alanlarda hâlâ alıntılanıyor. (Bilginiz olsun, Aristoteles’in bu argümanı yalnızca boşluk, onu çevreleyen maddenin dışarıda tutulduğu bir odada değilse geçerlidir.)

Bu örneklerin her ikisi de, sayı kavramını soyutlamanın özünde varolan, “üç inek”ten “üç varlık”a ve oradan “üç” kavramına geçerken ortaya çıkan zorluğu göstermektedir. Elbette sorun sıfır kavramı için çok daha zordur.

Altmışlı sayı sistemleriyle Babilliler, gerçekten sıfır gibi bir yer tutucuyu temsil etmenin bir yoluna ihtiyaç duyuyorlardı. Farklı sütunlardaki sayıları ayırmak için geleneksel olarak bir boşluk veya daha sonrasında “ gibi özel işaretler kullandılar. Bununla birlikte, bu işaretleri hiçbir zaman bir sayının sonunda kullanmadılar. Bu da demek oluyor ki, 31 ve 310 gibi sayıları tek başına yazarak kesin olarak ayırt edemezlerdi. Bunun için duruma güveniyor olmalıydılar. Duruma güvenmenin modern bir örneği, “iki buçuk” gibi bir fiyatı, bir dergi ya da pahalı bir kıyafet satın alırken farklı yorumlayacağınız gerçeği olabilir.

Yunanlıların felsefi çekincelerine rağmen Batlamyus’un gökbilimcilerinin, hesaplama yaparken gerçekten sıfırı kullandıkları görülüyor. Sayısal temsillerinde Yunanca omikron (O) harfini bir yer tutucu olarak kullandılar. Sayıların geri kalanı için de alfabetik harfleri kullandıklarından, bu anlamlı bir yöntemdi. Örneğin, *Almagest*’de Batlamyus, Babil sistemini sayıların hem ortasına hem de sonuna yerleştirilmiş omikronlar ile kullanmıştır. Fakat görünen o ki, bu yöntem gözleminin teknik dünyasından hiç ayrılmadığından Helenistik dönemin gündelik dünyasına geçememiştir.

Doğrusu, mevcut sayı sistemimizin kökenleri ne klasik dünyada ne de Mezopotamya’da değil, Hindistan’da ortaya çıktı. Tarihçiler arasında buradaki gelişmelerin kesin tarihleri ve sırası konusunda önemli anlaşmazlıklar olduğunu da belirtmek gerek. Bu anlaşmazlıkların bir kısmı, bugün sahip olduğumuz

matematiksel belgelerin orijinal değil, kopyalarının kopyalarının kopyaları olmasından kaynaklanmaktadır. Tabii ki bu, metnin orijinal olarak yazıldığı içinde ne olduğu ve daha sonra ne eklendiği sorusunu gündeme getiriyor.

Ancak görünüşe göre ortak anlatı, M.S. 500 civarında Hintli matematikçi Aryabhata'nın (476-550) konumsal bir sayı sistemi kullandığını gösteriyor. Sıfır için bir sembol kullanmadı, ancak konumu belirtmek için "kha" kelimesini kullandı. Ayrıca, π sayısının irrasyonel olduğunu (yani üstte ve altta tam sayılar olan bir kesirle ifade edilemeyeceğini) fark etmiş olabileceği yönünde bir öneri de var.

Tarihler 628'i gösterirken matematikçi Brahmagupta (598-660), sadece sıfır için bir sembol (bir nokta veya daire) kullanmakla kalmadı, aynı zamanda hesaplamalarda sıfırı kullanmak için "sıfırın sıfıra eklenmesi sıfır eder" gibi bir dizi kural da belirtti. Bu zamana kadar Hintli matematikçilerin, hiçbir şeyin yokluğu olarak sıfırdan soyut bir sayı olan sıfıra zor bir geçiş yapmayı başardığı açıktır. Daha şaşırtıcı olanı, negatif sayı kavramını da geliştirmiş ve sıfırdan negatif bir sayının çıkarılmasının pozitif bir sonuç getirmesi gibi soyut ilkeleri kavramış olmalarıdır. Yine de, birçok modern öğrenci gibi sıfıra bölme sürecinde zorluk yaşadılar ve hiçbir zaman tam olarak doğrusunu bulamadılar.

Bugün hâlâ sıfır ile ilgili sorunlarla boğuştuğumuzu da belirtmeliyim. Sözelimi yeni milenyum kutlamaya hazırlandığımız 2000 yılı yaklaşırken, takvimimizin doğrudan 1. yıl başlamasından ötürü, yeni milenyum 31 Aralık 1999 tarihinde değil de 31 Aralık 2000'de kutlamamız gerektiğini savunanlar vardı. Partilerde bu insanlar tarafından köşeye sıkıştırıldığında cevabım şu olurdu: "Sanırım teknik anlarda haklı olabilirsin, ama müthiş bir partiyi kaçıracaksın!"

YUNAN VE HELENİSTİK BİLİMİ

Herhangi bir uygarlıktaki insanların geçmiş zamanlara bir tür “Altın Çağ” olarak bakmaları ve “İşte her şey burada başladı!” demeleri alışılmış bir durumdur. Bugün geçmişe bakarken Batı medeniyetinde, “Yunanlılar” dediğimiz insanları bu şekilde görmeye meyilliyizdir. (İronik olan şu ki, Yunanlılar da Mısırlıları aynı şekilde görüyordu.) “Yunan” ifadesi, Atina çevresinde beyaz harmanilerinin içinde dolaşan sakallı bilgelerin görüntülerini çağrıştıracaktır. Fakat aslında Yunan uygarlığı, Doğu Akdeniz çevresinde birçok farklı kültürü içeriyordu ve uzun bir süre varlığını korudu. Bizler M.Ö. 600 ile M.S. 200 arasındaki zamana bakacağız. Bu uzun süre ve yaygın coğrafyası göz önüne alındığında, Yunanlıların bilime katkılarında çok fazla çeşitlilik olması şaşırtıcı olmamalı. Onlarla ilgili en önemli şey ise, son iki bin yıldır bilimsel gelişimin temelini oluşturan soruların çoğunun ilk olarak Yunan filozofları tarafından sorulmuş olmasıdır. Dahası, sonraki bölümlerde de göreceğimiz üzere, fikirleri kendi zaman ve konumlarından çok daha ilerisinde bile etkiliydi.

Bilimin gelişimini takip etme amacıyla üç farklı yere ve döneme bakacağız: Bunları daha karmaşık ve sürekli bir sürecin anlık görüntüleri olarak düşünün. Bunlardan ilki, M.Ö. 600 civarında (günümüzde Türkiye'nin batısında yer alan) İyonya'nın Yunan kolonilerindeki filozofları, ikincisi M.Ö. 350 civarında Atina'da bulunan daha ünlü filozofları ve sonuncusu da, oldukça dikkate değer bir grup bilim insanının M.S. ilk birkaç yüzyılda aşağı Mısır'daki Yunan şehri İskenderiye'yi kazanmasını kapsayacak. Karşılaşacağımız ana katkılar, (1) doğa gözlemlerini doğalcı terimlerle açıklamaya yönelik ciddi girişimler (bu prosedür için Yunanca ifade “görünüşleri kurtarmaktı”) ve (2) dünyayı anlamak için (inanca karşı) aklın kullanımına duyulan güçlü bir güven.

İyonya

Akdeniz'in doğu kıyısında yer alan İyonya'daki Yunan kolonileri, doğu-batı ticaret yollarının kuzey-güney yönleri ile kesiştiği ticari bir kavşakta bulunuyordu. Bu, günümüzde New York ve Londra gibi modern kültürel birleşim yerlerinde olduğu gibi, “sofistike” ve “dünyevi” insanların yetiştirilmesine olanak sağlıyordu. Bana öyle gelmiştir ki; aceleci, deneysel, sürekli yeni bir şey arayışında olan modern Amerikalılar, İyonya şehirlerinde kendilerini evlerinde hissederdiler. Öyleyse, gelecek nesillerin “ilk bilim insanı” gibi isimler verdiği insanların bu bölgeden olması şaşırtıcı olmamalı.

Sözünü edeceğimiz filozoflara atfedilen genel isim “Sokratik öncesi” olmakla birlikte, kendileri hakkında böyle düşünmedikleri açıktır. Birkaç istisna dışında, tartışacağımız kişilerin hiçbirinden günümüze ulaşan bir metin yok. Dolayısıyla onların görüşlerini, daha sonraki metinlerdeki “filozof x böyle söyledi, böyle dedi” gibi alıntılardan yeniden yapılandırmak zorundayız. Ama yine de, geriye kalan bu kaynaklar bize ne düşündükleri hakkında iyi bir fikir vermeye yeterlidir.

Sokratik öncesi insanların yukarıda bahsedilen en büyük sorulardan birini nasıl ele aldıklarına bakacağız: “Dünya neyden yapılmıştır?”. Ve ele almamız gereken zemin ışığında, tartışmamızı iki filozofun çalışmalarıyla sınırlayacağız: Miletuslu Thales ve Abderalı Democritus.

Thales, modern Türkiye’nin batı kıyılarındaki liman şehri Miletus’da, M.Ö. 645 civarında doğdu. Genellikle olaylara doğaüstü açıklamalar yerine doğal açıklamalar aramaya başlayan ilk kişi olarak kabul edildiğinden “İlk Bilim İnsanı” olarak adlandırılır. Thales’in hayatı hakkında pek çok efsane vardır. Örneğin Herodot, efsanevi kral Kroisos önderliğindeki Lidyalılar ile istilacı Persler arasındaki bir savaşı kesintiye uğratan bir Güneş tutulmasını öngördüğünü söyler. Ayrıca Thales’in zeytin pazarını ele geçirerek zenginleştiği ve -efsanesinin başka bir yönünü tasvir etmek için- gece yürüdüğü yola dikkat etmek yerine gökyüzüne baktığı için bir çukura düştüğü efsaneleri de var.

Kişiliği nasıl olursa olsun Thales, bilimsel konularda özgün bir düşünürdü. Aristoteles, *Metafizik*’te ondan şöyle bahseder:

“Çünkü kendisinden başka şeylere dönüşen bir töz (madde) olması gerekir... Bu felsefenin kurucusu Thales, bunun su olduğunu söylüyor.”

Thales’in bununla ne demek istediğini anlamak zor değil. Modern dilde, etrafımızdaki en yaygın madde formları katı, sıvı ve gazdır. Düzenli olarak bu hâllerin hepsinde gördüğümüz ortak tek bir madde var. Su, katı (buz), sıvı (musluğunuzdan aktığı hâliyle) ve gaz (buhar) hâlinde olabilir. Suyun tüm maddelerin temel bileşeni olduğunu söylemekten daha doğal ne olabilir?

Destekçileri daha sonra, Thales’in suyuna toprak, ateş ve havayı ekleyerek ünlü Yunan dörtlü elementlerini ortaya çıkarttılar. Bu teoriyle ilgili önemli kısım doğruluğu değil,

Olimpos tanrılarının kaprislerine değil, tamamen doğal nedenlere bağlı olan bir doğa açıklaması yapmış olmasıdır. Bu kesinlikle büyük bir adımdı.

Bir sonraki önemli adım, aralarından en bilineni Demokritos olan bir grup filozofun eseri idi. Demokritos, şu an Türkiye ile Yunanistan'ı birbirine bağlayan dar boyunlu arazi olan, Trakya'daki Abdera kasabasında M.Ö. 460 yılında dünyaya geldi. Thales gibi, Demokritos da evrenin temel bileşenleri üzerine düşündü, ancak onun aksine meseleye teorik (felsefi) açıdan yaklaştı.

Diyelim ki, dünyanın en keskin bıçağını aldınız ve bir parça malzeme kesmeye başladınız, bir tahta parçası düşünün mesela. Onu ikiye bölerdiniz, sonra yarımları ikiye bölerdiniz, daha sonra onları da ikiye bölerdiniz. Artık bölünemeyecek kadar küçük bir parçaya ulaşana kadar bu böyle devam ederdi. Demokritos buna, aşağı yukarı "bölünemeyen" anlamına gelen "atom" adını verdi. Yunan atom teorisi, farklı maddelerin özelliklerinin atomların (varsayımsal) özellikleriyle ilişkili olmaları da dâhil olmak üzere aslında oldukça iyi düşünülmüştü. Örneğin, su atomları pürüzsüz ve kaygan iken, demir atomları onları birbirine bağlayan kancaları olan katı parçalar olmalıydı. Ancak bu teori hiçbir zaman tam anlamıyla tutmadı ve "atom" kelimesinin dışında, bilimin daha da gelişmesi üzerinde çok az etkisi oldu (Bkz. Bölüm 7)

Atinalılar

Yukarıda bahsettiğimiz gibi, "Antik Yunanlılar" terimini duyunca, çoğu kimsenin aklına M.Ö. dördüncü yüzyıldaki Atina'nın Altın Çağı aklına gelir.. Daha açık bir şekilde ifade etmek gerekirse; Atina felsefesinin "Üç Büyük" ismi olan Sokrates, Plato ve Aristoteles'i düşünürler. Bu adamların, özellikle Aristoteles'in, bilimin gelişmesinde önemli bir rol oynamalarına rağmen kendilerini modern anlamda bilim insanı olarak

görmediklerini anlamak önemlidir. Onlar, gerçekliğin doğasını anlamak veya hayatı nasıl iyi yaşayacaklarını keşfetmek gibi konularla ilgilenen filozoflardı. Bunun devamında, düşüncelerinin yalnızca küçük bir kısmına, bilimin sonraki gelişimine dayanan kısmına bakacağız.

Devlet kitabında Plato, gerçeklik görüşünü çok ilginç bir benzetme ile anlatıyor. Ona göre insanlık, duvardaki gölgeleri izleyen, mağaradaki mahkûmlar gibidir. Gerçek dünya -gölgeleri oluşturanlar- dışarıdadır, onları algılayamayız, ancak aklın gücü sayesinde bu gerçeği biliriz. Platon için nihai gerçeklik, varlığın saf özünü somutlaştıran “formlar” dediği şeylerdi. Örneğin, “köpek” için bir form vardır ve gördüğümüz her köpek o formun kusurlu bir yansımasıdır.

Formları düşünürken faydalı bulduğum bir örnek vereceğim. Öğretmeninizin Pisagor teoremini ($a^2 + b^2 = c^2$) ispatladığı lise geometri sınıfınızdaki günü düşünün. Muhtemelen ispatı desteklemesi için tahtaya bir dik üçgen çizmiştir. Şimdi kendinize şunu sorun: Tam olarak ne üçgeninden bahsediyordu?

Açıkça tahtadaki üçgenden değil. Zira tahtadaki çizgileri tam anlamıyla düz değil ve türlü türlü kusurları var. Öğretmeniniz, dünyamızda gerçekte var olmayan ideal, kusursuz bir üçgenden bahsediyordu. Kusursuz üçgen bir formdur ve bütün gerçek üçgenler onun kusurlu birer yansımasıdır.

Artık, felsefe dersleri dışında Platonik formlar hakkında pek konuşmasak da dünyaya bu şekilde bakmak fen bilimlerinde son derece önemli bir fikre yol açtı: Fiziksel dünyayı tanımlamak için matematiği kullanabiliriz. Sonraki bölümün tamamını bu kavrama ayıracacağız. Ancak bu noktada, esas gerçekliğin bilgisine akıl yoluyla ulaştığınıza ve tıpkı Yunanlılar gibi, geometrinin aklın en yüksek biçimi olduğuna inanıyorsanız, dünyanın matematiksel terimlerle tanımlanabileceği fikrini kabul etmek için küçük bir adım atmanız yeterlidir.

Bu geometrik kavramın muhtemelen en iyi bilinen uygulaması, bir zamanlar Platon'un öğrencisi Cniduslu Eudoxus tarafından yapılmıştır. Platon öğrencilerinden, gezegenlerin gözlemlenen hareketlerinin düzensizliklerini açıklayacak basit, düzenli hareketleri bulmalarını istemiş olmalıydı, buna "görünüşleri kurtarmak" adını vermişti. (Elbette, bugün anlıyoruz ki, çoğu bariz düzensizlik, Güneş sistemini hareket eden bir platform üzerinden, yani Dünya'dan incelediğimiz için ortaya çıkıyor.) Dünya'nın evrenin merkezi olması gerektiği fikri o kadar kökleşmişti ki, bu çözüm yüzyıllar boyunca sadece birkaç Yunan filozofunun aklına geldi. Sonuç olarak, Eudoxus'un geliştirdiği modelde, Dünya hareketsiz bir şekilde merkezde duruyordu. Güneş, Ay ve gezegenlerin her biri, cismin gökyüzünde hareketini izleyen bir küre ailesi tarafından hareket ettiriliyordu. Bu model aslında gökbilimcilerin gözlemlerinin çoğunu açıkladı, ancak nihayetinde gezegenlerin görünen parlaklığının zamanla neden değiştiğini açıklamadı. Artık biliyoruz ki bu, Dünya'nın Güneş etrafındaki yörüngesinde hareket etmesinden kaynaklanan bir etkidir.

Bilimin gelişmesinde en büyük etkisi olan kişi Platon'un öğrencisi Aristoteles'tir. Macera dolu hayatında, Büyük İskender'e öğretmenlik yaptı ve Atina'da kendi okulu Lyceum'u kurdu. Çoğunu günümüzde bilimsel olarak değerlendirebileceğimiz, çok çeşitli konular üzerine yazılar kaleme aldı. Maaless, 150 civarında kitap yazmış olmasına rağmen günümüze sadece 30 kadarı ulaşabildi.

Aristoteles'i okumak biraz zor olabilir. Platon'un cümleleri cilalı edebi yazılar iken, Aristoteles'inkiler tamamlanmış bir eserden çok ders notlarına benzeyen kısa parçalara bölünme eğilimindedir. Bununla beraber zekası, bilimin bin yıldan fazla bir süre devam edeceği yolu tanımlayacak kadar güçlüydü.

Aristoteles bilimin birçok evresi üzerine yazmış olsa da, modern okuyucuya bir biyolog gibi görünür. Aslında Doğru

Ege'deki ekosistemler üzerine yaptığı araştırmalar, alan ekolojisine gerçekten iyi bir örnektir. Doğayı doğrudan incelemek adına Platon'un formlara dair fikirlerini reddetmiştir. Onun analiz yöntemi, doğadaki her şeyin dört "nedenini" belirlemekten ibaretti. (Dikkat: Aristotelesçi anlamda "neden" kelimesi, dilimizde alışık olduğumuzla aynı değildir.) "Neden"ler şunlardır:

Fail neden – Bu şeyi ne yaptı?

Biçimsel neden – Şekli nedir?

Maddi neden – Neyden yapılmıştır?

Esas neden – Neden yapıldı?

Mesela bu yolla bir tekneyi analiz ederseniz, teknenin fail nedeni tasarımcı ve yapımcıları, biçimsel nedeni teknenin şekli, maddi nedeni yapıldığı tahta ve esas nedeni de malları su üzerinde taşıma görevi olacaktır. Buradaki fikir, doğayı bu şekilde inceleyerek dünya hakkında kodlanmış, birbirine bağlı bir veri tabanı oluşturabileceğimizdir.

O hâlde Aristoteles'in geleceğe verdiği şey, doğayı incelemenin tutarlı ve mantıklı bir yoluydu. "Neden"lere, özellikle de esas nedenlere yaptığı vurgu, sonraki bin yıl boyunca doğa felsefesine egemen oldu. Ancak bazen bu vurgunun bilimsel ilerlemenin önünde engeller oluşturduğu da oldu. Bunun nasıl olabileceğini görmek için bir örneğe -mermi hareketi denen probleme- bakabiliriz.

Aristoteles fiziğinin ana fikri, nesnelerin davranışlarının iç doğaları tarafından belirlendiğidir. Örneğin, ağır bir maddi nesnenin düşme sebebi bir anlamda doğasının onu evrenin merkezini aramaya zorlamasıdır. (Yunanlılar için evrenin merkezinde dünyanın yer aldığını hatırlayın.) Aristotelesçi deyimle, taşın merkeze düşmesi onun esas nedenidir. Bu yüzden taşı bıraktığınızda düşer. Aristoteles taşın bu düşüşüne "doğal hareket" adını verdi.

Gelgelelim, taş eğer yukarı atarsanız, ona doğasına aykırı bir hareketi dayatmış oluyorsunuz. Buna da “ters hareket” denmiştir. Aristoteles, bu iki hareket kategorisini kurarak, temelde cevaplanamaz bir soru sordu: Eğer kayayı fırlatırsanız, doğal hareket ters hareketin yerini ne zaman alır? Bu sorunun ortaya konmasından yüzyıllar sonra bile, ortaçağ filozoflarının bu soruyla boğuşmalarına dair kanıtları hâlâ bulabilirsiniz.

Aslında, Galileo’nun on yedinci yüzyıldaki çalışmasına kadar (Bkz. Bölüm 6), mermi hareketi sorunu çözülmemiştir ve çözüm, Aristoteles’in hayal edebileceği gibi görünmüyordu. Aslında Galileo’nun söylediği şey, taş hakkında bilmek istediğiniz her şeyi size söyleyebileceğiydi: ne zaman nerede olacağı, nereye ineceği, havada ne kadar kalacağı gibi. Bununla birlikte, size doğal ve şiddetli hareket hakkında bir şey söyleyemezdi. Çünkü bu kategorilerin, sözkonusu problem için bir anlamı yoktur. Artık, Aristoteles’in doğaya dayattığı kategorilerin çoğunun doğanın kendisinden değil, insan zihninden geldiğini ve bu nedenle diğerlerinden daha iyi şekilde gözardı edildiğini biliyoruz.

İskenderiye ve Helenistik Çağ

Klasik Yunan dünyasının genellikle Büyük İskender’in (M.Ö. 356–323) büyük fetihleri ile sona erdiği düşünülmektedir. Amerikan eğitim sisteminin garip yönlerinden biri; öğrencileri genellikle klasik Atina filozoflarına ve kültürüne maruz bırakırken, hemen ardından gelen dönemi yok saymasıdır. Sanki tarih, İskender’den Jül Sezar’a, aradaki birkaç yüz yılı gerçekten yaşanmadan atlamış gibidir. Nitekim tarihçilerin “Helenistik” dönem dedikleri bu dönem, ileride göreceğimiz gibi bilimin gelişmesinde son derece önemli bir dönemdi. Ne de olsa bu, Siraküzalı Arşimet’in (M.Ö. 287-212), diğer şeylerin yanı sıra kaldırma kuvveti ilkesini keşfettiği dönemdi. Samoslu Aristarchus (M.Ö. 310-230) ilk olarak Güneş’in, Güneş

sisteminin merkezinde olduğunu öne sürdü ve Rodoslu Hipparchus (M.Ö.190-120), Ay ve Güneş'e olan mesafeyi ölçmek için güvenilir bir girişimde bulundu.

Geçmişe dair bir bilgi: Büyük İskender, Yunanistan'ı birleştirdikten sonra bilinen dünyanın çoğunu fethederek günümüz Hindistan'ına kadar ulaştı. Ölümü üzerine, büyük imparatorluğu dört general arasında bölündü ve bunlardan biri olan Batlamyus, zengin Mısır'ı payına aldı. İskender hayatı boyunca "İskenderiye" adlı bir düzineden fazla şehir kurmuştu. Ancak Mısır'daki şehir açık ara en önemlisiydi. Akdeniz'de, Nil deltasının bir tarafında yer alan bu bölge, önemli bir eğitim ve ticaret merkezi hâline geldi.

Bununla birlikte, İskenderiye'nin gerçekten Mısırlı olmadığını, Mısır'da bulunan bir Yunan şehri olduğunu belirtmeliyim. Batlamyus ve halefleri antik "firavun" unvanını alsalar da, Mısır dilini öğrenme zahmetine giren son firavunun -ünlü Kleopatra- üzerinden iki yüzyıl geçmişti. Bir yazar, oldukça isabetli bir şekilde Yunan İskenderiye'sinin statüsünü "kapılı bir topluluk" olarak adlandırmıştı. Her halükârda İskenderiye, klasik bilginin ilerlemesini sürdürmek için Mısır'ın zenginliğini kullanmaya ideal bir şekilde hazırды. İki kurum, müze ve kütüphane bu çabanın önemli parçalarıydı.

İskenderiye Kütüphanesi, kendi döneminde ünlüydü ve bugün bile bir efsane olmaya devam ediyor. Farkına varmanız gereken ilk şey, onun günümüzdeki kütüphaneler gibi olmadığıdır. Birincisi, kitap yoktu. İskenderiye, papirüs üretimi için bir merkezdi ve yazı aslında parşömen üzerine yazılıyordu. Başka bir deyişle, duvarlar bir dizi raftan çok bir dizi küçük bölmeye kaplıydı. Kütüphane, bugün bir araştırma enstitüsü olarak adlandıracağımız şeyin bir parçasıydı. Klasik dünyanın her yerinden bilim insanlarının Batlamyus tarafından desteklenerek çalışmaya ve yaşamaya geldiği bir yerdi. Sözde, Aristoteles'in Atina'da kurduğu okul olan Lyceum'dan esinlenilmişti.

Binaya dair herhangi bir çizimimiz veya mimari planımız yok, ancak bazı kaynaklar büyük okuma odaları ile kataloglama ve satın almalar için ayrı ofislere sahip olduğunu öne sürüyor. Müze, halka açık olmadığı ve sergiye ev sahipliği yapmadığı için modern muadiline fazla benzemiyordu. Bunun yerine, onu kütüphaneye bağlı bir tür küçük düşünce kuruluşu olarak hayal edebilirsiniz.

Bu kurumları bu kadar başarılı kılan, tüm Batlamyus hükümdarlarının desteği idi. Görünüşe göre parşömen toplamak bir aile tutkusuydu. Limana giren her gemide kitap aranacağını söyleyen bir yasa vardı. Eğer kitap bulunursa, el konarak orijinalleri kütüphaneye gider ve sahibine kopyası verilirdi. Doğruluğu şüpheli bir başka hikâye ise, Mark Anthony'nin Kleopatra'ya Pergamon'daki kütüphaneden birkaç yüz bin parşömen hediye ettiğinden bahsediyor. İskenderiye Kütüphanesi antik çağın bir döneminde yakıldı. Kime inandığınıza bağlı olarak; ya Jül Sezar M.Ö. 48'de İskenderiye limanındaki Mısır filosunu ateşe verdiğinde ikincil hasar olarak ya da M.S. 391'de bir Hristiyan piskoposun emriyle yok edildi. Hangisi doğru olursa olsun, yüzyıllar boyunca toplanmış büyük bilgi deposu yok oldu. Daha olumlu bir not olarak; antik kentin kıyısına, büyük bir kuruma uygun bir anıt olan yeni bir İskenderiye Kütüphanesi inşa ediliyor.

Birkaç yüzyıldır varlığını sürdüren kütüphane ve müze gibi kurumlar, birçok ünlü bilim insanı ve akademisyenle övmek zorundadır. Bu aydınlardan sadece üçünün hayatına bakalım: Geometri disiplini kodlayan Öklid (yaklaşık M.Ö. 300); Dünya'nın çevresini ölçen Kirenli Eratosthenes (M.Ö. 276-195); ve şimdiye kadar tasarlanmış en başarılı kozmos modellerinden birini inşa eden Batlamyus (yaklaşık M.S. 100). Bunların her birinin sonraki nesiller üzerinde büyük, bazı durumlarda günümüze kadar devam eden etkileri oldu.

Öklid

Lisede geometri dersi alırken, ilk olarak İskenderiyeli Öklid tarafından geliştirilen bir yöntemi öğrenmiş olmanız muhtemeldir. Mısır'ın erken Batlamyus dönemi hükümdarları zamanında, M.Ö. 300 civarında yaşadığını bilsek de, kendisi hakkında çok az şey biliyoruz. Antik metinlerde Atina'daki Platon Akademisi'nde öğrenci olduğuna dair bazı iddialar var ve bir hikâyeye göre Batlamyus ona matematikte ustalaşmanın basit bir yolu olup olmadığını sorduğunda şu cevabı vermiştir: “Geometriye giden asil bir yol yok.” Bunun gibi birkaç haber dışında, kendisi ve eseri hakkındaki bilgilerimiz esas olarak *Elementler* başlıklı geometrik incelemesine dayanmaktadır.

Öklid, çoğu İskenderiyeli bilgin gibi sadece geometri değil, birçok farklı alanda çalıştı. Çalışmalarının bir kısmı; optik ve perspektif teorisi, aynalar ve konik bölümler gibi konularda hâlâ etkisini sürdürmektedir. Bununla birlikte, bilimin ilerlemesine büyük katkısının, geometri üzerine yaptığı çalışmalar olduğuna şüphe yoktur.

Öklid'in düzlem geometrisinin tamamını kendisinin türetmediğini de akılda tutmak önemlidir. Aslında, elde ettiği sonuçların çoğu, en azından kaba bir biçimde, ondan çok önce biliniyordu. Mesela sonraki bölümde göreceğimiz gibi, her Nil taşkınından sonra topraklarını yeniden inceleme ihtiyacı, Mısırlılara iyi bir geometri bilgisi vermişti. Antik uygarlıkların çoğu, Pisagor teoremi veya en azından 3-4-5 dik üçgeninin çalışma bilgisine sahip görünüyordu. Öklid'in yaptığı şey, tüm bu farklı sonuçların, onun “postülatlar” ve “ortak kavramlar” olarak adlandırdığı ve genellikle aksiyomlar ve tanımlar dediğimiz şeyden başlayarak basit bir mantıksal sistemde bir araya getirilebileceğini göstermekti. Bu az sayıdaki ilk varsayımdan, geometrinin geri kalanının tümünün aksiyomlardan ve basit mantıktan sonra geldiğini gösteren biçimsel ispat yöntemini geliştirdi.

Örneğin, en ilginç aksiyomu, bir çizginin dışındaki bir noktadan, orijin çizgisiyle asla kesişmeyen (yani paralel olan) yalnızca bir başka çizginin çizilebileceğini söyler. Bu sezgisel bir anlam ifade ediyor; paralel çizgiyi biraz eğdiğiniz hayal ederseniz, sonunda orijin ile kesişeceğini göreceksiniz. Sözü edilen aksiyomdan (“paralel postulat” olarak da adlandırılır), bir üçgenin üç açısının toplamının 180 dereceyi bulması gerektiğini kanıtlamak mümkündür, bu da lise geometrisinden tanıdık bir başka sonuçtur. Pisagor teoremini, anlaşılması güç bir alanda çok sayıda ölçümün sonucu olarak değil, postülatların mantıksal bir sonucu olarak ispatlamak da mümkündür.

Öklid’in mantığı o kadar güçlüydü ki, bu yöntem geometriden uzak alanlarda da kullanıldı. Örneğin Bölüm 7’de Isaac Newton’un çalışmalarından ve modern bilimin temellerinden bahsedeceğiz. *Principia*’yı okuyan herkes, Newton’un geometri ile çok az ilgili olan dinamik alanındaki sunumunu açıkça Öklid’in *Elementler*’i üzerine modellediği gerçeğiyle şaşkına döner.

Aslında bu anlamda; Öklid’in örneğinin, modern bilim insanlarının çalışmalarını sunma biçimleri üzerinde olumsuz bir etkisi olduğunu iddia ediyorum. Bölüm 1’de gördüğümüz gibi; gerçek bilim, deney ve gözlemlere dayanır. Dağınıktır ve bilim insanları genellikle çıkmaz sokakları keşfetmek (ve nihayetinde reddetmek) için çok zaman harcarlar. Buna karşılık, bilimsel bir makale okuduğunuzda, sözünü ettiğim gerçek sürece dair sınırlı miktarda ipucu olduğunu görürsünüz. Bunun yerine, gerçek keşif sürecine çok az dikkat göstererek, ilk önermelerden nihai sonuca doğru istikrarlı bir ilerleme elde edersiniz. Şahsen ben bunu Öklid’in hâlâ dünyamızda işleyen eli olarak görüyorum.

Öklid’i geçmeden önce; yirminci yüzyılın başlarında, Albert Einstein’ın görelilik teorisini geliştirdiği sıralarda da çok önemli hâle gelen bir konuyu daha ele almamız gerekiyor: Öklid’in geometrisi, her ne kadar güzel ve mantıklı olsa da, içinde yaşadığımız dünyayı tam olarak tanımlamıyor.

Üçgenleri düşünerek bunu oldukça basit bir şekilde görebiliriz. Yukarıda belirttiğimiz gibi, Öklid'in önermeleri göz önüne alındığında, bir üçgenin iç açılarının toplamının 180 dereceye eşit olması gerektiğini kanıtlayabiliriz. Ancak Dünya'nın yüzeyinde, iki tarafı boylam meridyenleri ve üçüncü kenarı ekvatorun bir parçası olan bir üçgen düşünün. Meridyenler, üçgenin bir açısını oluşturmak için Kuzey Kutbu'nda bir araya gelir. Ancak her biri ekvatora diktir. Bu, her meridyen ekvatorla karşılaştığında oluşan açının 90 derece olduğu ve iki tanesinin toplamının 180 dereceye olduğu anlamına gelir. Dolayısıyla kutuplardaki açıyı da eklediğimizde, bu üçgende ki iç açılarının toplamının 180 dereceden fazla olması gerekir.

Bu basit örnek, Öklid geometrisinin Dünya'nın ki gibi bir yüzeyi tanımlamadığını göstermektedir. Aslında, on dokuzuncu yüzyılda matematikçiler Öklid'in postülalarının, yalnızca düz bir düzlemde bu derece mantıklı ve açık olduğunu fark ettiler. Mısır'daki bir alanın veya Amerika'daki bir konut arsasının geometrisine iyi bir yaklaşım olurlar ancak her sisteme uygulanamazlar. İşin aslı, araştırmacılar büyük mesafeleri ölçerken rutin olarak çalışmalarını Dünya'nın eğriliği için düzeltirler. Bölüm 9'da göreceğimiz gibi, Öklid dışı geometriler denen şeyin gelişimi, yirminci yüzyıl fiziğinde son derece önemliydi.

Eratosthenes

İlkokullarda öğretilenlerin aksine, Dünya'nın yuvarlak olduğu fikri antik zamanlardan beri bizimleydi ve Columbus denize açıldığında, neredeyse bin yıldır kabul edilmiş hâldeydi. Hatta Dünya'nın kaydedilen ilk çap ölçümü M.Ö. 240'ta; daha sonra İskenderiye Kütüphanesi'nin baş kütüphanecisi olan, Yunan coğrafyacı Eratosthenes tarafından yapıldı. Yöntemi şuydu: Yaz gündönümünde Güneş'ten gelen ışığın, bugünkü Asvan şehrinde bir kuyunun dibine kadar nüfuz ettiğini ve bunun da Güneş'in doğrudan tepede olduğunu gösterdiğini biliyordu.

Bununla birlikte, İskenderiye’de yüksekliği bilinen bir direğin oluşturduğu gölgenin uzunluğunu da ölçtü. Bazı basit geometrik ölçümlerle desteklenen bu hesaplamadan, İskenderiye ve Asvan arasındaki mesafenin Dünya’nın çevresinin 1/50’si olduğu sonucuna vardı. Bu iki şehir arasındaki mesafeyi nasıl belirlediği, muhtemelen asla çözülemeyecek olan o sevimli bilimsel gizemlerden biridir. Ancak 252.000 “stadia”lık bir çevre bildirdi, buradaki “stade” onun zamanının standart bir uzunluk birimiydi.

Mesele şu ki, tıpkı günümüzde standart mil (1609 m) ve deniz mili (1852 m) gibi farklı birimlerin olmasına benzer şekilde, antik dünyada da “stade” için çeşitli tanımlar vardı. Stadiaların tamamı yaklaşık 182 metre civarındaydı ve öyle görünüyor ki; Eratosthenes, Dünya’nın çevresini, -yaklaşık 40 bin km olan mevcut değ erinden farklı olarak- 46 bin km olarak ölçmüştü.

Klaudyos Batlamyus

Klaudyos Batlamyus (yaklaşık M.S. 90-168) İskenderiye’de, onun artık bağımsız bir ulusun başkenti değil, Roma İmparatorluğu’nun bir eyaletinin ana şehri olduğu bir zamanda yaşadı. Roma imparatorlarından birininkiyle aynı olan ismi, onun bir Roma vatandaşı olduğunun göstergesidir. İskenderiye’deki tüm bilim insanları gibi yazılarını Yunanca yazdı. Bu da muhtemelen Mısır’daki Yunan toplumunun bir parçası olduğunu gösteriyor. Ortaçağ boyunca, sanatçılar tarafından sık sık bir kral olarak tasvir edilmiştir, ancak Batlamyus’un firavunlarıyla herhangi bir ilişkisi olduğuna dair hiçbir kanıt yok. Aslında, “Batlamyus”, Makedon soylularında oldukça yaygın bir soyadıydı. Örneğin Büyük İskender’in ordusunda bu isimde bir dizi subay vardı.

Öklid’de olduğu gibi, Batlamyus’un da hayatıyla ilgili oldukça az bilgimiz vardır. Coğrafya, optik ve müzik teorisi gibi pek çok

alandaki çalışmalar yapmıştır. Ancak anısının günümüze kadar gelebilmesinin asıl sebebi yazdığı önemli bir kitaptır. Başlangıçta *Matematiksel İnceleme* şeklinde adlandırılan fakat günümüze *Almagest* olarak ulaşmış eser, Güneş sisteminin kapsamlı bir modelini içerir. İsim, Arapça önek ile Yunanca “harika” kelimesinin birleşimidir. Bu ilginç kombinasyon, bize ortaçağda Batı’da kaybolan, ardından on ikinci yüzyılda Arap dünyasından Avrupa’ya yeniden tanıtılan eserin tarihi hakkında bir şeyler anlatıyor.

Bir teoriyi, eğitilmiş insanların fikirlerine egemen olduğu sürenin uzunluğuyla yargılasak; *Almagest*, en basit şekilde, şimdiye kadar öne sürülen en başarılı bilimsel teoriyi içerir. İkinci yüzyılda yazıldığı andan itibaren; hem Avrupa hem de Ortadoğu’da on yedinci yüzyıla kadar, günümüzde Güneş sistemi olarak adlandırdığımız, insanların o zamanlar evren dediği şeyin kabul edilen resmiydi. Batlamyus’un, kalıcı gücünü anlamaya çalışmak için inşa ettiği evrene bir göz atalım.

Bütün Yunan evrenbilimleri gibi, *Almagest* de bir çift temel, tartışmasız varsayım ile başlar: Dünya evrenin hareket etmeyen merkezidir ve gökyüzündeki cisimlerin hareketleri çemberler ve küreler olarak tanımlanmalıdır. Bunlardan ilkinin zaten pek çok antik gökbilimsel fikirde gördük ve bu açıkça duyuların kesin kanıtına atfedilebilir. İkincisi bizim için daha az aşikâr olmakla beraber, çemberin en “kusursuz” geometrik şekil olduğu, saf ve değişmez gökyüzünün bu gerçeği yansıtması gerektiği düşüncesiyle ilgilidir. Çemberin “kusursuzluğu” kavramı kolayca aklımıza gelir; derseniz arkadaşlarınıza en kusursuz şeklin ne olduğunu sorun. Bu fikir ile ilgili problem, “kusursuzluk” kavramının gerçekten yeterince iyi tanımlanmamış olmasındandır. Zaten geometrik bir şeklin “kusursuz” olduğunu söylemek tam olarak ne anlama geliyor ki? Her hâlükârda, bu kavram antik düşünceye sıkı sıkıya bağlıydı.

Batlamyus aslında çok az astronomik gözlem yaptı. Ancak Babil ve Yunan gökbilimciler, özellikle Hipparchos tarafından

yüzyıllar boyu alınan verilere güveniyordu. Aşağıda açıklayacağımız model bu derlemeden oluşturmuştur. Her ne kadar sistem bize aşırı karmaşık görünse de, Batlamyus'un bir yandan kendisi de hareket eden bir gezegenin yüzeyinden görüldüğü hâliyle, aslında eliptik yörüngelerde hareket eden gezegenlerin hareketlerini tanımlamaya çalıştığını hatırlamalısınız. Gezegenel hareketin gerçekleri ve Batlamyus'un tartışmasız varsayımları göz önüne alındığında, sistemin neden bu kadar karmaşık olduğunu anlamak zor değil.

Kitapta pek çok bölüm bulunmaktadır, mesela bir yıldız kataloğu ve takımyıldızları listesi. Benim favorim ise, Birinci Kitap'taki "Ayrıca Dünya da Bir Bütün Olarak Alındığında Makul Bir Küredir" bölümü. Bu bölümde Batlamyus, savını kanıtlayan birkaç gözlem sunuyor: bir geminin karadan uzaklaştığında önce gövdesinin kaybolması, tutulmaların farklı yerlerde farklı zamanlarda meydana gelmesi, Ay tutulması sırasında Dünya'nın Ay üzerindeki gölgesinin eğimli olması gerçeği gibi. Bu konu hakkında ders verirken, "Rose Bowl Kanıtı" adını verdiğim modern bir madde eklemeyi seviyorum. Amerika Birleşik Devletleri'nin doğu kıyısında yaşıyorsanız, Kaliforniya'da Rose Bowl maçı başladığında hava karanlık olur, buna rağmen stadyumun üzerinde hâlâ Güneş parlar. Eğer Dünya düz olsaydı Güneş her yerde aynı anda batardı ki açıkça öyle değil.

Batlamyus'un evren modelinin temel özelliği, dış çember adı verdiği şeydir. Bir dış çemberin nasıl çalıştığını hayal etmenin en kolay yolu, kendi eksenini üzerinde dönen büyük bir cam küre hayal etmektir. Batlamyus bu küreyi "yörünge" olarak adlandırdı. Bu büyük kürenin içinde küçük bir kürenin yuvarlandığını ve bu küçük kürenin yüzeyine bir gezegenin bağlı olduğunu hayal edin. İşte o küçük küreye "dış çember" adı verilmiştir. Büyük kürenin merkezinde duran bir gözlemci için, gezegenin hareketi düzenli görünmeyecek, iki kürenin ne kadar hızlı döndüğüne bağlı olarak hızlanacak ve yavaşlayacaktır.

Böylelikle, sistemdeki tek hareket kusursuz kürelerin düzenli dönüşleri olsa da gezegenin hareketi düzensiz olabilir.

Sistemin karmaşıklığı daha da derinleşiyor. Gezegenlerin gözlemlenen hareketini modeline uydurmak için sadece dış çemberleri kullanmak yeterli değildi. Sonuçta, gezegenler aslında daire kombinasyonları hâlinde değil, eliptik yörüngelerde hareket ediyor. Batlamyus bu tür karışıklıklarla başa çıkmak için her bir gezegenin; kendi yörüngesinde üzerinde, Dünya'nın konumundan farklı, "dışmerkez" adını verdiği bir nokta etrafında döndüğünü ve Dünya'nın karşısındaki, "ekuant" adını verdiği dışmerkezli bir noktadan bakıldığında kürenin düzenli hareket ediyormuş gibi görüneceğini söyledi. Buna göre -evrenin merkezi olarak kabul edilen- gezegenimiz hareket etmiyordu ancak, evrendeki hareketin merkezi de değildi.

Sistem karmaşıktı, ancak Batlamyus, bütün kürelerin ve dış çemberlerin boyutlarını ve dönüşlerini ayarlayarak verileri eşleştirmeyi başardı. Dahası, sistemi kullanmak çok fazla hesaplama gerektirse de, bu hesaplamalar yeterince açıktı. Böylece gökbilimciler, teorik temelleri hakkında çok fazla endişelenmek zorunda kalmadan bu sistemi tutulmalar gibi şeyleri tahmin etmek için kullanabilirlerdi. Daha sonra, bazı Arap gökbilimciler sistemi daha fazla bölüm ekleyerek geliştirmeye çalışacaklardı. (Küreler içinde küreler içeren küreler.) Ancak temel sorun Batlamyus'un çalışmasının belirleyici özelliği olarak kaldı. Bugün bile, bir teorinin gereksiz yere karmaşık hâle geldiğini düşünen bir bilim insanı, meslektaşını "yalnızca dış çemberler eklemekle" suçlayabilir.

Belki de Batlamyus üzerine en iyi yorum Kastilya Kralı, Bilgin Alfonso (1221-84) tarafından yapılmıştır. Arapçadan yeni çevrilen *Almagest* ile tanıştıktan sonra şunu söylemiş olmalıydı: "Yaratılıştan önce Yüce Tanrı bana danışsaydı, daha basit bir şey tavsiye ederdim."

İSLAM BİLİMİ

İskenderiye’de geliştirilen Helenistik bilim, Klasik Antik Çağ biliminin yükselişini işaret ediyordu. zira fırtına bulutları Roma İmparatorluğu üzerinde ya da en azından onun Akdeniz’i çevreleyen kısmı üzerinde toplanmaktaydı. Tarihsel olaylara kesin tarihler atamayı sevenler, 4 Eylül 476’yı Roma İmparatorluğu’nun “düşüşü” olarak işaretler. Aslında bu, uygunsuz bir şekilde Romulus Augustus olarak adlandırılan Batı Roma imparatorlarının sonuncusunun bir Germen generali tarafından tahttan indirildiği tarihtir.

Ancak bu -en iyi ihtimalle- şaibelidir. Eğitim sistemimizdeki gizemli boşluklardan bir diğerinde, İtalya’daki olaylara dayanarak Roma İmparatorluğu’nun “çöküşü”nden bahsedenler, merkezi Konstantinopolis olan Roma İmparatorluğu’nun diğer yarısının barbar istilalarından neredeyse hiç etkilenmediğini görmezden geliyor. Hatta kendilerini Romalı sayan ve Yunanca konuşan insanlar, 1453’te Türklerin fethine kadar, o şehirde hüküm sürmeye devam etti. Buna ek olarak, İtalya’yı işgal eden Germen kabileleri, kendilerini büyük bir medeni-

yetin yıkıcıları olarak değil, Roma geleneğinin mirasçıları ve koruyucuları olarak görüyorlardı. Roma İmparatorluğu'nun gerilemesi yavaş bir olaydı ve tarihçiler hâlâ birçok olası nedenden hangisinin en önemlisi olduğunu tartışır. En iyi ihtimalle, 476'daki olaylar, Batı Akdeniz'de yüzyıllar süren bir çözülme sürecinin sembolü olarak görülmelidir.

Yedinci yüzyıla gelindiğinde, Arap yarımadasındaki birkaç sakin kasabada meydana gelen olaylar, insanlığın siyasi (ve bilimsel) tarihini tamamen değiştirdi. Hz. Muhammed (570-632) İslam dinini kurdu ve ölümünden sonra takipçileri Ortadoğu ve Kuzey Afrika'nın çoğunu fethetmek için Arabistan'dan çıktı. Sekizinci yüzyılın sonunda İslam orduları, dinlerini Hindistan'dan İspanya'ya taşıdılar. Bu, tarihin en şaşırtıcı ve uzun süreli askeri harekâtlarından biri olabilir. Kuzey Afrika'yı fethederek, Avrupa'yı geleneksel tarımsal kaynaklardan kestiler ve tarihçi Henri Pirenne'in deyiimiyle, kıtanın “abluka”sını kurdular. Bu fetihler, araştırmacıların İslam'ın “Altın Çağı” dedikleri ve aşağı yukarı on üçüncü yüzyıla kadar süren şeyi başlattı. Başka bir sembolik olay da Moğol ordularının 1258'de Bağdat'ı yağmalamasıdır ve bu genellikle Altın Çağ'ın sonu olarak kabul edilir. Bilimin gelişimi açısından bakıldığında, bu dönemde ağırlık merkezi Doğu Akdeniz havzasından Ortadoğu ve İspanya'daki İslam kültürünün merkezlerine kaymıştır.

Terimlendirme ile ilgili bir not; “İslam bilimi” ve “İslami ilim” gibi terimler kısmen yanıltıcı olabilir. Geleneksel olarak kullanıldıklarından, Müslüman yönetimi altında dünyanın bazı bölgelerinde meydana gelen olaylara atıfta bulunurlar. İleride bahsedeceğimiz Avrupa'daki olayların “Hristiyan bilimi” olarak adlandırılmayacağı gibi, şimdi bahsedeceğimiz gelişmelerin bir bakıma Müslüman inancının bir sonucu olduğu anlamına da gelmez. Terimler, ilgili kişilerin ille de Müslüman olduğu anlamına da gelmemelidir. Birçoğu elbette müslümandı, ancak İslam ülkeleri diğer dinlere karşı hoşgörülüydü ve anlatacağımız bu bölgelerdeki ilerlemelere dâhil olan

âlimlerin bazıları Yahudi, Hristiyan ya da diğer inançların mensuplarıydı.

Bununla birlikte, dini kurumların her kültürün önemli bir parçası olduğunu da unutmamak gerek. Dolayısıyla dini tutum ve öğretilerin bilimin gelişiminde etkili olmaları son derece olağan. Örneğin bir sonraki bölümde bazı bilim insanlarının, Kuzey Avrupa’da Protestanlığın yükselişinin bireysellik vurgusuyla modern bilimin gelişmesinde önemli olduğu argümanını tartışacağız. Bu bölümde, doğal dünyaya karşı İslami tutumun tıbbın ilerlemesini nasıl kolaylaştırdığını göreceğiz. İlk İslami yazılar; Hadis başta olmak üzere, bu açıdan özellikle önemliydi. Peygamber’e atfedilen “Allah her hastalığın ilacını vermiştir.” gibi sözler, bu dönemde tıptaki hızlı gelişmeler için açık bir teşvik olmuştur.

Bilim tarihinde İslam’ın Altın Çağ’ına değinmemizin asıl sebebi olarak iki önemli neticeyi not etmeliyiz. Zaten bahsetmiş olduğumuz bir tanesi, Klasik Antik Çağ ilminin çoğunun korunmasıydı. Örneğin, Batlamyus’un *Almagest* kitabı erken den Arapçaya çevrildi ve Latince’ye çevrildiğinde Avrupa astronomisinin gelişimi için temel bir belge hâline geldi. Aristoteles’in pek çok kitabı da aynı şekilde elde edildi.

Efsaneye göre, Müslümanların Klasik Dönem’e ilgisi, rüyasında Aristoteles’i gördüğü farz edilen Halife el-Mamun (809-33) ile başlamıştır. Halife, uyandıktan sonra Yunanca metinlerin toplanması ve Arapçaya çevrilmesi için bir emir verdi. Halifenin bu rüyayı görüp görmediğine bakılmaksızın, yüzyıllar boyunca bu tercüme ve koruma sürecinin devam ettiğini biliyoruz. Hatta halifeler ile Bizans imparatoru arasındaki barış antlaşmalarının Konstantinopolis kütüphanelerindeki kitapların kopyalanarak Bağdat’a nakledilmesi şartını içermesi hiç de olağandışı bir durum değildi.

Ancak Altın Çağ’da İslam âlimleri, bilime sadece önceden geliştirilmiş fikirlerin koruyucuları olarak yön vermediler.

Böylesi geniş çapta, varlıklı ve uzun soluklu bir imparatorluktan bekleyebileceğiniz üzere, İslam dünyasındaki bilim insanları, optikten anatomiye ve mantığa kadar çok çeşitli alanlarda kendi ilerlemelerini gerçekleştirdiler. *Guineess Rekorlar Kitabı*, Fas'ın Fez kentinde 859'da kurulan Karaviyyin Üniversitesi'ni dünyanın çalışan en eski üniversitesi kabul ediyor. Kahire'de 975'te kurulan El-Ezher Üniversitesi de hemen arkasından geliyor. Bu kurumların her ikisi de tıp diploması veren birçok okulla birlikte İslam'ın Altın Çağı'nda gelişti. İslam biliminin genel bir özelliği, bu noktaya kadar gördüğümüzden çok daha fazla deney ve gözleme dayanmasıydı. Bu, akıl ve mantığa görece daha çok önem verilen Yunanistan'daki gelişmelerle açık bir tezat oluşturuyor.

İslam biliminde çok çeşitli konularla karşılaştığımızdan, seçim yapmak zorundayız. Sonuç olarak, çok daha geniş bir bilim sahasının temsilcisi olarak yalnızca üç alana odaklanacağız: matematik, tıp ve astronomi. Ancak bu konulara geçmeden önce, bir gözlem yapmama izin verin. Cebir, algoritma veya Aldebaran* gibi Arapça "al" ile başlayan bir sözcükle karşılaştığınızda, muhtemelen Altın Çağ'ın bir ürününe bakıyorsunuzdur.

İslam bilimi hakkında değinilmesi gereken genel bir nokta daha var. Bahsedeceğimiz büyük bilim insanlarından hiçbiri çalışmalarını tek bir disiplinle sınırlamadılar. Onlar için genel bir terim kullanmak gerekirse, bilgelerdi. Aşağıda, çalışmalarının en kalıcı yönlerine yoğunlaşacağız. Ancak günümüzde bir matematikçi olarak anılan bir âlimin muhtemelen astronomi, tıp ve felsefe alanlarında da çalıştığını ve bir yandan da şiir yazmış olabileceğini unutmayın.

* Sözü edilen bilimsel terimlerin; (cebir - algebra, algoritma - algorithm, kimya - alchemy) İngilizce karşılıklarının Arapça kökenli olduğuna vurgu yapılıyor. - yhn

İslam Matematiği

Önceki bölümlerde sayı sistemlerinin evrimini, sıfır ve “Arap” rakamlarının icadını Hindistan’da, İskenderiye’de Öklid geometrisinin gelişimini işledik. Bunlar, İslam dünyasında meydana gelen bu gelişimler, yüksek matematiğe doğru ilerleyişimizin temelini oluşturmuştur.

Daha önce de belirttiğimiz gibi, matematiğin gelişmesinin belirgin pratik ve ticari nedenleri vardır. Bilim insanları; İslam dünyası örneğinde, daha az belli olan üç nedene daha işaret ediyorlar. Bunlardan biri, kesir matematiğinin gelişimini sağlayan İslami miras yasalarıydı. Hatta kesirleri ikisini ayıran bir çubukla payda üzerinde pay olarak yazma şeklindeki uygulamamız, on ikinci yüzyılda miras hukukunda uzmanlaşmış El-Hasar adlı Faslı bir matematikçi tarafından geliştirilmiştir.

İkinci neden ise takvimle ilgilidir. Bölüm 2’de, doğanın bize en barizleri gün ve yıl olan bir dizi “saat” sunduğuna dikkat çektik. Ayrıca, Ay’ın evreleriyle belirlenen üçüncü bir “saat” olduğunu da belirttik. Farklı hızlarda çalışan bu üç saatin ve ilk ikisini bağdaştırmanın bir yolu olan Stonehenge’in yapımını tartıştık.

Müslüman toplumlar, Ay takvimi denen üçüncü “saati” kullandılar. Sistemlerinde her ay, yeniayın şeridinin gökyüzünde ilk kez görüldüğü gün başlar. Hem Müslüman hem de Yahudi geleneklerinde dini bayramlar Ay takvimine göre belirlendiğinden, yeniayın oluşumunu tahmin etmek gökbilimciler ve matematikçiler için önemli bir görev hâline gelmiştir. (Yeri gelmişken, Paskalya’nın her yıl farklı bir tarihte gerçekleşmesi, bunun Yahudilerin Ay takvimi tarafından belirlenen Fısıh kutlamasına bağlı olmasından kaynaklanmaktadır.)

Almagest’e erişimi olan yetenekli matematikçiler için bile yeniayın zamanını tahmin etmek oldukça zor bir süreçtir. Sorun, Batlamyus’un tüm kürelerinin ve dış çemberlerinin,

(modern dilde) gezegenlerin yörüngelerinin bulunduğu düzleme göre tanımlanmış, yani “ekliptik” olmasıdır. Öte yandan; yeniay, gözlemcinin ufkuna göre tanımlanmalıdır ve bu gözleminin enlemine ve kısmen yüksekliğine bağlıdır. Bu iki koordinat sistemini uzlaştırma ihtiyacı, Müslüman âlimlerin hesaplama tekniklerini geliştirmeleri için güçlü bir nedendi.

Son olarak, üçüncü neden sıradan görünüyorsa da aslında oldukça zordur. Müslümanların namaz kılarken yüzlerini Mekke’ye dönmeleri gerekir. Dolayısıyla tüm camilerin konumlarından Kabe’ye giden doğrunun belirlenmesi gerekir. Bu, küresel geometri açısından oldukça ciddi bir sorundur ve bu alanda müslümanlarca gerçekleştirilen çok sayıda çalışmayı açıklar.

İslam matematiğini, “Arap” rakamları yönünden daha önce ele almıştık. Bunlar Bölüm 3’te belirtildiği gibi Hindistan’da geliştirildi ve müslüman yazarlar tarafından “Hindu Rakamları” olarak adlandırıldı. Müslüman matematikçiler, -yukarıda bahsedilen kesirli gösterim gibi- bir dizi iyileştirme getirdiler ve sistemi Avrupa’ya aktardılar. Bu aktarımda yer alan en etkili kitap, 1202’de daha çok Fibonacci lakabıyla tanınan İtalyan matematikçi Pisalı Leonardo (1170-1250) tarafından *Liber Abaci* (Hesaplama Kitabı) başlığıyla yayınlandı.

Arap rakamlarının hikâyesini incelerken, İslam bilimi tartışmalarında sık sık yinelenen bir olguyla karşılaşıyoruz. İranlı gökbilimci Kâşî’nin on beşinci yüzyılda modern ondalık nokta gösterimini kullandığını, bu gösterimin daha önce Çinli matematikçiler tarafından kullanıldığını ve Flaman matematikçi Simon Stevin (1548-1620) tarafından Avrupa’ya tanıtıldığını biliyoruz. Ancak bu isimlerden herhangi birinin diğerinin çalışmalarından haberdar olup olmadığına dair hiçbir kanıt yok. Matematik yasaları basit bir mantığa dayanır ve herkes tarafından erişilebilir. Bu nedenle farklı bilim insanlarının aynı şeyleri bağımsız olarak keşfetmelerine şaşırmmamalıyız.

Aynı bağımsız keşif sürecini bilim dediğimiz disiplinleri oluşturan doğa yasalarından bahsederken göreceğiz.

Bununla birlikte, İslam matematiğindeki en önemli gelişme, Arap rakamlarının geliştirilmesi değil, cebirin gelişmesiydi. Bu ilerlemenin izi; Ebû Abdullah Muhammed b. Musa el-Hârizmî (780–850) isimli tek bir âlimden ve onun 830’da yayımlanan *Kitâbü’l-Cebr ve’l-mukâbele* (Tamamlama ve Dengelemeye Göre Hesaplamalar Üzerine Derleyici Kitap) isimli eserinden sürülebilir. Cebir kelimesi, “el-Jabr”ın Latinize edilmesinden (teknik olarak, *Liber cebebrae et almucabala* adlı kitabın on ikinci yüzyıl çevirisinin başlığından) gelir. Problem çözme yöntemine atıfta bulunan “algoritma” kelimesi de Harizmi’nin adının Latinize edilmesinden gelmektedir.

Erken dönem bilim insanlarında sıklıkla olduğu gibi, Harizmi’nin çocukluk ve gençlik yılları hakkında sahip olduğumuz kesin bilgi oldukça azdır. İranlıydı ve muhtemelen günümüzün Özbekistan bölgesinde doğmuştu. Bazı bilim insanları, kitabında dindar bir Müslüman olduğunu öne süren bir ön-söz olmasına rağmen, İran’da yaygın birçok inançtan biri olan Zerdüşî dinine mensup olduğunu öne sürdüler.

Her halükârda, “Bilgelik Evi” olarak bilinen bir kuruma bağlı olduğu Bağdat’a gittiğini biliyoruz. Meseleyi biraz açmak adına, Halife el-Mansur’un (714-75), 762’de İslam Devleti’nin başkentini Şam’dan taşıyarak modern Bağdat şehrini kurduğunu belirtelim. Fethettikleri Pers İmparatorluğu’nun geleneğine uyarak, hükümdar ailesine bağlı bir eğitim ve çeviri merkezi olarak Bilgelik Evi’ni kurdu. Kurum başlangıçta, Farsça eserleri Arapçaya çevirmeye odaklanmıştı. (İslam Devleti’nde Arapça, Latince’nin Hristiyan Avrupa’da oynadığı role benzer şekilde, farklı dil geçmişine sahip bilim insanları tarafından paylaşılan bir tür ortak dil işlevi görüyordu.) Sonraları, halifenin daha önce bahsettiğimiz oğlu, el-Mamun (809-33), odak noktasını Yunan çalışmalarına kaydırды ve işi çevirinin

ötesine genişletmek için diğerlerinin yanı sıra, gökbilimciler ve matematikçileri de getirdi.

İslam matematiğinin temel katkısı, bu bilim dalını Yunanlıların geometriye yoğunlaşmasından oldukça farklı, yeni ve daha resmi bir duruma getirmesidir. Bunun ne anlama geldiğini görmek için, size *el-Cebr*'de “dengelemek” ve “tamamlamak” kelimelerinin ne anlama geldiğine dair bir örnek vereyim. Bunu modern dilde ve gösterimde yapacağım, çünkü semboller yerine sıradan kelimelerle yazılan özgün metin, günümüz okuyucuları için anlaşılması zor bir kaynaktır. Denklemlerle başlayalım:

$$5x^2 - 10x + 3 = 2x^2 + 1.$$

Temel “tamamlama” kavramı, benzer ifadeleri bir arada gruplandırmak için bu denklemin her iki tarafında aynı işlemi gerçekleştirmeyi içerir. Bu kavramı öğretirken, ondan cebirin “Altın Kuralı” olarak bahsederim: Denklemin bir tarafına ne yaparsan, aynısını diğer tarafa da yap. Bu durumda; örneğimiz için işleme, yukarıdaki denklemin her iki tarafından da $2x^2$ 'i çıkararak başlayacağız;

$$3x^2 - 10x + 3 = 1.$$

“Eşitleme”, denklemin iki tarafında aynı türden terimlerin elde edilmesi sürecini ifade eder. Bu örnekte ise her iki tarafa $10x - 3$ ekleyerek katkı sağlar;

$$3x^2 = 10x - 2.$$

İkinci dereceden (yani kare içeren) bir denklemleri çözme problemi, matematikçiler tarafından binlerce yıl saldırıya uğradı. Babilliler, Bölüm 3'te bahsettiğimiz türden teknikleri kullanarak, özünde bu denklemlerin bazı basit formlarıyla başa çıkabildiler. Hintli matematikçiler ise bu çalışmayı daha karmaşık formları içerecek şekilde devam ettirdi. Ancak Hârizmî, tamamen genel çözümü yazan ve bu tür denklemlerin iki çö-

zümü olabileceğini anlayan ilk kişiydi. (Örneğin, $x^2 - 2x = 0$ denkleminin $x = 0$ ve $x = 2$ için ayrı çözümleri vardır.)

Yüzyıllar boyunca, müslüman matematikçiler etkileyici bir bilim yapısı oluşturmak için bu tür temeller kurdular. İkinci dereceden denklemlerin kök olarak negatif sayılara sahip olabileceğini anladılar. Karekökler gibi irrasyonel sayıların alanını keşfettiler ve kübik (yani x^3 içeren) denklemlerin genel çözümlerini buldular. Geometri alanındaki eski Yunan çalışmalarını genişlettiler ve trigonometrinin temel işlevlerini (sinüsler, kosinüsler ve tanjantları) geliştirdiler. En sevdiğim İslam âlimi İranlı Ömer Hayyam (1048-1131), şiir yazmakla meşgul olmadığı zamanlarda Öklid dışı geometrinin sınırlarını keşfetmiştir. (Bkz. Bölüm 9) Nihayetinde, müslüman matematikçiler, daha sonra başka yer ve zamanlarda diğer bilim insanları tarafından daha ayrıntılı olarak keşfedilen birçok yolu aramaya başlamıştır.

İslam Öncesi Tıp

Muhtemelen tıptan daha evrensel bir bilim dalı yoktur ve bu noktaya kadar tartıştığımız her toplum bu alanda ilerleme kaydetmiştir. Sekizinci yüzyıldan önce bu bilim dalının nasıl geliştiğinin bir örneği olarak, sadece üç farklı İslam öncesi kültürdeki (Mısır, Yunanistan ve Çin'deki) tıbbı bakacağız.

Mısır'ın antik dünyada bir güç olduğu dönemde en iyi doktorları yetiştirdiğine şüphe yoktur. Mısır tıbbına ne kadar hürmet edildiğini gösteren belgelerimiz var: Kral ve prenslerin bir firavuna yazdıkları ve kısırlık gibi belirli sorunlar ile ilgilenmesi için Mısırlı doktorların gönderilmesini istedikleri mektuplar gibi. Şüphesiz, kadavradan iç organların çıkarılmasıyla gerçekleşen mumyalama uygulaması, Mısırlı hekimlere insan anatomisi hakkında birtakım bilgiler vermiştir.

Mısır matematiği hakkındaki bilgilerimizde olduğu gibi, Mısır tıbbına dair en iyi bilgimiz de papirüslerden gelir. Edwin

Smith papirüsü diye anılan papirüs, bilinen en eski cerrahi metindir. Papirüse adı verilen Edwin Smith 1862’de belgeyi satın almış ve kızı, papirüsü 1906’da New York Tarih Derneği’ne bağışlamıştır. Papirüs, M.Ö. on altıncı yüzyılda yazılmıştır. Fakat en az bin yıl öncesinden gelen kaynaklara dayanmaktadır. Özgün metnin, firavunların mimarı ve tıp biliminin kurucusu efsanevi İmhotep (M.Ö. 2600) tarafından yazıldığı öne sürülür.

Papirüs temelde, -bir acil servis hekiminin bugün okuyacağı türden- yaralanmaların tedavisi için bir dizi talimattan oluşur. Tedavi tekniklerini göstermek için verilen 48 vaka vardır. Örneğin, altıncı vaka aşağıdaki gibidir:

Vaka Altı: Kafasında, kemiğe nüfuz eden, kafatasını parçalayan (ve) kafatasında beynini yırtan açık bir yara ile ilgili talimatlar.

Muayene: Kafasında açık bir yara olan, kemiğe nüfuz eden, kafatasını parçalayan (ve) kafatasında beyni yırtılan bir adamın yarasını elle muayene etmelisin.

Kafatasında erimiş bakırdan oluklargibi görünen parçayı (ve) bir bebeğin kafasının üst kısmının bütünleşmesinden önceki zayıf yeri gibi parmakların altında zonklayan (ve) çırpınan bir şeyi bulman gerekir - Bu gerçekleştiğinde, (hastanın) kafatasındaki beyni açılınca kadar parmaklarınızın altında zonklama (ve) çırpınma olmaz - (ve) her iki burun deliğinden de kan akar, (ve) boynunda tutulma acısı çeker...

Teşhis: [Onun hakkında söylemen gereken şey]: “Tedavi edilmeyecek bir rahatsızlık.” Tedavi: Yaraya yağ sürmelisin. Onu sargılamamalısın; belirleyici bir noktaya ulaştığını bilinceye kadar üzerine iki şerit uygulamamalısın.

Elbette bütün vakalar bu kadar umutsuz değil. Pek çoğunda, hekime “Tedavi edeceğim bir rahatsızlık.” demesi ve nasıl devam edileceğine dair talimatlar verilir. Aslında, bu çok eski

metinde karşılaştığımız; acil bir durumda doktorların, hangi hastaların tıbbi müdahaleden azami şekilde yararlanacağına karar verdikleri ve buna göre hareket ettikleri modern hasta sınıflandırması yöntemine benzer bir şey.

İmhotep'ten iki bin yıl sonra, Yunanistan'da genellikle "Tıbbın Babası" olarak adlandırılan bir adam ortaya çıktı. Elbette Hipokrat'tan (M.Ö. 460–370) bahsediyorum. Batı Ege'deki Kos adasında, günümüz Türkiye kıyılarının hemen dışında dünyaya geldi ve tıpta çok büyük etkisi olan, hekimlerin eğitimine yönelik bir okul kurdu. Bugün muhtemelen en çok, her tıp fakültesi mezuniyetinde mesleğin yeni üyelerine uygulanan, esasen hekimler için davranış kurallarından oluşan Hipokrat Yemini ile tanınır.

Hipokratik gelenekle ilişkilendirdiğimiz temel ilerleme, hastalıkların doğal nedenleri olduğu fikridir. Aslında Hipokrat, insan vücudunun "humor" adını verdiği dört sıvı (kan, kara safra, balgam ve sarı safra) içerdiğini ve hastalıkların bu humorların dengesizleşmesinin bir sonucu olduğunu düşünüyordu. Bu fikir tıpta 1500 yıldan uzun bir süre hakim oldu ve bugün bile, insanların "huysuz", "iyimser" veya "ağırkanlı"* olduğundan söz ettiğimiz zamanlarda dilimizdeki varlığını korumaktadır.

Hipokratik tedavi rejimlerinin temel stratejisi, günümüzde "aktif izlem" dediğimiz şeydi. İnsan vücudunun muazzam bir iyileşme gücüne sahip olduğunu ve doktorun görevinin bu güçlerin işini kolaylaştırmak olduğunu öğretti. Hipokratik tıpta bedenın ya iyileşmeye başladığı ya da ölüme doğru hareket ettiği nokta olan "kriz" kavramı önemli bir rol oynadı. Okulunun öğretileri, (muhtemelen öğrencileri tarafından yazılmış olan) Hipokrat Külliyyatı adı verilen bir dizi metinde bir

* Bahsi geçen sıfatların İngilizce karşılıkları (bilious, sanguine, phlegmatic), Hipokrat'ın humorlarının İngilizce karşılıklarından (bile, phlegm vs.) türemiştir. - yhn

araya getirildi. Bu metinler daha sonraki Müslüman ve Avrupalı hekimler için önemli kaynaklar hâline geldi.

Hipokrat gibi Yunan hekimlerin Mısırlı selefleri tarafından oluşturulmuş bilgilerden faydalandığı açıktır. Çin’de ise durum oldukça farklıydı. Orada, ne Akdeniz havzasındaki hekimlerden etkilenen ne de onları etkileyen, benzersiz bir ilaç geliştirildi. Mısırlılarda olduğu gibi, eski bir el yazmasının hayatta kalması sayesinde ilkel Çin tıbbını biliyoruz. Bu el yazması *Sarı İmparatorun İçsel İlkesi* olarak adlandırıldı.

Sarı İmparator’un Çin (Han) halkının mitolojik atası olduğunun altını çizmek gerek. Aslında, Çin’in Sarı Nehir havzasından bir kabile lideri olabilir. (Bunun batılı bir benzeri, bir Kelt kabilesi lideri olabileceği düşünülen İngiltere kralı Arthur olabilir.) Hepsi şüphesiz başkaları tarafından geliştirilmiş olan birçok buluş Sarı İmparator’a atfedilmiştir ve tıp hakkındaki bu kitap kesinlikle aynı kategoriye girmektedir. Edwin Smith papirüsü gibi, çok eski çalışmaların daha sonraki bir kopyası olan eserin özgün metni, muhtemelen M.Ö. 3000 yıllarında yazılmıştır ve mevcut el yazmaları M.Ö. 500–200 yıllarına dayanmaktadır.

Hipokrat ve takipçilerinde olduğu gibi, Çinli tıp teorisyenleri de vücudun az sayıda element tarafından kontrol edildiğini düşündüler. Çin evrenini ve insan vücudunu oluşturan bu elementler; odun, ateş, toprak, metal ve sudur. Karaciğer ve safra kesesinin odunla ilişkilendirilmesi gibi, vücuttaki farklı organlar farklı elementlerle ilişkilendirilirdi. Qi (Çince’de “çi”, Korece “ki” olarak telaffuz edilir) olarak bilinen yaşam enerjisi, vücutta sınırları belli olan kanallardan akıyordu. Buna göre hastalık, vücudun bileşenlerinin dengesizliğinden kaynaklanıyordu ve hastayı muayene ederek bu dengesizliğin ne olduğunu ve uyumun nasıl yeniden sağlanabileceğini belirlemek doktorun göreviydi.

Bin yıldır var olan bir tıp geleneğinden bekleyeceğiniz gibi, bu genel ilkelerin uygulanmasıyla ilgili büyük bir literatür

var. Bunun bir örneğine, “Sekiz Yol Gösterici İlke” denir ve tanı koymaya yardımcı olmak için hekime bir dizi zıt nitelikte yol gösterir. (Nitelikler sıcak / soğuk, eksiklik / fazlalık, iç / dış ve yin / yang’dır.) Bugün Çin tıbbıyla ilişkilendirdiğimiz uygulamaların çoğu –örneğin akupunktur veya bitkisel ilaçların yaygın kullanımı- başından beri bu geleneğin bir parçası olmuştur.

İslam Tıbbı

İslam’ın Altın Çağı’nda tıp, yukarıda ana hatları verilen Yunan ve Mısır geleneklerinden doğdu ve fethedilen Pers İmparatorluğu’ndan metinler de önemli rol oynadı. Genel olarak bilimde olduğu gibi, İslam hekimleri de birçok alanı araştırmış ve yüzyıllar içinde pek çok ilerleme kaydetmiştir. Kalıcı etki açısından, üç büyük yeniliğin üzerinde durmak istiyorum.

1. Modern Anlamda İlk Hastanelerin Kurulması

İnsanların tedavi için gittiği yerler her daim vardı ancak Mısır ve Yunanistan’da bu yerler genellikle dini ibadet yerleriydi. Mesela, Antik Mısır’da, Nil kıyısındaki Kom Ombo’da bulunan büyük tapınak, kısırlık tedavisiyle ilgilenen “Mayo Clinic”* idi. Eğitim rejimleri ve etik kuralları olan ancak din adamı olmayan hekimlere ilk defa; büyük İslam şehirlerinde kurulan ve hastaların şifa bulduğu bu büyük kurumlarda rastlanır. Bilim insanları, Avrupa’daki ilk hastanelerin (Paris’te) Haçlı Seferleri sırasında İslam coğrafyasındaki hastaneleri ilk elden gören liderler tarafından kurulduğunu iddia ediyorlar.

* Mayo Clinic: Sağlık, eğitim ve araştırmaya odaklanan, Amerika merkezli, kâr amacı gütmeyen ve ülke genelinde birkaç şehirde hizmet veren akademik tıp kurumu. - yhn

2. Bazı Hastalıkların Bulaşıcı Olduğunun Keşfi

Yukarıda da bahsettiğimiz gibi, İslam tıbbının temel teorisi Yunan fikirlerinden türetilmiş ve Hipokrat’la ilişkilendirdiğimiz “humor” kavramını içermiştir. Yunan geleneğinde hastalık, humorların dengesizliğinden kaynaklanıyordu. Başka bir deyişle, bedenin içinde olan bir şeydi. Bugün epidemiyoloji olarak adlandırdığımız kapsamlı araştırmalarla müslüman hekimler, bazı durumlarda hastalığın bir kişiden diğerine geçebileceğini, yani hastalığın kaynağının vücudun dışında olabileceği gerçeğini ortaya koydular. Burada, on dokuzuncu yüzyılda Louis Pasteur tarafından titizlikle kurulan ve modern tıbbın çoğunun temeli olan hastalık mikrobiyoloji teorisinin erken bir öncüsünü görebiliriz. (Bkz. Bölüm 8)

3. Yetenekli Müslüman Hekimlerin Cerrahi Operasyonları

Antibiyotik ve anestezinin olmadığı bir dünyada, cerrahi her zaman zor bir işti. Ancak müslüman cerrahlar, yüksek düzeyde birçok teknik geliştirdi. Örneğin, sıradan bir biçimde ameliyatla kataraktı aldılar ve hatta mesane taşlarının çıkarılması gibi daha invazif süreçler için oldukça başarılı prosedürler geliştirdiler.

İslam’ın Altın Çağı’nda tıp birçok nedenden ötürü gelişti. Bunun bir nedeni, elbette hükümdarların en ünlü bilim insanlarını himaye etmek için birbirleriyle rekabet etmesine izin veren zenginlikti. Öyle ki, günümüz İstanbul’unu, on beşinci ve on altıncı yüzyıl hükümdarlarının mezarlarını ziyaret edenler; orada bu hükümdarların kazandıkları savaşların listesinin yanı sıra, saltanatları boyunca himaye ettikleri ünlü bilim insanları ve doktorların da listesinin yer almasına genellikle şaşıyorlar. Bu tarz şeyler İslam dünyasında oldukça önemliydi.

Yukarıda sözü edilen bu gelişimin ikinci bir nedeni de eski İslam yazılarıdır. Bu yazılar; tıbbi ilerlemelerin önüne hiçbir

doktrinsel engel atılmadığını garanti ediyordu. Bu özellikle önemliydi çünkü müslüman hekimlerin hem Yunan hem de ortaçağ Avrupa toplumlarında yasaklanmış prosedürler olan otopsi ve diseksiyon yapmalarına imkân sağlıyordu. En önemli iki müslüman hekimin hayatına ve eserlerine bakalım: Batı’da Râzî (Rhazes) olarak bilinen Muhammed b. Zekariyyâ er-Râzî (865–925) ve İbn-i Sina (Avicenna) olarak bilinen Ebû Alî el-Hüseyn ibn Abdillâh b. Sînâ (980-1037).

Râzî, Tahran yakınlarındaki bir kasabada doğdu. Muhtemelen profesyonel bir müzisyen (bir kaynağa göre ud sanatçısı) olarak hayata başlamasından sonra simya çalışmaya başladığı için alışılmadık bir kariyer yolu oldu. Kimyasallarla temastan kaynaklanan bir göz hastalığına yakalandı ve tedavi arayışı onu tıp alanına yönlendirdi. İslam dünyasında geniş çapta tanındı ve sonunda Bağdat’taki hastanede başhekim oldu. Bu hastane için bir yer seçme şekli; İslam biliminin deneysel, veriye dayalı yönünü göstermektedir. Anlatıya göre, her konuma bir parça taze et asarak şehrin çeşitli potansiyel yerlerinde dolaştı. Daha sonra hastanesi için etin çürümesinin en yavaş olduğu yeri seçti. Bulaşıcı hastalıkların araştırılmasında öncüydü. Çiçek hastalığı ile kızamığın birbirinden ayrılarak her iki hastalığın ilerleyişine ilişkin ayrıntılı açıklamaların yazılması kendi hastanesinde gerçekleşti. Ayrıca, *Ebû Zeyd El-Belhî’nin İlkbaharda Gül Kokarken Rinitten Muzdarip Olmasının Nedeni Üzerine Makale* başlıklı büyüleyici bir bölümde, bugün saman nezlesi dediğimiz şeyin ilk açıklamasını ortaya koydu. Ayrıca sürtme alkolün icadı olarak düşünebileceğiniz şekilde, etanolü ayırtıran ilk kişi olarak da tanınır. Aslına bakarsanız “alkol” kelimesinin etimolojisi hakkında bazı tartışmalar var. Elbette “al” öneki bize bunun Arapça bir kelime olduğunu söylüyor. Bazı sözlüklerde, antik çağda kullanılan göz kaleminin adı olan kohl sözcüğünün kökü “kuhul”den “al-kuhul” a türediği söylenir. Teori, kohl’un minerallerin kapalı bir kapta ısıtılmasıyla hazırlandığı ve kelimenin de damıt-

ma yoluyla elde edilen bir maddeye genişletildiği şeklindedir. Bununla birlikte, modern bilim insanları, Kuran'ın bir ruh veya iblis için "al-ghawl" kelimesini kullandığına dikkat çekerler. (İngilizcedeki "gulyabani"* kelimesini düşünün.) Buradaki teori, kelimenin sarhoşluk oluşturan şarabın içeriğine atıfta bulunmasıdır.** Ortaçağ çevirmenlerinin bu iki benzer kelime (el-kuhul ve al-ghawl) arasındaki kafa karışıklıklarını anlamak kesinlikle kolay olacaktır.

İbn-i Sina da günümüzün Özbekistan'ında doğmuş olan bir İranlıydı. Çağdaş kayıtlar, onu 10 yaşında Kuran'ı ezberleyen, 18 yaşında pratisyen hekim olan bir dahi olarak tanımlar. Arap rakamlarını mahallesindeki bir Hint manavından öğrendiği kabul edilen İbn-i Sina'nın yetişkinlik dönemi karmaşıktır. Çünkü dünyanın bu bölümünü karıştıran çeşitli savaşlar ve hanedan mücadeleleri tarafından bir oraya bir buraya sürüklenmiştir. İlginçtir ki, bugün herhangi birinin bu savaşları hatırlamasının tek nedeni, İbn-i Sina'nın bir saltanattan diğerine geçmesine neden olmalarıdır.

Nihayetinde 56 yaşında ölmek üzere, günümüz İran'ında yer alan İsfahan'a yerleşti. Şüphesiz bilime en büyük katkısı, şimdiye kadar yayınlanmış en etkili tıp ders kitaplarından biri olan *El-Kanun fi't-Tıb* (Tıp Prensipleri) olmuştur. Sırf kitabın uzun ömürlülüğünü anlamak için, yazılmasından yarım binyıldan fazla bir süre sonra, 17. yüzyılda Avrupa üniversitelerinde hâlâ kullanılmakta olduğunu not edebiliriz. Toplamda 14 ciltlik, teori ve pratiği harmanlayan büyük bir tıbbi bilgi kaynağıdır ve 1472'de Latince'ye çevrildiğinde ortaçağ Avrupa'sında yarattığı etkiyi kestirmek zor değildir. Böyle si hacimli bir çalışmayı tarif etmeye nereden başlayacağınızı

* İngilizce : ghoul - yhn

** İngilizcede "ruh/hayalet" gibi anlamlara gelen "spirit" kelimesi aynı zamanda damıtılarak elde edilen alkol gibi maddelerin uçucu özelliklerini tanımlamak için de kullanılır. Sözü edilen ayetin tefsirleri, bu ikinci anlamı tercih etmiştir. - yhn

bilmek zor. İbn-i Sina'nın çalışmasının temelinde yatan tıp teorisi, dört humorun Hipokratik mefhumudur. Buna, hastalar için kapsamlı bir sınıflandırma şeması oluşturmak için dört "humor"un (soğuk / sıcak, nemli / kuru) sınıflandırılması eklendi. *Tıp Prensipleri*'ndeki anatomik açıklamalar ve tedaviler tıbbın birçok alanını kapsıyordu. Örneğin bulaşıcı hastalıklar alanında, Yunanlıların ardından enfeksiyon etkenini kötü hava olarak tanımlamasına rağmen, tüberkülozun insandan insana bulaştığını belirledi. Hastalığın yayılmasını kontrol etmenin bir yolu olarak karantinayı öneren ilk kişi de odur. Ayrıca diseksiyona dayanarak bazı kanserleri tümör olarak tanımladı. Birçok eski geleneğin aksine, nabızın kalp ve arterlerle ilgili olduğunu ve vücudun bir organından diğerine değişmediğini fark etti. Doktorlarımızı ziyaret ettiğimizde hepimizin hâlâ deneyimlediği şekilde, hastanın bileğinden nabız alma tekniğini ortaya çıkaran İbn-i Sina idi. Ayrıca, insan gözünün ayrıntılı bir anatomik tanımını vermesinin yanında epilepsi gibi nörolojik hastalıkları ve bunama gibi psikiyatrik durumları tanımlayan ilk kişiydi. İnek olduğunu düşünen ve yemek yemeyi reddeden bir Pers prensi hastası ile ilgili bir hikâye vardır. İbn-i Sina'nın bir kasap gibi davrandığı ve prene şişmanlaşana kadar kesilemeyeceğini söylediği düşünülüyor. Anlatılanlara göre, prens tekrar yemeye başladı ve tamamen iyileşti. İbn-i Sina aynı zamanda bugün kontrollü tıbbi denemeler dediğimiz şey üzerine de çok fazla düşünmüştür. Şüphesiz, mantık ve teoloji konusundaki eğitiminin de yardımıyla, yeni ilaçları test etmek amacıyla modern bir pratisyen için çok anlamlı olacak bir dizi kural ortaya koydu. Örneğin, test edilen ilaçların kontamine olmaması gerektiğini (onun deyiimiyle "tesadüfi niteliklerden arınmış") ve (yine modern dilde) istatistiksel olarak anlamlı sonuçlara izin vermek için yeterince büyük bir veri örneğinin toplanması gerektiğini vurguladı. (Bu bağlamda ise "kazara bir etkiye" karşı şeklinde uyarıda bulunmuştur.)

Son olarak, *Tıp Prensipleri*, günümüzde herhangi bir sağlık dergisinde bulabileceğiniz pek çok tavsiye içerir. Örneğin, düzenli egzersizin ve uygun beslenmenin değerini över ve yoğun egzersizden önce ısınma dediğimiz şeyi yapmayı tembihler. (Eğlenceli bir ek bilgi: Yoğun aktiviteler listesine “deveye binmeyi” de dâhil etmiştir. Ortaçağ Avrupa’sında bunun nasıl yorumlandığını bir düşünün...)

Onun çalışmaları ve etkilerinden bahsetmeye devam edebilirim. Ancak bu kadarı bile *Tıp Prensipleri’nin* daha tıbbın gelişiminde neden bu kadar önemli bir rol oynadığı konusunda okuyucuya oldukça iyi bir fikir vermiş olmalı.

İslam Astronomisi

Matematik ve tıpta alanında Altın Çağ’ın müslüman kültürlerinin bilimin gelişmesinde iki önemli rol oynadığını gördük. Birincisi, klasik antik eserleri koruyarak daha sonraki bilim insanlarının kullanımına sunmuşlar ve ikincisi, kendi başlarına önemli ilerlemeler kaydetmişlerdir. Benim düşünceme göre, bu iki alanda, ikinci işlev önem bakımından birinciden daha ağır basıyor. Ancak gökbilimine döndüğümüzde durum biraz farklıdır. Yukarıda belirtilen nedenlerden ötürü; gökyüzünü gözlemleme, astronominin gelişmesini teşvik eden bir gerçek olan İslami takvimin oluşturulmasında önemli bir rol oynadı. Babilliler ve Yunanlılar gibi, müslüman gökbilimciler de çok sayıda gözlemsel veri derlediler. Bununla birlikte, gökbilimsel teori açısından pek bir şey üretmediler ve çalışmalarını büyük ölçüde Klaudyos Batlamyus’un çalışmalarının ayrıntıları ve yorumlarıyla sınırladılar. (Bkz. Bölüm 3) Dolayısıyla, bu durumda İslam dünyasının bilimin ilerlemesine ana katkısı, aslında Yunan biliminin Rönesans Avrupa’sına aktarılması olabilir.

İslam dünyasındaki “çok disiplinlilik” geleneğine uygun olarak, daha önce bahsettiğimiz birçok isim, anlattığımız çalışmalara ek olarak gökbilimine de katkıda bulunmuştur. Ör-

neğin eski dostumuz Harizmi, 830'da geniş bir gezegen konumları kataloğu yayımladı. İbn-i Sina, 1032'de (bazı modern bilim insanları tarafından tartışılıyor olsa da) Venüs'ün Güneş'in karşısında geçişini gözlemlediğini iddia etti ve *Almagest* hakkında yıldızların parlak olduğunu ve Güneş'ten yansıyan ışıkla parlamadıklarını öne sürdüğü bir eleştiri yayınladı.

İslam dünyasında birçok astronomik gözlemevi bulunmasına rağmen, gözlemler takvim yapmak ve yıldız falları bakmak için gerekli olanlarla sınırlı olma eğilimindeydi. Bu sınırlı gökyüzü görüşünün en çarpıcı örneği, 1054'ün (Yengeç Bulutsusu'nu meydana getiren) büyük süpernovasının İslami metinlerin hiçbir yerinde kaydedilmediği gerçeğidir. Gökbilimciler süpernovayı görmüş olmalı, (Çinliler kesinlikle görmüşlerdi) yani sadece bunun kayıtlarına girecek kadar önemli bir şey olmadığını düşündükleri sonucuna varabiliriz.

Batlamyus yaklaşık 1000 yıldızdan oluşan bir katalog yayımlamıştı ve İslami yıldız katalogları, Batlamyus'un parlaklık belirlemeleri (parlaklık derecesi dediğimiz şey) üzerinde gelişme göstermelerine rağmen bu listenin ötesine zar zor geçtiler. Batlamyus'un yıldız kataloğunun ilk büyük revizyonu, 964 yılında *Sabit Yıldızlar Kitabı*'nı yayımlayan İranlı gökbilimci Abdurrahman es-Sufi (903-86) tarafından yapılmıştır.

Bu önemli metinde yıldızlara, -çoğu sadece Batlamyus'un orijinal Yunancasından çeviriler olan- Arapça isimler verilmişti. Genellikle Altair, Aldebaran ve Rigel gibi yıldızların isimlerinin batıya Sufi'nin kataloğuyla girdiği varsayılmıştır. Ancak Harvardlı tarihçi Owen Gingerich, isimlerin aslında batı astronomisine, usturlab adı verilen bir aletin kullanımını için kullanım kılavuzu olarak yazılan Arapça kitapların çevirileriyle girdiğini iddia etti. Bu ilginç bir tarihi problem ancak hangi şekilde yayıldıysa yayılsın, isimler günümüze kadar ulaştı.

Müslüman gökbilimciler en büyük çabayı Batlamyus'un eserini geliştirme ve büyütmeğe sarf ettiler ve burada astronomiye özgü

bazı problemler önemli hâle geldi. Batlamyus, karmaşık tekerlek içi tekerlek sistemini, kendi zamanında kullanabildiği verileri açıklamada oldukça iyi bir iş çıkarması için ayarlamıştı. Elindeki ayarlanabilir parametrelerin sayısı göz önüne alındığında, bunu yapabilmesi şaşırtıcı değil. Altın Çağ gökbilimcileri neredeyse bin yıl sonra ortaya çıktığında, sistem yaşını göstermeye ve işler de biraz kötüye gitmeye başlamıştı. Bunun üzerine, Batlamyus'un parametrelerini yeniden ayarlayarak sistemini daha iyi hâle getirmek, müslüman gökbilimciler için önemli bir görev olmuştu ve gerçekten bu işi hakkıyla yerine getirdiler.

Yahudi âlim Maimonides (1135-1204) ve -Batı'da İbn Rüşd (Averroes) olarak bilinen- müslüman filozof Ebü'l-Velid Muhammed b. Ahmed Rüşd (1126-98) dâhil olmak üzere, müslüman İspanya'da çalışan bir dizi önde gelen filozof tarafından daha temel bir itiraz türü ortaya atıldı. Sorun, daha önce bahsettiğimiz Batlamyus'un sisteminin karmaşıklıklarından biriyle ilgiliydi; Dünya, evrenin merkezinde yer almasına rağmen, kristal küreler Dünya'nın etrafında tekdüze bir şekilde değil, Dünya'dan uzakta "ekuant" adı verilen bir nokta etrafında dönüyorlardı. Belki de aşırı basitleştirilmiş bir özetle; bu filozofların, Dünya'nın evrenin merkezi olması durumunda göksel kürelerin de merkezi olması gerektiğini savunduklarını söyleyebiliriz. Öğrencilerini bu sorunu çözmenin bir yolunu bulmaya çağırdılar. Elbette yapamadılar –karşılarına yığılmış çok fazla unsur vardı- ama birkaçı bunu dikkate değer bir şekilde denedi.

Aslına bakarsanız, 1025 ve 1028 yılları arasında İranlı bilim insanı İbn-i Heysem'in (Batı'da Alhazen olarak bilinir) *Batlamyus Üzerine Şüpheler* başlığıyla yayımladığı kitap hemen hemen bu hikâyeyi anlatır. Ona göre, ekuant düşüncesi basitçe doğaya aykırıydı. Kitabında bu konuya şöyle değiniyor:

“Batlamyus var olamayacak bir dizilim ortaya koymuştur. Bu dizilimin hayal gücünde gezegenlere ait hareketleri gösteriyor olması, onu diziliminde yaptığı hatadan

kurtarmaz. Çünkü gezegenlerin mevcut hareketleri, var olması imkânsız bir dizilimin sonucu olamaz ...”

İranlı bilge Nasîrüddin Tûsî (1201-74) Kuzey İran’da doğmuş ve 1259’da şimdiki Azerbaycan’da büyük bir rasathane ve gökbilimi merkezinin inşasını denetlemiştir. Batlamyus’a ait modelin bir uzantısını geliştirmiş ve özünde denklem probleminden kurtulmak için fazladan dış çemberler eklemiştir. (Kullandığı cihaza “Tusi çifti” adı verilir). Tûsî, büyük müslüman gökbilimcilerin sonuncusuydu ve takipçileri, sistemini Batlamyus’un modelini ulaşabileceği en iyi duruma getirmek için kullandılar.

Altın Çağ’ın Sonu

İslam medeniyetinin bilimdeki öncü rolünün hızlı düşüşünü, Batı’dan Haçlılar ve daha sonra Doğu’dan Moğol istilaları dönemi takip etti. Düşüşün neden bu kadar hızlı olduğu sorusu tarihçiler arasında tartışma konusu olmaya devam etmektedir. İstilaları da İslam coğrafyalarının çeşitli kısımlarındaki ufak tefek iç savaşlar takip etti. Dolayısıyla ortaya çıkan ekonomik ve sosyal kaos kesinlikle düşüşte rol oynadı. Sonuç olarak, tarihçi George Sarton’un 1950’de “Ortadoğu’da Batı Kültürünün Kuluçkalanması” başlıklı bir konferansta söyledikleriyle hemfikir olmak durumundayız:

“Arapça konuşan âlimlerin dokuz ile on ikinci yüzyıllar arasındaki başarıları, aklımızı şaşkına uğratacak büyüklüktedir. Arapçanın gerileyişi, hızı ve bütünlüğü açısından, olağanüstü yükselişi kadar kafa karıştırıcıdır. Bilim insanları, Roma’nın gerileme ve çöküşünü açıklamaya çalıştıkları gibi sonsuza dek bu durumu da açıklamaya çalışacaklar. Bu tür sorular son derece karmaşıktır ve basit bir şekilde cevaplanması imkânsızdır.”

Batıya Geçiş

Yukarıda belirtildiği gibi, İslam biliminin Altın Çağı, bahsetmekte olduğumuz çalışmaların çoğu Latince'ye çevrilmeden önce değil, on üçüncü yüzyılda sona ermişti. Bu geçişin merkezi, Müslüman ve Hıristiyan devletlerin uzun (ve değişken) bir sınırı paylaştıkları modern İspanya'daydı. Toledo şehri, on ikinci yüzyıldan itibaren bazı bilim insanlarının “on ikinci yüzyıl rönesansı” olarak adlandırdıkları şeyi tetikleyerek, Yunanca ve Arapçadan eserlerin tercümesinin merkezi hâline geldi. Bu sırada kasaba yakın zamanda Kastilya kralı tarafından alınmıştı. Ancak yine de çok kültürlü bir merkez olarak işlev görüyordu. Başka bir deyişle, bilgi alışverişinin gerçekleşmesi için ideal bir yerdi.

Çeviri çalışmasının önemli isimlerinden biri de Cremonalı Gerard'dı. Gerard, İtalya'da doğdu, Toledo'ya gidip Arapça öğrendi ve *Almagest*'in en yaygın kullanılan ve etkili olacak tercümesini yaptı. Çevirdiği diğer birçok eser arasında Hârizmî'nin *Cebir*'i ve yukarıda bahsedilen Razi'nin tıbbi çalışmalarından bazıları da vardı. Böylece, Bilgelik Evi gibi yerlerde çalışan Müslüman âlimler, klasik antik döneme ait eserleri korurken, Toledo gibi yerlerdeki Hıristiyan âlimler de İslam'ın Altın Çağı'nın eserlerini korudular ve onları bilimin gelişiminde bir sonraki bölümün gerçekleşeceği Avrupa'ya getirdiler.

MODERN BİLİMİN DOĞUŞU

Bu noktaya kadar pek çok medeniyette bilimsel yöntemin çeşitli kısımlarındaki gelişimin izini sürdük. Bu gelişmeyi, Akdeniz çevresindeki ülkelerde akan ve İslam'ın Altın Çağ'ında Ortadoğu'ya kayan, paralel fakat büyük ölçüde alakasız merkezlerin Çin ve Amerika gibi yerlerde geliştiği bir akarsu olarak düşünebiliriz. Bu bölümde, o akarsuyun şimdiye kadar büyük ölçüde görmezden geldiğimiz Kuzey Avrupa'da yeni bir konuma doğru hareketini izleyeceğiz. On beşinci yüzyıldan on yedinci yüzyıla kadar, bilimsel yöntemin tamamen gelişmiş modern biçimiyle Avrupa'da sahneye çıktığından ve İngiliz bilim insanı Isaac Newton'un "İlk Modern Bilim İnsanı" unvanı için iyi bir aday olduğundan bahsedeceğim.

Birinci bölümde bilimsel yöntemi hiç bitmeyen bir gözlem, teori ve tahmin döngüsünden ibaret olarak özetlediğimizi hatırlarsınız. On beş ve on yedinci yüzyıllar arasında, bir grup Avrupalı bilim insanı, bu döngüyü ilk kez baştan sona tamamladı. Bu ilerlemenin temeli elbette anlattığımız olaylarla oluşturuldu. Yeni ilerlemedeki kilit nokta, teorik modellerin

entelektüel alıştırılmalardan ziyade gerçek dünyanın örnekleri olarak alındığına dair farkındalık artmasıydı. Bu, teoriler ve gözlemler arasındaki tutarsızlıkların daha ciddiye alınmaya başlandığı anlamına geliyordu. Musa bin Meymun gibi bir bilim insanının, Bölüm 5'te gördüğümüz gibi gezegenlerin çemberler hâlinde hareket ettirilmesinde ısrar edebileceği günler sona ermiş ve yeni bir deneysel araştırma çağı başlamıştı.

Avrupa'daki bu gelişmeden sonra bilimsel girişimin, doğasında var olan uluslararası niteliği kendini gösterdi. Biz de yeni fikirlerin Avrupa'nın çevresine, doğuda Rusya'ya ve batıda Amerikan kolonilerine yayılmasını inceleyerek yeni küresel bilimin başlangıcını inceleyeceğiz. Bundan bahsederken fizik ve astronomideki gelişmelere odaklanacağız, ancak diğer birçok alanda da ilerlemeler kaydedildiğini unutmamalıyız.

Bu bilimlerin gelişimi, bu sürece dâhil olanların hayatları üzerinden anlatılabilir. Bölümün devamında aşağıdaki kişileri inceleyeceğiz:

Nicolaus Copernicus (Polonya)

Galileo Galilei (İtalya)

Tycho Brahe (Danimarka) and Johannes Kepler (Almanya)

Isaac Newton (İngiltere)

Nikolas Kopernik (1473-1543)

Nikolas Kopernik, Polonya'da önde gelen bir ailede doğdu, amcası hükümet ve din adamları çevrelerinde geniş bağlantıları olan bir piskoposdu. Kilisede bir kariyer için genç olduğu düşünülen Kopernik, İtalya'daki Bologna Üniversitesi'nde okumaya gönderildi ve burada hem kilise hukuku hem de tıp alanında eğitim aldı. Sonunda, Polonya'ya döndüğünde, Fromborg kasabasındaki büyük bir katedrale papaz olarak atandı.

Bir açıklama yapacak olursak: Ortaçağda varlıklı ve güçlü insanlar, genellikle ölümlerinden sonra mülklerini Katolik Kilisesi'ne bırakırlardı. Sonuç olarak, katedraller çeşitli mülkler (arazi, çiftlikler, binalar vb.) biriktirirdi ve katedral papazı temelde bu işletmenin işletme müdürü gibi çalışırdı. Kopernik'in Polonya para biriminde reform yapmak için bir komisyonda görev yaptığını biliyoruz ve bazı bilim insanları, Gresham'dan önce Gresham Yasasını (Kötü para iyi gider) keşfettiğini iddia ediyor. Ayrıca katedralinde bir tıp kliniği işletmiş ve Cermen şövalyeleri ile girilen çeşitli çatışmalarda birliklere liderlik etmiş olabilir. Dolayısıyla memleketinde Kopernik, büyük bir şehrin belediye başkanına veya modern Amerika'daki küçük bir devletin valisine benzeyen bir iş adamıydı.

Ortaçağın sonları sırasında Avrupa'da, önde gelen erkeklerin aşağı yukarı bir hobi olarak bilimsel uğraşlarla ilgilenmeleri alışılmış bir şeydi. Örneğin, bilinmeyen bir Yunan şiirini Latince'ye çevirmek popülerdi. Asla bilemeyeceğimiz nedenlerden dolayı Kopernik, bilim dalı olarak astronomiyi tercih etti. Katedral avlusunun bir köşesine küçük bir rasathane inşa etmesine rağmen asıl ilgi alanı yeni gözlemler yapmak değildi. Bunun yerine, kendisine basit bir soruyu yanıtlama görevini koydu: Merkezde Dünya yerine Güneş ile Batlamyus'un ki kadar doğru bir Güneş sistemi modeli inşa etmek mümkün müydü? Yine, bu fikri nasıl edindiğine dair hiçbir fikrimiz yok. Bu yüzden bu sorun, o sevimli ama çözülemez tarihi gizemlerden bir diğeri olarak kalacaktır.

Düşüncelerini Avrupalı gökbilimcilerle paylaşarak onlarca yıl modeli üzerinde çalıştı. Sonunda, teorisini yazıya geçirme isteği galip geldi ve sonuç *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine) kitabı oldu. El yazmasını basılması için bir meslektaşıyla birlikte Almanya'ya gönderdi ve hikâyenin bazı versiyonlarına göre ölüm döşesindeyken eline kitabın basılı bir nüshası verildi. Ancak Kopernik'in çalışmalarının son hâlini gerçekten görüp görmedi-

ğine bakılmaksızın, 1500 yıl sonra ilk kez Batlamyus'a ciddi bir bilimsel rakip ortaya çıktı.

Revolutionibus'tan bahsederken akılda tutulması gereken bir şey vardır: Kopernik, bizim modern Güneş sistemi resmimiz gibi bir şey *üretmedi*. O, bir geçiş figürü, bir ayağı gelecekte, diğeri sağlam bir şekilde Ortaçağ'a yerleşmiş bir adamdı. Antik astronominin söylenmemiş büyük varsayımlarından biri olan yermerkezcilik fikrine meydan okumaya istekliydi. Ancak diğesine, yani dairesel hareket fikrine meydan okumaya hevesli değildi. (Bkz. Bölüm 4) Bu nedenle Kopernik Güneş sistemine baktığımızda, bizimkine benzer bir şey görmüyoruz. Aslında Güneş'in merkezde olduğunu görüyoruz, ancak gezegenlere baktığımızda yine eski dostlarımızı, dış çemberleri ve ekuantı görüyoruz. Sonunda, aksine iddialarına rağmen, Kopernik sistemi Batlamyus'un sisteminden daha basit değildi. Sadece farklıydı.

Revolutionibus tartışmalarında sıklıkla ortaya çıkan bir soru, kitabın yayımlandığı zaman Katolik yetkililer arasında herhangi bir rahatsızlık yaratmadığı gerçeğiyle ilgilidir. Hatta Vatikan'da çalışmalarla ilgili seminerler bile verilmiştir. Aşağıda tartışılan, Galileo'nun çalışmayı popülerleştirmesine verilen çok sert yanıt göz önüne alındığında, bu tepki eksikliği şaşırtıcı görünüyor.

Bu farklılığın önemli bir nedeni, zamanının tüm akademisyenleri gibi Kopernik'in de Latince yazmasıdır ve bu, dinleyicisini eğitimli seçkinlerle sınırlama etkisine sahiptir. Ayrıca Kopernik, bilgili bir Kilise politikacısıydı ve Galileo'nun aksine, işleri patırtı koparmadan nasıl yapacağını biliyordu. Kitabın muhtemelen Kopernik tarafından yazılmayan ve pek çoğunun gerçekte hiç görmediği ancak kesinlikle onaylayacağı önsözünde okuyucu, Güneş merkezli modeli matematiksel bir egzersiz olarak düşünmeye davet edilir ve modelin gerçek dünyanın bir temsili olması gerekmediği ima edilir. Kopernik gerçekten *Revolutionibus*'un bununla ilgili olduğunu düşünse

de düşünmese de, çalışmasını yetkililer için daha az tehdit edici hâle getirme becerisine sahipti.

O hâlde, Kopernik ile antik dünya biliminin sorgusuz sualsiz kabulünden, dolayısıyla Batlamyus evreninden bir adım öteye ilk adımımızı atmış oluyoruz. Ancak işin bundan çok daha derin bir anlamı var. Kopernik, Dünya'nın evrenin merkezi olduğu fikrinden vazgeçerek aslında insanlığı da yaratılışın merkezinden uzaklaştırıyordu. Ona dönüp baktığımızda, olayları saymakla ya da evreninin ayrıntılarına bakmakla uğraşmıyoruz. Bunun yerine bizi sıradan, evrendeki milyarlarca galaksi arasında bir galaksinin, alalade bir bölümünde, sıradan bir yıldızın etrafındaki bir gezegende yaşayan bir tür olarak insanlık hakkındaki mevcut anlayışımıza götüren adamı görüyoruz. Aslında, günümüzde bilim insanları sık sık "Kopernik Prensi" denilen şeyden bahsediyorlar. Bu Dünya veya üzerinde yaşayan bizler hakkında gerçekten özel bir şey olmadığı, hepimizin hayal edilemeyecek kadar büyük bir evrenin oldukça sıradan parçaları olduğumuz fikridir. Yoğun bir ortaçağ adamının hobisinin sonuçlarından derin çıkarımlar!

Tycho Brahe (1546–1601) ve Johannes Kepler (1571–1630)

Kopernik gibi Tycho Brahe de ayrıcalıklı bir konumda doğdu. Danimarkalı asil bir ailedendi. Maceracı hayatı, doğumundan kısa bir süre sonra başladı. İkiz kardeşi vardı ve babası, Tycho'nun amcasına, büyütmesi için ikizlerden birini vereceğine söz vermişti. Tycho'nun erkek kardeşi doğumlarından kısa bir süre sonra öldü. Bu yüzden amcası, belli ki pazarlıktan payının bu olduğunu düşünerek, çocuk yaklaşık iki yaşındayken Tycho ile birlikte kaçtı.

Daha sonraki yazılarına göre, genç Tycho, Güneş tutulmasına tanıklık etmesinin ardından astronomiye hayran kaldı. Ancak onu çeken şey tutulmanın ihtişamı değil, birisinin tam olarak ne

zaman olacağını tahmin edebilmiş olmasıydı. Ailesinin itirazlarına rağmen öğrencilik yıllarında astronomi üzerine çalışmalar yaptı. O yıllarda olağandışı, bir başka olay daha yaşandı. Bir kaynağa göre kimin daha iyi bir matematikçi olduğu konusunda bir öğrenci arkadaşıyla düello yaptı ve burnunun ucunu kaybetti. Ömrünün geri kalanında metalden yapılmış protezler taktı.

1572’de oldukça sıradışı bir şekilde, Cassiopeia takımıyıldızında daha önce olmayan yeni bir yıldız belirdi. Batlamyus’un sisteminde böyle bir olay imkânsızdı, çünkü gökyüzünün ebedi ve değişmez olması gerekiyordu. Geleneksel gökbilimciler için tek çıkış yolu; (aslında bir süpernova olan) yeni yıldızın, sistemin değişime izin verdiği alanda, yani Ay’dan daha yakında olduğunu iddia etmektir. Tycho, yıldızın bu kadar yakın olması durumunda, Ay’ın yaptığı gibi, sabit yıldızların arka planına karşı hareket ediyormuş gibi görüneceğini fark etti. Son derece hassas ölçümlerle bunun aksini ispat etmesi, Avrupa’nın önde gelen gökbilimcilerinden biri olarak ünlenmesini sağladı.

Danimarka Kralı meclisinin bir üyesinin böyle büyük bir itibar kazanmasından o kadar memnundu ki, ona Danimarka ve İsveç arasında bir ada ve büyük bir astronomik gözlemevi inşa etmesi için para verdi. Tycho, Uraniborg denen o yerde yirmi yıldan fazla bir süre boyunca çalıştı ve gezegenlerin hareketleri hakkında şimdiye kadar alınmış en iyi verileri bir araya getirdi.

Tycho, teleskopun icadından önce yaşamıştı ve büyük çıplak göz astronomlarının sonuncusuydu. O günlerde gökbilimciler, bir tüfek namlusundan bakmaya benzer bir teknikle yıldızların ve gezegenlerin konumlarını ölçtüler. Tycho’nun ölçümelerini bu kadar sıradışı yapan şey; kullandığı aletlerin ölçümlerine kattığı hatalar konusunda ciddiyetle kafa yoran ilk gökbilimci olmasıydı. Örneğin, gözlem gecelerinde sıcaklıklar düştüğünde, aletlerinin çeşitli kısımları genellikle farklı oranlarda küçülmeye başladılar. Tycho bu tür etkileri ciddiye aldı ve yorumlarını nasıl düzelteceğini buldu. Yıllar geçtikçe, yukarı-

da belirtildiği gibi, gezegenlerin hareketleri hakkında şimdiye kadar alınmış en iyi veri koleksiyonunu bir araya getirdi.

Kariyerinin sonuna doğru, yeni Danimarka Kralı ile bazı ciddi anlaşmazlıklar yaşadı ve sonuç olarak operasyonlarını Prag'a taşıdı. Orada, verilerini analiz etmesine yardımcı olması için Johannes Kepler adında genç bir Alman matematik öğretmeni tuttu. Modern standartlara göre, Kepler bir tür mistikti. Evrenin bir sanat eseri olduğu fikrine takıntılı bir yanı vardı. Bu fikre uygun bir evren üretmeye yönelik ilk girişimi; gezegenleri geometrik bir sanat eseri olarak görmeyi, gezegen yörüngelerini geometrik bir modele uydurmayı içeriyordu. Bu işe yaramadı çünkü yörüngeler o kadar basit değildir. Hayatının ilerleyen dönemlerinde, aşağıda anlatılan çalışmayı yaptıktan sonra, evrenin müzikal bir sanat eseri olduğu fikrine kapıldı ve aslında hangi gezegenin soprano, hangisinin tenor vb. olduğu hakkında yazılar kaleme aldı. Ancak bu iki fantezi uçuşu arasında, Tycho'nun ölçümler özeti üzerinde durdu ve yörüngelerin gerçekte ne olduğunu hesapladı. Sanırım bunu, evreni entelektüel bir sanat eseri olarak görmek olarak düşünebilirsiniz.

Kepler, Tycho'nun devasa veritabanıyla basit bir soru sormayı başarabildi: Gezegen yörüngesinin gerçek şekli nedir? Şimdiye kadar herkesin yörüngelerin dairesel olması gerektiğini varsaydığını ve varsayımlarının verilerle eşleşmesini sağlamak için dış merkezli döngüler eklediğini unutmayın. Kepler; özünde, gökteki sözsüz dairesel hareket varsayımını bıraktı ve verilerin ona dairesel olsun ya da olmasın yörüngelerin şeklini göstermesine izin verdi. Nihayetinde eliptik oldukları ortaya çıktı. Sonunda, Güneş sistemini tanımlayan üç yasayı, yani artık Kepler'in Gezegen Hareket Yasaları olarak bilinen ifadeleri açıkladı. Biraz basitleştirilmiş biçimde şöyleler:

Gezegenler eliptik yörüngelerde hareket eder.

Güneşe yakın olduklarında, uzak olduklarından daha hızlı hareket ederler.

Bir gezegenin yörüngesi Güneş'ten ne kadar uzaksa, gezegen o kadar yavaş hareket eder.

Bu yasaları ayrıntılı olarak tartışmak için zamanımız yok. Ancak asıl mesele şu ki, Kepler'in çalışmasıyla nihayet Yunanlıların söylenmemiş her iki varsayımından da kurtulmuş olduk. Bu fikirlerin tam olarak kabul edilmesi biraz zaman alsa da, Kopernik ve Kepler arasında Güneş sistemi hakkındaki mevcut görüşümüze benzeyen bir şey var. Fakat bununla birlikte, Kepler Yasaları'nın tamamen ampirik olduğunu belirtmemiz gerekir. Gezegenlerin ne yaptığını biliyoruz ama neden yaptıklarını bilmiyoruz. Bir sonraki adım için, iki olağanüstü bilim insanının -Galileo Galilei ve Isaac Newton'un- çalışmalarına dönüyoruz.

Galileo Galilei (1565-1642)

Galileo sonradan Floransa Dükalığı'nın parçası olan, İtalyan şehri Pisa'da doğmuştur. Matematik okumuş ve 1592'de Pisa Üniversitesi'nde matematik profesörü olarak çalışmış, burada 18 yıl boyunca en önemli çalışmalarını gerçekleştirmiştir. Tarihte alışılmışın dışında bir yeri vardır, çünkü bilimin gelişimi açısından yanlış bir nedenle meşhurdur. Çoğu insan Galileo'yu, yaşamının sonlarına doğru aykırı düşünceleri yüzünden yargılanmasıyla ilişkilendirir. Aşağıda o yargılamaya geleceğiz ancak ondan önce, ona “DeneySEL Bilimin Babası” unvanını kazandıran iki büyük bilimsel ilerlemeye eğileceğiz. Bu iki ilerlemeler, (1) nesnelerin hareketine ilişkin modern fikirlerimizin başlangıcı ve (2) gökyüzünün ilk teleskopik incelemesiydi. Bunları sırayla ele alalım.

Size bir arabanın saatte 65 km hızla hareket ettiğini söylesem ve arabanın bundan bir saat sonra nerede olacağını sorsam, kimse “65 km uzakta” cevabını vermekte zorluk çekmez. Böylece tekdüze bir hareketi ele almak basittir ve bu problem, bah-

settiğimiz eski matematikçilerden herhangi biri tarafından kolayca çözülebilirdi. Ancak arabayı ivmelendirirsek durum değişir. (Bunu düşünmenin en kolay yolu, bir hız ölçer kadranını gözümüzde canlandırmaktır. Tekdüze harekette kadran hareket etmez; ivmeli hareket esnasında ise hareket eder.)

İvmeli hareket problemi, yüzyıllardır matematikçilerin kafalarını karıştırıyordu. Bazı yaklaşık hesaplama şemaları tasarlanmıştı, ancak Galileo bunu temel bir şekilde anlayan ilk kişi oldu. Düşen cisimlerin yere yaklaştıkça hızlandıklarını biliyordu ve bu bilgiyi ustaca bir deney yapmak için kullandı. Üzerine bir dizi sıkıca gerilmiş telin yerleştirildiği eğimli bir düzlemde büyük bir metal topu yuvarladı. Top aşağı yuvarlanırken, telleri geçtiğinde bir dizi “vızıltı” oluşur. Galileo, zaman aralıkları aynı olana kadar tellerin konumlarını ayarladı. (İnsan kulağı eşit zaman aralıklarını anlamada çok iyidir.) Bu deneylerle, topun kütesinin önemli olmadığını, ağır olanların hafif olanlarla aynı hızda ilerlediğini ve toplar aşağı yuvarlandıkça hızın doğrusal olarak arttığını tespit etti. Örneğin bir top, iki saniye sonra, bir saniye sonra olduğundan iki kat daha hızlı hareket ederdi. Bundan yola çıkarak, yukarı fırlatılan bir merminin yolunun bir parabol olacağını gösterebildi. Galileo ile birlikte, ivmeli hareketin temel yasaları ortaya kondu.

Bu sonuçların nesiller boyu entelektüel çalışmanın temel dayanağı olan Aristoteles bilimini tamamen altüst ettiğini anlamak önemlidir. Nihayetinde, Aristoteles ağır cisimlerin hafif cisimlerden daha hızlı düşeceğini söylemişti. Şunu da anlamak önemlidir ki, Galileo Aristotelesçi doğal ve şiddetli hareket sorununu asla çözmemiştir. (Bkz. Bölüm 4) Temelde size bir merminin nerede olduğunu ve yörüngesinin herhangi bir noktasında ne kadar hızlı hareket ettiğini söyleyebileceğini ancak doğal ve şiddetli hareket sorununun olaya hiç dâhil olmadığını söyledi. Diğer bir deyişle, Aristotelesçi kategoriler, mermi hareketini tanımlarken basitçe isabetsizdi.

Bu arada, fikrini kanıtlamak için eğik Pisa Kulesi'nden ağırlık bıraktığına dair hiçbir kanıt yoktur. Bunu yapmış olsaydı, hava direncinin etkileri daha ağır nesnenin daha hafif olanlardan önce yere çarpmasına neden olurdu.

Hareket çalışmaları ona yüksek prestij kazandırdı, ancak onu uluslararası üne kavuşturan astronomik teleskop kullanımı oldu. Teleskobu icat etmese de daha önceki aletlerin açıklamasına dayalı olarak geliştirilmiş bir model oluşturdu. 1609'un sonlarında ve 1610'un başlarında teleskopu gökyüzüne çeviren ilk kişiydi. Keşifleri inanılmazdı. Diğer şeylerin yanı sıra Ay'daki dağlar, Güneş lekeleri ve Jüpiter'in en büyük dört uydusunu gözlemledi. Tüm bu olaylar, evrenin Batlamyus'a ait hüküm sürmüş olan resmiyle doğrudan çelişiyordu.

Batlamyus'un sisteminde, Dünya'dan uzaktaki kürelerin saf ve değişmez olması gerekiyordu. Ancak burada olmaması gereken dağlar ve Güneş lekeleri gibi "kusurlara" dair kanıtlar vardı. Bununla birlikte, sisteme tam olarak zıt olan kanıt, esasen Jüpiter'in uydularıydı. Antik felsefenin temel önermesi, Dünya'nın kozmosun merkezinde olması ve diğer her şeyin onun etrafında dönmesiydi. Yine de burada, Dünya olmayan bir merkezin yörüngesinde dolaşmaktan son derece mutlu görünen dört nesne vardı. Galileo, Toskana Büyük Dükü onuruna uydulara "Medicean Yıldızları" adını verdi ve Dük'ün sarayında ömür boyu görev alarak ödüllendirildi.

Galileo bulgularını 1610'da *Yıldız Habercisi* (The Starry Messenger) adlı bir kitapta yayımladı ve bu noktada kilise ile yaşadığı sıkıntılar başlamış oldu. İtalyanca yazıyor, bu da çalışmalarını Latince okumayanlar için erişilebilir hâle getiriyordu. Kopernik sistemini savunması tepki görmesine yol açtı ve sistemi matematiksel bir egzersiz olarak incelemesine izin verilmiş olmasına rağmen, 1616'da sistemi "tutmaması veya savunmaması" konusunda uyarılmış olabilirdi. (İşin aslı 1616'da gerçekte ne olduğuna dair tarihsel kanıtlar belirsiz-

dir.) 1632’de *İki Büyük Dünya Sistemi Hakkında Diyalog* adlı eserini yayımlayarak, Kopernik sistemine kanıt olan gelgitler hakkında yanlış bir teori olduğu ortaya çıkan şeyi öne sürdü. Ayrıca bir zamanlar arkadaşı olan Papa’nın argümanlarını “Simplicio” (kabaca “Aptal” olarak tercüme edilir) adlı bir karakterin ağzından seslendirdi. Pek çok düşmanın, kiliseyi ona karşı harekete geçmeye ikna etmesinin bu kadar kolay olmasına şaşmamalı. Tarihte ikonik bir an hâline gelen bu olayda, sapkınlık şüphesiyle yargılandı ve görüşlerinden vazgeçerek şüpheyi temizlemesine izin verildi. Hayatının geri kalanını Floransa yakınlarındaki villasında, ev hapsinde geçirerek deneysel çalışmalarına devam etti.

Isaac Newton (1642–1727)

Isaac Newton’un ailesinin sosyal konumunu karakterize etmek biraz zordur. Bir çiftlikleri vardı ve bir kısmında kendileri çalışıyorlardı. Ancak aynı zamanda kiracı çiftçileri de vardı. Bu onları bir Ortabatı aile çiftliği ile modern Amerika’daki bir tarım işletmesi operasyonu arasına yerleştirirdi. Her halükârda, Newton genç bir adam olduğunda Cambridge Üniversitesi’ne gitti.

Kara veba İngiltere’de son kez 1665 yılında ortaya çıktı. Enfekte şehirlerden kaçan insanlar hastalığı yaydılar ve durum o kadar ciddileşti ki Cambridge’deki yetkililer vebanın kendilerini yok etmesini önlemek için 18 aylığına üniversiteyi kapattı. Newton, ailesinin evine geri döndü ve bu 18 ay, bilim tarihinin en verimli dönemlerinden biri oldu. Tek başına düşünerek, (1) diferansiyel hesabı, (2) integral hesabı, (3) renk teorisini, (4) hareket yasalarını, (5) evrensel çekim yasasını ve (6) birkaç çeşitli matematiksel teoremi kanıtladı. Bilim insanlarının, “Bilim insanları kimin en büyük bilim insanı olduğunu tartışırken, aslında kimin en büyük ikinci olduğunu tartışıyorlar.” diyen Isaac Asimov ile hemfikir olmaları şaşırtıcı değil.

Buradaki amaçlarımız için yalnızca hareket yasalarını ve evrensel çekim yasasını dikkate almalıyız. Aldatıcı derecede basit olan ve evrenin herhangi bir yerindeki herhangi bir nesnenin herhangi bir hareketini tanımlayan hareket yasaları şöyledir:

I. Hareket hâlindeki bir nesne, üzerine kuvvet uygulanmadıkça düz bir çizgide hareket edecektir.

II. Bir cismin ivmesi; kuvvetle doğru, kütlesiyle ters orantılıdır.

III. Her eylem için eşit ve zıt bir tepki vardır.

Bu yasalardan ilki, hareket hakkında bin yıllık düşünceyi altüst ediyor. Batlamyus'a göksel kürelerin neden dönmeye devam ettiğini sormuş olsaydınız, kendi kendine bırakılan bir nesnenin en mükemmel geometrik yolda, bir çemberde hareket edeceğini söylerdi. Birinci Yasa aksini söylüyor ve daireyi düz bir çizgiyle değiştiriyordu.

Aslında, Newton'un neyi kastettiğini görmek için yapabileceğiniz basit bir düşünce deneyi var. Bir kayayı bir ipe bağladığınızı ve onu başınızın etrafında döndürdüğünüzü hayal edin. İpi tuttuğunuz sürece, kaya bir daire şeklinde hareket eder, ancak bırakırsanız düz bir çizgide hareket etmeye başlar. Bu deneyin Newtoncu yorumu basittir: Kaya düz bir çizgide hareket etmek ister, ancak ipin uyguladığı kuvvet onu bir çember hâline getirmeye devam eder. Aslında bu gücü elinizde hissedebilirsiniz. Bırakmak kuvveti ortadan kaldırır, böylece kaya düz bir çizgide hareket etmekte serbest kalır.

O hâlde Birinci Yasa size bir kuvvetin ne zaman etki ettiğini söyler. Bir nesnenin hareket durumunda değişiklik; bir hızlanma, yavaşlama veya yön değişikliği görürseniz, bunun bir kuvvetin sonucu olduğunu bilirsiniz. İkinci Kural, kuvvetin ne yaptığını size daha ayrıntılı olarak anlatır. Kuvvet ne kadar büyükse, ivme o kadar yüksek olur: Nesne ne kadar ağırsa,

hareket durumunu değiştirmek o kadar zor olur. Örneğin, bir pinpon topunun yönünü değiştirmek bir bowling topundan daha kolaydır.

O hâlde Hareket Kanunları, nesnelerin kuvvetlere nasıl tepki verdiğini anlatır. Ancak özellikle herhangi bir kuvvetten bahsetmez. Belirli bir kuvvet hakkında konuşmak için, evrensel çekim yasasına bakmamız gerekir.

Hayatının ilerleyen döneminde Newton, bu kanuna yol açan olayları şu şekilde tanımladı: Bir gün bir ağaçtan bir elmanın düştüğünü gördüğünde elma bahçesinde yürüyordu ve ağacın arkasında gökyüzünde Ay'ı gördü. Elmanın yerçekimi denen bir kuvvet nedeniyle düştüğünü biliyordu, ama Ay'a etki eden bir kuvvetin olması gerektiğini de biliyordu. (Kayayı ve ipi hatırlayın.) Eğer olmasaydı, ipi bıraktığınızda Ay da kayanın yaptığı gibi uçup giderdi. O anda, geriye dönüp bakıldığında basit görünen, ancak ilk kez sormak için gerçek bir deha gerektiren bir soru sordu: Elmanın düşmesine neden olan kuvvet, Ay'ı yörüngede tutan kuvvetle aynı olabilir mi?

Aslında, her ikisi de aynı kuvvettir. Artık, bir şeyleri Dünya'ya düşüren ve diğer kristal küreler arasında işleyen bir gücün olduğu eski Aristoteles sistemi yerine, her yerde çalışan tek bir kuvvetimiz vardı. Newton'un keşfi gökleri ve Dünya'yı birleştirdi ve bu, sonraki bölümlerde tartışacağımız benzer türde birçok birleşmeden ilkiydi. Bilginiz olsun ki Evrensel Yerçekimi Yasası şu şekilde ifade edilebilir:

Herhangi iki nesne arasında, kütlelerinin çarpımı ile doğru, aralarındaki mesafenin karesiyle ters orantılı bir çekim kuvveti vardır.

Newton bu yasayı kullanarak ve onu hareket yasalarıyla birleştirerek; Kepler'in ampirik yasalarının sağlamasını yapmayı ve gezegenlerin yörüngeler hareketlerini açıklamayı başardı. Böylece Kepler Yasaları, deneysel bir kurallar dizisi olarak

kalmaksızın, evrensel yerçekiminin bir sonucu hâline geldi. Newton ayrıca, Bölüm 1’de tartışıldığı gibi, Halley’in kuyruklu yıldızlarının yörüngelerini belirlemesine yardım edebildi. Bu nedenle, ona ilk modern bilim insanı olarak bakmamız son derece olağandır.

Newton’un etkisi, Kopernik’inkinden daha fazla bilimle sınırlı değildi. Newton evreni; harika, düzenli bir yerdi. Gezegenler saatin üzerindeki eller gibi hareket ediyor, Newton Yasaları ve hesaplamalar her şeyi çalıştıran “dişlileri” tanımlıyordu. On yedinci yüzyılın diliyle; insan aklı, mantığı kullanarak, evreni yaratırken Tanrı’nın iradesinin nasıl işlediğini bulabilirdi.

Düzenli, mekanik bir evren fikrinin zamanın edebiyat ve müziğindeki etkisini ve Aydınlanma’nın ortaya çıkmasında oynadığı önemli bir rolü görebilirsiniz. Hatta bazı bilim insanları, Amerikan anayasası üzerinde bile etkisi olduğunu iddia ettiler. Bu fikir, Kurucu Babalar’ın* Newtoncu sistem hakkında eğitilmiş olmalarından hareketle, özünde “Newton’un düzenli bir evren oluşturan yasaları keşfettiği gibi düzenli bir toplumu oluşturan yasaları keşfettiklerini” söyler. Bilimlerden gelen fikirlerin daha büyük kültüre yayıldığı bu tür bir etkiyi sonraki bölümlerde birçok kez göreceğiz.

Newton ile nihayet modern bilimsel yönetime ulaştık. Bu araştırma yönteminin nasıl ilerlediğini görmeye geçmeden önce, iki şeyi ele almak istiyorum: İlk olarak, yöntemin Kuzey Avrupa’daki asıl evinden nasıl uzaklaşıp dünyaya yayılmaya başladığından bahsetmek istiyorum. Ancak bundan önce, tarihçilerin “Needham Sorusu” olarak adlandırdığı şeyi sormak gerek. Bizim bağlamımızda Needham Sorusu, “Modern bilim neden başka bir yerde değil de Kuzey Avrupa’da gelişti?” şeklinde ifade edilebilir.

* On Üç Koloni’yi birleştiren, Büyük Britanya’ya karşı verilen bağımsızlık mücadelesine öncülük eden ve Amerika Birleşik Devletleri için bir hükümet çerçevesi oluşturan bir grup Amerikan lider. - yhn

Needham Sorusu

Joseph Needham (1900–1995) akademik kariyerine İngiltere’deki Cambridge Üniversitesi’nde biyokimyacı olarak başladı. 1930’larda ziyarete gelen Çinli bilim insanlarıyla etkileşimleri, Çin kültürüne karşı derin ilgisini tetikledi. Hatta bu ziyaretçilerden birinden Çince öğrenmiş olabilirdi. II. Dünya Savaşı sırasında Çin’deki bir Çin-İngiliz bilim ofisinin müdürü olarak görev yaptı ve Çin tarihini, özellikle Çin bilim ve teknoloji tarihini incelemeye devam etti. “Çin’de Bilim ve Medeniyet” başlığı altında, Cambridge Üniversitesi Yayınları’nın ölümünden sonra da devam ettirdiği, büyük bir kitap serisini düzenlemeye başladı.

Bir tarihçi olarak Needham, Çin biliminin Akdeniz ve İslam dünyasındaki bilime eşit olduğu gerçeğini gözden kaçırabilirdi. Ancak bu tehlike, Avrupa’daki sözünü ettiğimiz olaylar sayesinde çabucak aşıldı. Bunlarının nedenini irdeleyen sorular, “Needham Sorusu” (bazen “Needham’ın Büyük Sorusu” şeklinde ifade edilir) olarak bilinir hâle geldi. Needham’ın sorusuna en sevdiği yanıt, Çin’deki Konfüçyüsçülük ve Taoizmin boğucu etkisi olarak gördüğü şeyle ilgiliydi. Argümanı, aşırı gelenekselliğin Avrupa’da gelişen türden bireysel inisiyatifleri engellediği yönündeydi. Bu etkinin sadece bir örneğini ele almak için Çin geleneğinde, öğrencilerin öğretmenlerini sorgulamasının büyüklerine saygısızlık olarak algılandığını anlattı. Bilim temelde sorgulamaya dayandığından argüman, bu kültürle yetiştirilen öğrencilerin önemli yeni araştırmalar başlatmasının pek olası olmadığı öngörüsü ile devam etti.

Needham Sorusu’na başka cevaplar da verildi. Bunlardan popüler bir tanesi, Çin dilinin bir alfabeye sahip olmaması şeklindedir. Bu durumun varsayılan etkileri, bir basım endüstrisi kurmada getirdiği zorluktan bir alfabenin varlığının beyindeki yüksek bilişsel işlevler üzerindeki etkilerine kadar uzanmaktadır. (Daha sonra tartışacağımız modern Çinli ve

Japon bilim insanlarının başarıları göz önüne alındığında, bu son öneriyi güvenle göz ardı edebileceğimizi düşünüyorum.)

Needham Sorusu'nun daha genelleştirilmiş bir biçimi, "Modern bilim neden başka bir yerde değil de Kuzey Avrupa'da gelişti?" gibi bir şey olabilir. Bu soruyu soranların aklına alternatif bölge olarak genellikle Çin ya da müslüman toplumlar gelir. Needham Sorusu'nu bu perspektiften ele alanlar; dini liderlerin meseleyi toplumsal etkileri bağlamında, dinlerinin daha eski ve saf bir biçiminden uzaklaşılmasına neden olmakla suçlama eğiliminde olduklarından bahsediyorlar. Bu, bilim tarafından geliştirilen türden yeni bilgiye çok az değer verilen çeşitli teokrasi türlerine yol açabiliyor.

Modern bilimin Avrupa'da neden geliştiğine gelince, yine ileri sürülen pek çok spekülative cevap vardır. Bunlardan biri, Avrupa'da Protestanlığın yükselişini içeriyor ve bu da kabul edilen otorite biçimlerinin sorgulanmasına yol açıyor. Yerleşik bir dini otoritenin müdahalesine gerek kalmadan, bireyin Tanrı ile ilişkisine yapılan Protestan vurgu; birçokları tarafından modern bilimin temel taşı olan bireysel başarı ve sorumluluğa ilişkin etkin bir imkânın oluşturulması şeklinde görülüyor.

Sıklıkla bahsedilen diğer bir faktör, her biri nehirler ve dağlar gibi doğal sınırlarla korunan küçük siyasi oluşumların yaratılmasını teşvik eden Avrupa coğrafyasıyla ilgilidir. Buradaki fikir, küçük (ve genellikle düşmanca) siyasi varlıklara bölünmüş bir kıtada, Needham'ın Çin'de ve daha önceki gözlemcilerin Osmanlı İmparatorluğu'nda gördüğü merkezi ortodoksiyi kurmanın imkânsız olduğudur. Modern bilimin erken tarihi, Protestan meslektaşları Katolik ülkelere taşınırken, Katolik ülkelere göç eden Katolik bilim insanlarının örnekleriyle doludur.

Son olarak, Rönesans'ta klasik bilginin yeniden keşfedilmesine eşlik eden hümanizmin yükselişi, genellikle bilimsel devrimin bir habercisi olarak anılır. Hümanistler, yerleşik Skolas-

tik ortodoksiyi sorgulayarak, ironik bir şekilde, Aristoteles'in bilimini ve antik çağın diğer devlerini yok eden daha sonraki akademisyenlerin önünü açtılar.

Bu tür tarihsel durumların herhangi birinde, tarihçilerin belirli olaylar için belirli nedenleri araştırmaları tamamen mantıklıdır. Ancak Needham Sorusu genellikle "karşı olgusal tarih" denen bir alıştırma"dır: "Ya y yerine x olsaydı?" Benim açımdan, bilimin gelişimi ile ilgili bu tür soruları sormak oldukça anlamsız. Doğa kanunları ortada ve kesinlikle bir yerlerde biri tarafından keşfedilecekler. On yedinci yüzyılda Kuzey Avrupa'da bilim gelişmemiş olsaydı, başka bir yerde farklı bir zamanda gelişebilirdi. Böyle bir şey olsaydı, Needham Sorusu'nu farklı bir yer ve zaman hakkında sorardık.

Bilimsel topluluklar

"Bilim insanı/adamı" terimi, on dokuzuncu yüzyılın bir icatıdır. On yedinci yüzyılda, bilim olarak düşündüğümüz şeyi yapan insanlara "doğa filozofları" deniyordu. On dokuzuncu yüzyıldan önce yalnızca bağımsız araçları olan insanlar, zamanlarını bilim hakkında düşünerek geçirme lüksüne sahipti ve bu, bugün alışık olduğumuzdan çok farklı bir durumdu. Sözü edilen tablo, Newton'un zamanındaki doğa filozoflarının zemine oldukça zayıf bir şekilde yayıldığı anlamına gelir. Bugün, bilimsel araştırma sürecinin tek başına gerçekleştirilmesinin çok zor olduğunu biliyoruz. Modern bilim insanları, meslektaşları ile günlükler ve çok sayıda toplantılar aracılığıyla rutin olarak iletişim kurarlar. On yedinci yüzyıldaki bilim insanlarının iletişime duydukları ihtiyaç aynıydı, bu nedenle de bu ihtiyacı karşılayacak kurumlar inşa ettiler. Bilimsel yöntemin asıl yerinden dağılmasının izini sürmenin bir yolu, bu kurumların yayılmasını incelemektir.

En eski bilimsel organizasyon, 1662 yılında Kral II. Charles tarafından kurulan Kraliyet Tüzüğü tarafından genellikle

Kraliyet Cemiyeti olarak anılan Londra Kraliyet Doğal Bilgiyi İyileştirme Derneği'dir. Dernek, bir süredir Londra'nın çeşitli yerlerinde toplanan ve "Görünmez Kolej" olarak bilinen yaklaşık bir düzine bilim insanından oluşan gevşek bir örgütün resmi bir versiyonuydu. Başlangıçta, dernek toplantıları üyeler için gösteriler ve deneyler yapmaya ayrılmıştı, ancak zamanla yeni sonuçların iletişimi için bir dergi çıkarıldı.

Yıllar boyunca pek çok ünlü bilim insanı Kraliyet Cemiyeti'nin üyesi olmuştur. Isaac Newton 1703'ten 1727'deki ölümüne kadar cemiyetin başkanı olarak görev yaptı. Daha sonra Charles Darwin (Bkz. Bölüm 8), evrim teorisi üzerine şu anda meşhur olan makalesini aynı kuruma okudu. Bugün Kraliyet Cemiyeti, bilimsel araştırmaları teşvik etmek ve İngiliz hükûmetine tavsiyelerde bulunmakla yoğun bir şekilde ilgilenmektedir.

Kraliyet Cemiyeti'nin başarısı, başka yerlerde de benzer girişimleri hızla teşvik etti. 1700 yılında, Alman bilim insanı ve matematikçi Gottfreid Leibniz'in (1646-1716) tavsiyesini takiben, o zamanki Brandenburg Seçmen Prensi, benzer bir cemiyeti tuttu ve bir yıl sonra Seçmen Prusya Kralı olduğunda bu cemiyet Kraliyet Bilimler Akademisi'ne dönüştü. Akademiye, krallığında takvim üretme ve satma hakkı vererek onu finanse etmeye karar vermesi de özellikle ilginçtir.

Bu arada, Newton ve Leibniz, Bölüm 5'te büyük keşiflerin genellikle farklı yerlerde farklı insanlar tarafından birbirinden bağımsız olarak yapıldığına dair belirttiğimiz noktanın başka bir örneğidir. Bu iki bilim insanı da kalkülüsü geliştirdiler ve maalesef öncelik konusunda ömür boyu sürececek haşın bir savaşa girdiler. Modern göze tüm iş biraz saçma görünüyor olsa da -kesinlikle herkese yetecek kadar şöhret vardı- o dönemde büyük bir etnik düşmanlığı tetikledi.

Her halükârda Leibniz, Rusya'daki Büyük Çar Peter'in danışmanı oldu ve 1724'te ölümünden sonra Saint Petersburg Bilimler Akademisi'nin kurulmasında etkili oldu. On dokuzun-

cu yüzyılın büyük bilim insanlarının ve matematikçilerinin çoğu, Rusya'nın o zamanlardaki başkentini ziyaret etti veya orada çalıştı. Rus Devrimi'nden sonra, örgüt SSCB Bilimler Akademisi olarak yeniden kuruldu ve 1934'te Moskova'ya taşındı. Sovyetler Birliği'nin dağılmasından sonra, bir kez daha Rusya Bilimler Akademisi oldu.

Avrupa'nın doğu ucunda da bir bilim akademisi kurulurken, Amerika kıtasındaki bir Avrupa kolonisinde bir diğeri kuruldu. 1743'te Amerikan Felsefe Derneği, Benjamin Franklin'in rehberliğinde Philadelphia'da hayata geçirildi. Üyelerinin arasında Amerika'nın büyük liderlerinin çoğunun –örneğin, George Washington, Thomas Jefferson ve James Madison- yanı sıra Alexander Humboldt ve Tadeusz Kosciuzsko gibi önde gelen birçok yabancı aydın da yer aldı. Felsefe Derneği, hâlâ Philadelphia'da faaliyet gösteriyor.

Böylece, modern bilim Avrupa'nın kalbinden harekete geçerek, hızla Avrupa çevresine yayıldı. Sonraki bölümlerde, tamamen küresel bir işletme hâline gelmek için tüm dünyaya yayıldığını göreceğiz.

NEWTON DÜNYASI

Modern bilimsel yöntemin gelişmesiyle, iki önemli hedefe ulaşılmıştı: bilim insanları doğa hakkında doğru soruları sormayı öğrenmişler ve bu sorukları cevaplamada sistematik bir yol bulmuşlardı. Tanıdık bir örnek olan mermi hareketini ele alırsak, artık önceki doğal ve şiddetli hareket meselesinin, insanların doğayla alakası olmayan kategoriler kurmasından kaynaklandığı anlaşılmıştı. Sorun, dünyaya bakış şeklimizden ve aslında doğanın kendisiyle hiçbir ilgisi olmamasından kaynaklanıyordu. Soru yeniden ifade edildikten sonra, (söz gelimi, “Mermi aslında nereye gidecek?” gibi) ilerleme sağlanabilirdi.

Bu gelişmelerin sonucunda, on sekiz ve on dokuzuncu yüzyıllarda, merkezi Batı Avrupa’nın ana toprakları olan bilimsel bilgi patlaması görüldü. Bu bölümde o gelişmelerden birkaçına göz atacağız. Elbette, son bölümde bahsedilen yöntemlerin mekanik dışındaki bilim alanlarına, özellikle de kimya, elektrik ve manyetizma alanlarına uygulandığını göreceğiz. Ayrıca bilimdeki gelişmelerin toplumu temel şekillerde değiştirmede sahip olabileceği etki üzerine yeni bir olguyu da ele alacağız.

Elektrik jeneratörü bunun tanıdık bir örneğidir. Ancak telgraf gibi başka örnekler de vardır. Biyolojik bilimlerdeki benzer ilerlemeleri bir sonraki bölümde ele alacağız.

Simya, Kimya ve Yeni Atom Teorisi

Simya, İngilizceye Arapça *al-kimia* olan kelimedenden gelmiş bir terimdir ancak pek çok bilim insanı *kimia* kelimesinin eski Mısırlıların ülkeleri için (görünüşe göre çölün açık renkli kirden farklı olarak Nil boyunca uzanan “kara” topraklara atıfta bulunuyordu) kullandıkları bir kelime olduğunu öne sürüyor. Bahsettiğimiz bütün kültürler o ya da bu şekilde simya çalışmışlardır ve simya genellikle modern kimya biliminin habercisi olarak düşünülür.

Alman simyacı Paracelsus’un (1493–1541) bir metninin başlığı simyanın ne ile ilgili olduğunu hemen hemen açıklıyor: Kitap, *Solve Et Coagula* (Parçala ve Birleştir) adını taşıyordu ve simyacıların ellerindeki malzemelerle yaptıkları da aslen buydu. İster mumyalama için merhemler hazırlayan Mısırlı bir rahipten, ister madenden nasıl metal elde edileceğini çözen Babilli bir maden mühendisinden, ister ilaç yapmak için şifalı otları karıştıran Çinli bir doktordan bahsediyor olalım, süreç aynıdır. Malzemeler bir şekilde karıştırılır ve işlenir (örneğin ısıtılarak) ve ortaya yeni bir şey çıkar. Bin yıl boyunca, kimyasal reaksiyonlar dediğimiz şey hakkında muazzam miktarda deneysel bilgi bu şekilde birikmiştir.

Simyacılar için genellikle üç büyük hedef olduğu kabul edilir. İlki (ve çoğu insanın duyduğu), kurşunu altına dönüştürebilecek “felsefe taşı”nın arayışıydı. İkincisi de herhangi bir hastalığı iyileştirebilecek ve kullananı ölümsüzleştirebilecek “yaşam iksiri” idi. Doğası gereği daha teknik olan üçüncüsü ise, herhangi bir materyali çözebilen evrensel bir çözücü arayışıydı. Bir anlık yanılsama sizi başarılı olmaları gerektiğine ikna etse de, bu aramaların hiçbirinin başarılı olmadığını söy-

lemeye gerek yok. Demek istediğim, evrensel solventi bulmuş olsaydınız, onu neye koyardınız? Yine de on sekizinci yüzyıla gelindiğinde pek çok deneysel bilgi mevcuttu.

Genellikle kimyayı deneysel gerçeklerden modern bir bilime taşımasıyla bilinen kişi Fransız Antoine Lavoisier'dir (1743-94). Lavoisier, Paris'te varlıklı bir ailede doğdu ve iyi bir eğitim gördü. Parlak bir adamdı ve 25 yaşında, sokak aydınlatması üzerine yazdıklarından dolayı Fransız Akademisi'ne seçildi. Simyacıların ve önceki kuşakların mirası olan geniş, kaotik, kimyasal reaksiyon bilgilerini toplayan ve tek bir tutarlı teori hâline getiren kişi Lavoisier'dir. *Kimyanın Temelleri* (1789) adlı kitabı modern bilimin İncil'i olmuştur. Amaçlarımız doğrultusunda, Lavoisier'in iki başarısına odaklanacağız: kütlelenin korunumu yasası ve kimyasal element kavramı.

Modern terimlerle kütlelenin korunumu, bir kimyasal reaksiyonda yer alan toplam kütle miktarının (veya eşdeğer olarak, her bir atom türünün sayısının), reaksiyonun başladığı andan sona erene kadar değişmediğini söyler. Lisedeki kimya derslerinizde kimyasal denklemleri nasıl eşitlediğinizi hatırlayın. Muhtemelen, bir reaksiyonun üç oksijen atomuyla başlaması durumunda aynı sayıyla bitmesi gerektiğini hatırlarsınız. Bu, aslında, Lavoisier'in bilime ilk getirdiği ilkenin bir uygulamasıydı.

Kütlelenin korunumu konusundaki keşfi, bir etkileşimde yer alan farklı malzemelerin miktarının hassas ölçümlerini yapma konusundaki ısrarından kaynaklanmıştı. Örneğin klasik bir deneyde, bir kavanoza taze meyve dilimlerini kapattı ve kavanozu içindekilerle birlikte dikkatlice tarttı. Bir hafta sonra meyveler kavanozun dibinde iğrenç, yapışkan bir maddeye dönüştü ve bardağın içinde su damlaları oluştu. Açıkça meydana gelen tüm değişikliklere rağmen, kavanozun ağırlığı ilk günkü ağırlığıyla tamamen aynıydı. Bu türden dikkatli ölçümlerle Lavoisier, en karmaşık kimyasal süreçlerin bile yeni

hiçbir şeyin yaratılmadan veya yok edilmeden, sabit sayıda atomun karıştırılmasından ibaret olduğu gerçeğini ortaya koydu. Bu kavramla Bölüm 9'da Albert Einstein'ın çalışması hakkında konuşurken tekrar karşılaşacağız.

Lavoisier kimyasal elementlerin varlığını, kapsamlı teorisine dâhil ettikten sonra keşfedebildi. Edinilen deneysel bilginin bir kısmı, -yakma gibi- çoğu malzeme kimyasal yollarla parçalanabilirken, birkaçının parçalanamadığıydı. Bu temel maddelere element adı verildi. Lavoisier, oksijen ve hidrojen gibi birkaç tanesini keşfetti ve o zamanlarda bilinen yirmi kadar daha garip element vardı. Elementlerin bir şekilde her şeyden daha esas olduğu fikri, modern atom teorisinin temel taşı hâline geldi.

Ayrıca açıklanamayan düzenlilikler de görülmeye başlandı. Örneğin, su elementlerine bölünürse, her zaman hidrojenden -ağırlık olarak- sekiz kat daha fazla oksijen içerdiği ortaya çıktı. Bu sözde “Kesin Oranlar Yasası” birçok madde için geçerliydi ancak açıklanamıyordu.

Lavoisier'in soylu bir ailede doğmakla elde ettiği avantajları Fransız Devrimi'nden sonra önemini yitirmiş, hatta bir dezavantaja dönüşmüştü. Tanınmış (ama pek de popüler olmayan) bir özel vergi toplama şirketinin üyesiydi ve 1794'teki “Korku Hükümdarlığı” sırasında vatana ihanetle suçlandı ve giyotin ile idam edildi. Yargıç, o zamandan beri hem sağ hem de sol devrimciler için fazlasıyla tipik hâle gelmiş olan bir ifadeyle, canını kurtarmak için uluslararası bir çağrı yaptı: “Devrimin ne bilim insanlarına ne de kimyacılar ihtiyacı vardır.” Lavoisier'in idamı hakkındaki belki de en iyi açıklama İtalyan doğumlu fizikçi ve matematikçi Joseph Lagrange tarafından yapılmıştır: “Kafasını kesmek sadece bir an sürdü, ancak Fransa bir yüzyılda bile onun gibi birini tekrar yetiştiremeyebilir.”

Fransa kaosa sürüklenirken, atom teorisinin hikâyesi İngiltere'ye taşındı. Kuzey İngiltere'deki bir Protestan okulunda

öğretmen olan John Dalton'a (1766-1844) bir göz atalım. O zamanlar İngiliz eğitim sisteminin tuhaflığı, hiç kimsenin Anglikan Kilisesi'nin İnanç Makaleleri'ne tabi olmadan üniversiteye girememesiydi. Bir Protestan olarak Dalton, bunu yapamadı, bu nedenle resmi kanalların dışında gayri resmi olarak eğitildi. Renk körlüğü (bazen onun onuruna Daltonizm olarak adlandırılır) gibi bir dizi bilimsel meseleyle ilgilieniyordu. Ancak bizim için önemli olan atmosferik gazlarla ilgili çalışmalarıydı. Bu çalışmalardan ve Belirli Oranlar Yasası ile kimyasal elementlerin varlığı gibi hususlardan motive olarak, ilk modern atom teorisini formüle etti.

Temel olarak Dalton, kimyasal bilginin tüm büyük amorf koleksiyonunun basit bir fikirle açıklanabileceğini fark etti. Yani Yunanlıların felsefe güdümlü sisteminden ayırmak için modern atom teorisi olarak adlandırdığımız teorinin temel ilkeleri aşağıdaki gibidir:

Madde, atom adı verilen bölünmez parçacıklardan oluşur.

Belirli bir kimyasal elementin tüm atomları aynıdır.

Farklı kimyasal elementlerin atomları birbirinden farklıdır.

Bu basit teori, birikmiş kimyasal bilginin büyük bir kısmını açıklar. Çoğu malzeme, çeşitli atom koleksiyonlarını bir araya getirerek yapılan bileşiklerdir. Örneğin su, iki hidrojen ve bir oksijen atomundan oluşur. Oksijen, hidrojenin 16 katı ağırlığındadır, bu yüzden suyu parçalara ayırırsanız, 8 birim oksijen ile 1 hidrojen elde edersiniz. Böylelikle Kesin Oranlar Yasası da kolaylıkla açıklanmaktadır. Bütün bunlar 1808'de *Kimyasal Felsefenin Yeni Sistemi* adlı bir kitapta yayımlandı.

Dalton'un deneysel kanıtlara dayanan modeli, evrenin temel yapısını anlamada ileriye doğru atılmış büyük bir adımdı. Ancak on dokuzuncu yüzyıl ilerledikçe, gerçek atom teorisinin Dalton'un başlangıçta düşündüğünden biraz daha karmaşık olduğunu öne süren bir dizi olay meydana geldi.

- **Daha fazla element keşfedildi:** Dalton çalışmasını yayımladığında insanlar 26 elementi duymuş oldu. On dokuzuncu yüzyılın devamında, bu sayı hızla yükseldi. (Bugün 118'deyiz ve artmaya devam ediyor.) Bu gelişme, Dalton'un çizdiği tabloyu özgün sadeliğinden uzaklaştırdı, ancak onu çürütmedi.
- **Açıklanamayan düzenler bulundu:** Bunlardan en önemlisi, 1869'da Rus kimyager Dimitri Mendeleev (1834-1907) tarafından periyodik tablonun keşfedilmesiydi. Bir kimya metni için veri derlerken; öğelerin, her satırda ağırlığın soldan sağa arttığı ve aynı sütundaki öğelerin benzer kimyasal özelliklere sahip olduğu bir satır ve sütun şemasına doğal olarak uyduğunu fark etti. Sistem çalışıyordu, ancak kuantum mekaniğinin ortaya çıkmasına kadar (Bkz. Bölüm 9) kimse nedenini açıklayamayacaktı.
- **Atomun bölünebilir olduğu ortaya çıktı:** 1895'te İngiliz fizikçi J.J. Thompson, şimdi elektron olarak adlandırdığımız parçacığı atomun bir bileşeni olarak tanımladı. (Bkz. Bölüm 9) Bu durumda atom, bölünmez olmaktan çok uzak, yirminci yüzyılda fiziğin odak noktası olacak bir içyapıya sahipti.

Atom modelinin bu şekilde detaylandırılması sürerken, Avrupalı bilim insanları arasında ilginç bir tartışma başladı. Maddenin görünmez atomlardan *oluşuyormuş gibi* davrandığı düşünüldüğünde, atomlar gerçekten "gerçek" miydi? İnsan zihninin kurduğu, aslında fiziksel varlıkları olmayan şeyler olamazlar mıydı? Bilim insanlarının bu tür sorularla nasıl başa çıkması gerekiyor?

Bu tartışmaya dâhil olan en önde gelen fizikçi Ernst Mach'dı (1838-1916). Şimdiki Çek Cumhuriyeti'nde doğdu. O zamanlar Avusturya-Macaristan İmparatorluğu'nun bir parçası olan Prag'daki Charles Üniversitesi'nde profesör oldu. Pek çok alanda

çalıştı. Hatta bir keresinde kendine yapılan cerrahi profesörlüğü teklifini geri çevirdi. Ancak en çok iki şeyle tanınır: havada ses hızının onun adını taşıması (bu hıza ulaşan bir uçağın “mach 1” yaptığı söylenir) ve atomların gerçekliğine karşı çıkması.

Mach, Dalton’un tanımlamasının dünya hakkında zarif ve feydalı bir düşünme şekli verdiğini inkâr edemeyecek kadar iyi bir bilim insanıydı. İtirazları doğası gereği daha felsefi olurdu. Hatta Mach, günümüzde “bilim felsefesi” olarak adlandırılan alanın kurucularından biriydi.

Pozitivizm olarak bilinen felsefi bakış açısının güçlü bir savunucusuydu ve bilimdeki anlamlı soruların deney veya gözlemle karar verilebilecek sorular olduğunu savunuyordu. Mach, atomların gözlemlenemediği için gerçek olarak görülmemesi gerektiğini savundu ancak atom kavramının çok yararlı olduğunu da kabul etti. Mach, on dokuzuncu yüzyılın önde gelen fizikçileri ile bu mesele çerçevesinde uzun tartışmalar gerçekleştirmiştir.

Bu tartışmayı çözüme kavuşturan; İsviçre Patent Ofisi’nin Albert Einstein isimli genç memurunun, 1905’te pek bilinmeyen bir konu olan Brownian Hareketi ile ilgili makalesini yayımlaması oldu. Olay, ismini 1827’de bir damla su içinde küçük polen tanelerini süspanse ettiğinde mikroskobunda gördüklerinin bir tanımını yayımlayan İngiliz botanikçi Robert Brown’dan (1773-1858) almıştır. Polen taneleri, hareketsiz durmak yerine rastgele gibi görünen bir hareketle titreşiyordu.

Einstein’ın anladığı şey, polen taneciklerinin sürekli olarak su molekülleri tarafından sıkıştırıldığıydı. Bir molekül ne zaman sıçrasa, taneye küçük bir kuvvet uygular. Ortalama olarak, bu kuvvetler birbirini dengelemelidir. Örneğin, pek çok molekül sağa zıplarken kimileri de sola sıçrayacaktır. Bununla birlikte herhangi bir anda, sıradan istatistiksel dalgalanmalar, bir tarafa diğerine göre daha fazla molekülün çarpmasını sağlayacaktır. O anda polen tanesi üzerinde hareket etmesine neden olan

net bir kuvvet olacaktır. Bir an sonra durum tersine dönebilir ve moleküllerin uyguladığı kuvvet, tanenin geri hareket etmesine neden olabilir. İşte bu tam da Brown'ın gözlemlediği türden bir titreşme hareketidir. Einstein hesaplamasını yaptı ve hareketin bu şekilde tamamen açıklanabileceğini gösterdi.

Buradaki önemli nokta şudur: Zihinsel yapılar kuvvet uygulayamaz, bunu yalnızca gerçek maddi nesneler yapabilir. Einstein'ın Brownian Hareketi açıklamasıyla, atomlarla ilgili tartışma sona erdi. Onlar kuvvet uygulayabilen gerçek nesnelerdi. Bu gelişmeyle birlikte bilim insanlarının dikkati, Bölüm 9'da göreceğimiz gibi atomun yapısını anlamaya yöneldi.

Elektrik ve Manyetizma

Elektrik ve manyetizma ile ilişkili temel olayların varlığı, bahsedeceğimiz eski kültürlerin çoğu tarafından biliniyordu. Ancak hiçbir zaman önemli bir bilimsel araştırma konusu oluşturmadılar. Onları tıp ve astronomi gibi konulara kıyasla küçük bir entelektüel gösteri olarak düşünebilirsiniz. Bu alanda bilimsel devrime kadar gerçekten ciddi bir çalışmaya başlanmadı ve aşağıda ana hatları verilen bazı beklenmedik keşifler, alanı bilimin belirsiz bir köşesinden modern teknolojik toplumun önemli bir itici gücüne dönüştürdü. Bu bölümde, elektrik bilgisinin gelişimini on sekizinci yüzyıla kadar izleyeceğiz, sonra geri dönüp aynısını manyetizma için yapacağız ve son olarak her ikisini de kapsayan tek bir tutarlı teoremin gelişiminden bahsedeceğiz.

Önce elektrik. Yunanlılar, kedinin kürküne sürtülen bir parça kehribarın küçük madde parçalarını çekeceğini biliyorlardı. ("Elektrik" kelimesi Yunanca "kehribar" kelimesinden gelir.) Kuru bir günde saçınıza bir tarak sürüp küçük kâğıt parçalarını toplamasına izin vererek aynı etkiyi elde edebilirsiniz. Bunun statik elektriğin bir etkisi olduğunu ve keh-

ribar veya tarağın ovalama işleminde bir “elektrik yükü” kazandığını söyleriz.

Daha da önemlisi Yunanlılar, kehribara iki mantar parçasını dokundurursanız, bu mantar parçalarının birbirini iteceğini biliyorlardı. Lütfen bunun, bahsettiğimiz yeni kuvvetin yerçekiminden farklı olduğu anlamına geldiğini unutmayın. Yerçekimi her zaman çekicidir, asla itici bir kuvvet olamaz. Bu bilgi Bölüm 11’de doğanın temel kuvvetlerinden bahsederken önemli olacak.

Ayrıca Yunanlılar, kedinin kürkünü kehribarla ovmak yerine, bir cam parçasını ipekle ovuşturursanız da çok benzer etkiler elde edebileceğinizi biliyorlardı. Cama dokunan mantar parçaları birbirini iterdi. Öte yandan, kehribara dokundurulan mantarı alıp cama dokunan bir diğerinin yanına götürürseniz, birbirlerini çekerlerdi.

Modern dilde, bu sonuçları şu şekilde özetleyebiliriz:

1. Malzemeleri birbirine sürtmek elektrik yükünün oluşmasına neden olur.
2. Genel olarak “pozitif” ve “negatif” olarak adlandırdığımız iki tür elektrik yükü vardır.
3. Aynı yükler birbirini iter, farklı yükler birbirini çeker.

Bu genel ilkeler, eski zamanlardan on sekizinci yüzyıla kadar geçen süreçte elektrikle ilgili bilgi durumunu temsil eder. O zamana kadar, modern bilimsel yöntem açıklanmıştı, bu nedenle araştırmacıların nasıl ilerleyeceklerine dair bir yol haritası vardı. Yüz yıl boyunca, araştırmacılar büyük statik yükleri biriktirmenin yollarını geliştirdiler ve yüklü cisimlerin davranış biçimini araştırdılar. Kendilerini -oldukça eğlenceli bir şekilde- modern dünyada bambaşka bir anlam kazanmış bir kelime olan “elektrikçiler” olarak adlandırdılar. Şimdi iki elektrikçiye yakından tanıyacağız. Amerikan kolonilerindeki Benjamin Franklin (1706-90) ve Fransa’daki Charles Coulomb (1736-1806).

Elbette Benjamin Franklin'in Amerikalı okuyuculara tanıtılmaya ihtiyacı yok. Adı, Amerika'nın kuruluşunda önemli bir siyasi rol oynayan kel, gözlüklü bir adamın resimlerini akla getiriyor. Daha az bilinen şey ise, Franklin'in on sekizinci yüzyılda elektrik araştırmalarında önemli bir figür olduğudur. Eğer o zamanlarda Nobel Ödülü veriliyor olsaydı o da bir tane alırdı demek abartı sayılmaz. Biri teorik, diğeri teknolojik olmak üzere iki katkısını inceleyeceğiz.

Franklin, statik elektrik hakkındaki bilgi birikiminin, bir tür yükün hareketi ile açıklanabileceğini fark eden ilk kişi oldu. Pedagojik nedenlerden ötürü, onun "tek akışkan teorisini" Franklin'in kesinlikle tanımayacağı modern terimlerle açıklayacağım. Bölüm 9'da maddenin; negatif yüklü elektronların, pozitif yüklü çekirdeklerin etrafındaki yörüngelerde döndüğü atomlardan oluştuğunu göreceğiz. Normalde, herhangi bir maddedeki atomlarda pozitif yük kadar negatif yük vardır. Bu nedenle madde elektriksel olarak nötrdür. Bu maddeyi ovduğumuzda (kehribar ve kedinin tüylerini hatırlayın), olabilecek iki şey vardır. Maddeden elektronları çekebilir ve geride fazladan pozitif yük bırakabiliriz. Alternatif olarak, elektronları maddenin içine iter ve fazla negatif yük bırakabiliriz. Böylece, tek tip bir yükün hareketi (bizim elektron, Franklin'in elektrik sıvısı olarak adlandırdığı) iki tür elektriğin varlığını açıklayabilir. Bunun kavranması ilerleyen kısımlarda göreceğimiz sonraki gelişmelere zemin hazırladı.

Pratik-teknolojik açıdan, Franklin elektrik bilgisini paratoner icadına uygulamasıyla tanınır. Meseleyi biraz daha açacak olursak, yıldırım; on sekizinci yüzyılda şehirlerde, özellikle Amerika'da olduğu gibi ağırlıklı olarak ahşaptan inşa edilen şehirlerde ciddi bir sorundu. Bu şehirlerde merkezi su kaynağı yoktu ve yangınla mücadele kabiliyeti yalnızca temel seviyedeydi. Bu yüzden bir yıldırım çarpması sadece çarptığı binayı tehdit etmekle kalmaz, aynı zamanda mahalleleri tümüyle yok edebilecek bir yangını da başlatabilirdi. Franklin statik

elektrik deneylerinde kıvılcımlar oluşturduğunda her zaman bir ışık parlaması ve “pat” diye bir ses olduğunu fark etti. Şimşegi düşündüğünde onun da aynı davranışları gösterdiğini fark etti: şimşek çakması ve onu takip eden gök gürültüsü. Bu da ona şimşegin elektriksel bir olay olabileceği fikrini verdi.

Paratoneri bir evin çatısının üstüne uzanan ve oradan yere kadar giden basit bir demir çubuktu. Özünde, bir fırtına bulutundaki elektrik yüklerinin evin içinden geçmek zorunda kalmadan yere inmesi için bir tür otoban yarattı ve çarpmayı yönlendirmek için çok etkili bir yol sağladı. Bugün aynı etkiyi yüksek binalara ve elektrik hatlarına kısa metal çubuklar koyarak ve daha sonra bu çubukları esnek metal kablolarla zemine bağlayarak elde ediyoruz.

Franklin’in icadının kabulü ise ilginçti. Amerika ve İngiltere’de coşkuyla kabul edildi. Ancak İngiltere’de, tasarımındaki bazı detaylar hakkında küçük tartışmalar yarattı. Ancak Fransa’da bazı din adamları, Tanrı’nın iradesini engellediğini iddia ettikleri için aygıtı karşı çıktılar. Günümüz diliyle ifade edersek; bugün biyoteknoloji alanında çalışanlara sıklıkla yöneltilenlere benzer şekilde, Franklin’i “Tanrı’yı oynamakla” suçladılar. Sonuç olarak, Fransa’da erkekler şimşek fırtınaları sırasında çan çalmak için kilisenin kulelerine gitmeye devam ettiler. Bunun yıldırım çarpmalarını önlemesi gerekiyordu, ancak aslında bir gök gürültülü fırtına sırasında bir kilise kulesinden daha kötü bir yerde olmayı düşünmek sahiden zor. Fransa’da paratonerin kabulünden önce pek çok erkek bu yüzden öldü.

Benjamin Franklin, yaratıcı tamircinin ilk örneğiye, Charles Augustin de Coulomb da bilimin dikkatli, laboratuvar odaklı yönünü temsil ediyordu. Bağımsız olarak zengindi ve Fransız Devrimi’nin dikkatini çekecek kadar önemli değildi. Ancak, 1781’de şimdi metrik birimler sistemi dediğimiz şeyin geliştirilmesine katılmak için Paris’e çağrıldı. Birkaç farklı mühendislik alanına katkıda bulundu ve ister inanır

ister inanmayın, inşaatçılar tarafından istinat duvarlarının tasarımında öncü olarak tanınır.

Bununla birlikte, elektrik deneyleri dikkatimizin odak noktası olacak. 1785'te elektrik kuvvetiyle ilgili ayrıntılı deneylerini rapor ettiği bir dizi makale yayımladı. Birbirinden belirli uzaklıklara yerleştirdiği nesneleri, dikkatle ölçtüğü miktarda elektirik yüküyle yükleyerek, ortaya çıkan kuvveti ölçüyordu. Elde ettiği sonuçları şu şekilde özetleyebiliriz:

Herhangi iki yüklü cisim için; yüklerin çarpımı ile doğru orantılı ve aralarındaki mesafenin karesiyle ters orantılı olacak şekilde zıt yükler arasında çekme ve eş yükler arasında itme kuvveti vardır.

Bu sonuç Coulomb Yasası olarak bilinir, kuşkusuz onunla Evrensel Çekim Yasası arasındaki benzerliği fark edebilirsiniz. Bu sonuçla statik elektriğin davranışı hakkında söylenebilecek her şeyi söylemiş oluyoruz.

Hayvan Elektriği

Elektrikçiler tarafından yapılan keşifler sadece bilim insanlarının ilgisini çekmiyordu. Belki de en büyük kamu yararı, elektriğin bir şekilde canlı sistemlerin özelliklerinden sorumlu olduğu fikri etrafında toplanmıştı. O zamanlar yaygın bir fikir, canlı maddenin cansızdan farklı olduğuydu. Zira gizemli bir “yaşam gücü” ile doluydu. Bir sonraki bölümde, on dokuzuncu yüzyıldaki biyologların, vitalizm denilen bu teorinin yanlış oluşuna yönelik çalışmalarını göreceğiz. Ancak on sekizinci yüzyılın ikinci yarısında, oldukça revaçta olmaya devam ediyordu.

İtalyan doktor Luigi Galvani (1737–98) tarafından yapılan deneyler, elektrik ve canlılar arasındaki bağlantıyı kesinlikle destekliyor gibiydi. Bir dizi ünlü deneyde, kesilmiş kurbağaların bacaklarının, elektrik yükleri tarafından uyarılırsa seğirtilebileceğini gösterdi. Daha sonra Galvani, kurbağanın bacak-

larına örneğin bakır ve demir olmak üzere iki farklı metalle dokunarak aynı etkiyi elde edebileceğinizi gösterdi. Bunun, kaslarda işleyen özel bir tür kuvvet olduğunu öne sürdü ve bu hayati güce “hayvan elektriği” adını verdi.

Çalışmalarından aşağıda daha ayrıntılı olarak bahsedilecek olan İtalyan fizikçi Alessandro Volta, deneylerin anlamı konusunda Galvani ile uzun bir tartışmaya girdi. Volta, Galvani’nin gördüğü şeyin kurbağanın bacağındaki sıvılar ile metal sondalar arasındaki kimyasal reaksiyonun sonucu olduğunu anladı. Sonunda, ikisi de yarı cevap elde etti. Galvani, açık bir devreye dokunan herkesin tanıklık edebileceği gibi, kas reaksiyonlarının elektrik akımı ile uyarılabileceği konusunda haklıydı ve Volta da böyle bir akımın kimyasal reaksiyonlarla üretilebileceği konusunda haklıydı.

Yani sonuç olarak, hayvan elektriği diye bir şey yoktu. Sadece sıradan pozitif ve negatif yükler vardı. Bununla birlikte, konuyla ilgili tartışmanın bir dizi şaşırtıcı sonucu oldu. Aşağıda değinilenlerden biri, Volta’nın yaptırdığı soruşturmaların ona pili icat etmesi için ilham vermesi ve bu cihazın dolaylı olarak modern toplumu mümkün kılan elektromanyetizma yasalarının keşiflerine yol açmasıdır.

Daha egzotik bir not olarak; on dokuzuncu yüzyıldaki bazı araştırmacılar elektrik akımının insan kadavraları üzerindeki etkisini incelemek için piller kullandılar. Kadavraların bacaklarına tekme atılıp oturtuldukları halka açık gösteriler bile yaptılar. Bazı bilim insanları, Mary Shelley’nin böyle bir gösteri gördüğünü ve ona, ünlü romanı *Frankenstein* için ilham verdiğini iddia ediyor. Durum böyleyse, elektrik biliminin gerçekten uzun bir menzili vardı.

Manyetizma

Manyetizmanın tarihsel öyküsü, elektriğinkinden biraz farklıdır. Bunun başlıca nedeni mıknatısların pusula olarak kullanı-

labilmesidir. Eski uygarlıkların tümü; doğal yollarla oluşan ve mıknatıs taşı adı verilen bazı demir minerallerinin, metal parçalarını kendilerine çekme kabiliyetine sahip olduğunu biliyordu. Yunanlıların Ege’de bir yerlerde tamamen bu malzemeden yapılmış bir ada olduğuna dair bir efsaneleri bile vardı. Bu efsaneyi gemi inşasında demir çivi kullanmama uygulamasını haklı göstermenin bir yolu olarak kullandılar. Çünkü gemi adaya çok yaklaşırsa bu çiviler yerlerinden çıkacaktı. (Elbette böyle bir ada yok, ancak deniz suyuna maruz kaldığında demir çiviler aşınır ve bu da gemilerde kullanılmaması için yeterli bir sebeptir.)

Manyetik malzemelerin bir yapısı olduğu hızla anlaşıldı. Modern dilde, her mıknatısın geleneksel olarak “kuzey” ve “güney” olarak adlandırdığımız iki kutbu vardır. İki mıknatısın kuzey kutupları yan yana getirildiğinde itilirken, bir mıknatısın kuzey kutbu diğerinin güney kutbuna yaklaştırılırsa çekilir. Bu, manyetik kuvvetin temel yasası gibi görünüyor.

Mıknatısların önemli özelliği, hareket etmekte serbest olmalarıdır. Örneğin, suda yüzen bir mantarın üzerine bir mıknatıs taşı yerleştirilirse, mıknatıs kuzey-güney yönünde hizalanacaktır. Böylece mıknatıs, gezginler için Güneş’i veya yıldızları göremediklerinde bile yön belirlemek için kullanabilecekleri bir pusula hâline getirilebiliyor.

Pusulanın nereden çıktığı ve teknolojinin antik dünyada nasıl hareket ettiği sorusu tarihçiler arasında önemli tartışmalara yol açmaktadır. Bazı bilim insanları, Orta Amerika’da mıknatıs taşlarından yapılmış bir eserin keşfine dayanarak, Olmec’in pusulayı M.Ö. 1000 gibi erken bir zamanda geliştirdiğini öne sürdüler. Ancak diğer bilim insanları eserin dekoratif bir yapının parçası olduğunu öne sürerek iddiayı reddediyorlar.

Pusulanın Çinliler tarafından kullanıldığına dair kanıtlar nettir. Aletin ilk olarak eski *feng shui* sanatının bir parçası olarak binaların yönlerini belirlemek için kullanıldığı anlaşıyor. M.S. 1040’a gelindiğinde, Çin literatüründe mık-

natısların “yön bulucu” olarak kullanımına atıflar vardır ve çoğu bilim insanı bunu, buluşun tarihi olarak kabul eder. Pusulanın yön bulmada kullanımına ilişkin ilk referans 1117’de Çin kaynaklarında görülüyor.

Pusulanın Avrupa’ya nasıl geldiği sorusu da tartışma konusudur. Daha 1190 yılından Avrupa metinlerinde pusulaların sey-rüsefer için kullanımına ilişkin referanslarımız var. Buluşun bir şekilde Çin’den Avrupa’ya getirilip getirilmediği veya bunun bir başka bağımsız gelişim örneği olup olmadığı sonuca bağlanmamış bir soru olmaya devam ediyor. Yine de, ortaçağda Avrupalı denizcilerin elinin altında pusulalar olduğu açıktır.

Mıknatıslarla ilgili artmakta olan bilgi, İngiliz doktor William Gilbert (1544-1603) tarafından kodlanmış ve genişletilmiştir. 1600 tarihli kitabı *De Magnete*, hem mıknatıslar hakkındaki bilgi birikimini hem de kendi araştırmalarını özetledi. Dünyanın kendisinin dev bir mıknatıs olduğunu ve mıknatıs taşı ile kuzey ve güney kutupları arasındaki etkileşim olduğunu ilk fark eden oydu. Gilbert, pusulaların davranışını araştırmak için manyetik malzeme kullanarak küçük bir küre bile yaptı.

Ayrıca mıknatıslarla ilgili bir başka önemli gerçeği, yani manyetik kutupları elektrik yüklerinden farklı kılan şeyi fark etti: İzole elektrik yüklerine sahip olmak mümkündür. Örneğin, izole bir negatif yük oluşturmak için bir elektronu bir atomdan çıkarabilirsiniz. Bunu manyetik kutuplarla yapamazsınız. Kuzey ve güney kutbu olan büyük bir mıknatısı alıp ikiye bölerseniz, ayrı bir kutup seti elde edemezsiniz. Bunun yerine elinize her birinin kuzey ve güney kutbu olan daha kısa iki mıknatıs geçer. Gittikçe küçülen mıknatısları kesmeye devam ederseniz bu olay sonsuza kadar tekrar eder. Özetle müstakil bir kuzey veya güney kutbu oluşturamazsınız.

Dolayısıyla, on sekizinci yüzyılın sonunda, hem statik elektrik yüklerinin hem de mıknatısların incelenmesi, ileride başvur-

mak üzere; elektrik yükleri için Coulomb Yasası'nı doğururken, izole manyetik kutupların olmayacağını ortaya koydu.

Ancak, bizim açımızdan en önemli gerçek, bu iki olay dizisi arasında hiçbir bağlantının olmamasıydı. Bunlar sadece iki bağımsız çalışma alanıydı.

1800'de yeni bir yüzyıla geçiş noktasına uygun bir şekilde, önemli bir gelişme meydana geldi. Volt'a adını veren İtalyan fizikçi Alessandro Volta (1745-1827), onun voltaik yığın dediği, bizimse batarya adını verdiğimiz şeyin ilk prototipini üretti. Bilim insanları ilk defa, günümüzde elektrik akımı dediğimiz, hareketli elektrik yükleri üretebilen bir cihaza erişebildiler. Bu, elektriksel ve manyetik olay çalışmalarında yeni bir sayfa açtı.

Yeni yolun ilk adımı, 21 Nisan 1820'de, genç Danimarkalı profesör Hans Christian Oersted (1777-1851) Kopenhag'da ders verirken atıldı. Kürsüsündeki nesneler arasında bir pil ve bir pusula vardı. Pili her bağladığında elektrik akımı telin içinden akacak şekilde pusula iğnesinin hareket ettiğini fark etti. Oersted'in o gün keşfettiği şey, elektrik ve manyetizma arasında, hareket eden elektrik yüklerinin (elektrik akımı) manyetik etkiler üretebileceği gerçeğiydi. Günümüzün diliyle, manyetik alan ürettiklerini söyleyebiliriz. Dolayısıyla, bu manyetik alanlar, pusula iğnesini hareket ettiren şeydir.

Bu keşifle Oersted, elektrik ve manyetik olayları arasındaki engeli yıktı. Faraday'ın aşağıda açıklanan çalışmasıyla birlikte, görünüşte çok farklı olan bu iki alanın aslında aynı maddiyonun iki yüzü olduğunu tespit etti. Ek olarak -burada ayrıntılara girecek yerimiz olmasa da- keşif, elektromıknatis ve elektrik motoru gibi her ikisi de modern toplumun her köşesinde karşılaştığımız önemli teknolojik yeniliklere yol açtı. Bu, yalnızca bilgi edinme amacıyla yürütülen araştırmalar ile toplum için önemli ekonomik faydalar arasında ilk kez net bir bağlantı kurulması açısından önemlidir.

Michael Faraday (1791–1867), mütevazı başlangıçlardan, Kraliçe Victoria'nın sarayında sık sık misafir olan Viktorya dönemi İngiltere'sinin en önde gelen bilim insanı olma yolunda yükselen bir bilim insanıydı. Bir demircinin oğluydu ve Dalton gibi, dini bir muhalif olduğu için İngiliz eğitim sisteminden dışlanmıştı. On dört yaşında bir ciltçiye çıraklık yaptı ve ciltlerken kitap okuyarak kendi kendine fen öğrendi. Önde gelen kimyager Humphrey Davy'nin halka açık konferanslarına katıldı, notlar aldı ve notlatını deriyle ciltlenmiş olarak Davy'ye sundu. Bu, sonunda Davy'nin Faraday'ı işe almasına ve bilim dünyasını bu parlak genç adama açmasına sebep oldu.

Faraday, bilime o kadar çok katkı yaptı ki, anlatmaya nereden başlanacağını kestirmek zor. Bir spor benzetmesini mazur görürseniz, o sadece “Onur Listesi”nde değil, “Tüm Zamanların Tüm Yıldızları” arasındaydı. Amaçlarımız doğrultusunda bu başarılarından biri olan elektromanyetik indüksiyon üzerinde yoğunlaşacağız.

İşte bu olayı açıklamak için basit bir örnek: Bir masanın üzerine yerleştirilmiş bir tel halkası olduğunu hayal edin. Pil yok, prize takılı fiş yok, sadece bir tel halkası var. Şimdi elimde bir mıknatıs olduğunu ve onu halkaya doğru hareket ettirdiğimi hayal edin. Faraday'ın keşfettiği şey, halka bölgesindeki manyetik alan değiştiği sürece, pillerin veya diğer güç kaynaklarının yokluğunda bile telde bir elektrik akımı akmasıydı. Kısacası değişen manyetik alanın bir elektrik akımı *endüklediğini* söylüyoruz.

Endüksiyonun keşfinden çıkan en önemli cihaz, modern uygarlıkların kullandığı elektrik gücünün neredeyse tamamını üreten elektrik jeneratörüydü. Jeneratörü görselleştirmek için, bir tel halkası ve bir mıknatıs örneğimize geri dönelim. Ancak bu sefer halka, içinden geçen düz bir çubuk tarafından tutulsun ve mıknatıs boşlukta sabitlensin. Çubuğu tutup döndürürseniz, halka dönecektir. Bu, *halka üzerinde duran biri*

tarafından görülen manyetik alanın, halka döndüğü sürece değişmeye devam edeceği anlamına gelir. Bu nedenle, çubuğu çevirmeye devam ettiğiniz sürece, halkada önce bir yönde, sonra diğer yönde bir elektrik akımı akacaktır. Bu, elektrik jeneratörünün çalışma kuralıdır.

Bir hikâye anlatmadan Faraday konusunu geçemem. İngiliz başbakanlarından biri -muhtemelen Palmerston- Faraday'ın laboratuvarını gezerken kendisine jeneratörün bir prototipi gösterilince aralarında şöyle bir konuşma geçer:

“Bunların hepsi çok ilginç Bay Faraday, ama ne işe yarıyorlar?”

“Bay Başbakan, bir gün onu vergilendirebileceksiniz!”

Maxwell Denklemleri

On dokuzuncu yüzyılın “elektrikçileri” çalışmalarını bitirdiğinde, elimizde elektrik ve manyetizmayı yöneten dört temel yasa vardı:

1. Coulomb yasası.
2. İzole manyetik kutup yoktur.
3. Elektrik akımları manyetik alanlar oluşturur.
4. Manyetik alanların değişmesi elektrik akımları üretir.

Uygun matematiksel formdaki bu dört ifade Maxwell Denklemleri olarak adlandırılır ve elektrik ve manyetizmada Newton Yasalarının hareket biliminde oynadığı rolü oynarlar. Atomlardaki elektronların etkileşimlerinden galaksilerin manyetik alanlarına kadar elektrik ve manyetizmayı içeren her olay, bu yasalara tabidir. Klasik fiziğin (yani yirminci yüzyıldan önce gelişen fiziğin) önemli bir ayağını oluştururlar.

Denklemlerin neden onları keşfetmekle hiçbir ilgisi olmayan bir adamın adını aldığını merak ediyordunuz. James Clerk Maxwell (1831–79), bilimin birçok alanına katkıda bu-

lunan İskoç bir fizikçiydi. Denklemler söz konusu olduğunda, sistemi tamamlayan üçüncü denkleme küçük bir terim ekledi. (Bu gerçekten sadece uzmanların ilgisini çekiyor.) İkincisi, zamanının önde gelen matematiği (o günlerde kısmi diferansiyel denklemlerdi) konusunda çok bilgiliydi ve bu beceri, bu özel denklemlerin tutarlı, kendi kendine yeten bir bütün oluşturduğunu görmesine ve aynı zamanda önemli tahminler üretmek için denklemleri kullanabilmesine imkân tanıdı.

Maxwell denklemleri sıraya koyduktan sonra şaşırtıcı bir öngörülerini olduğunu gösterdi. Maxwell'in hesaplamalarına göre, doğada; enerjiyi, elektrik ve manyetik alanlar arasında ileri geri fırlatarak uzay boşluğunda hareket edebilen dalgalar vardı. Dahası, bu dalgaların hızı, saniyede 300.000 km, yani ışık hızına eşit olmalıydı. Aslında, Maxwell bu yeni "elektromanyetik" dalgaların bir örneği olarak kırmızıdan morâ kadar görünür ışıkları çabucak tanımladı. Sorun, teorisi bu yeni dalgaların herhangi bir dalga boyuna sahip olabileceğini öngörürken, görünür ışığın yaklaşık 4.000 atomdan (mavi ışık için) 8.000 atoma kadar (kırmızı ışık için) dalga boyuna sahip olmasıydı. Aslında, Maxwell'in öngördüğü dalgaların geri kalanı, -radyo dalgalarından X ışınlarına kadar- hızla keşfedildi. Bu sözde elektromanyetik spektrumun varlığı, Maxwell denklemlerinin geçerliliğinin bir ispatıydı. Ama aynı zamanda bize muazzam faydalı bir fonksiyon yelpazesi sağladı. Örneğin, bir cep telefonunu veya mikrodalgada fırını her kullandığınızda, spektrumun çeşitli kısımlarını kullanmış olursunuz.

Amerika'nın Elektrifikasyonu

Elektrik jeneratörü ile ilgili nokta, tel bobinini manyetik bir alanda döndürmek için bir enerji kaynağı bulabildiğiniz sürece, elektrik akımı üretebilmenizdir. Bu akım daha sonra teller üzerinden uzak yerlere gönderilebilir. Bunun keşfiyle tarihte ilk kez insanlar enerjilerini bir yerde üretip başka bir yerde kullanabildiler. Bu,

geçen yüzyıla damgasını vuran kentsel alanların hızlı büyümesi için önemli bir ön koşuldur. Günümüzde, bobini döndürmek için gereken enerji bir barajdan akan sudan gelebilir, ancak daha büyük olasılıkla bir kömür veya gaz kazanı veya bir nükleer reaktör tarafından üretilen bir buhar jetinden gelecektir.

Yeni teknolojinin ilk ticari gösterimi, Michigan Bulvarı'nı aydınlatmak için bir dizi karbon ark lambasının kullanıldığı 25 Nisan 1878'de Chicago'da gerçekleşti. Gösteri başarılı oldu, ancak ikinci gece tüm sistem havaya uçtu ve aylarca eski hâline getirilemedi.

Bu uğursuz başlangıca rağmen, elektrifikasyon hızla popülerleşti. Başlangıçta oteller ve mağazalar gibi büyük özel kurumlar, mevcut gaz lambalarını elektrik lambalarıyla değiştirerek kendi jeneratörlerini kurdular. 1879'da, ilk merkezi üretim istasyonu San Francisco'da inşa edildi ve kısa süre sonra diğer şehirler de onu takip etti. İlk başta sınırlayıcı faktör, bakır telin akımı jeneratörden kullanıcıya taşıma maliyetiydi. Örneğin bir noktada, akımı jeneratörden 16 bloktan fazla iletmek ekonomik değildi. Teknoloji ilerledikçe ve eski moda önemsiz mühendislik sistemi geliştirildikçe, bu engeller aşıldı ve her yerde bulunan bir şebekeye bağlı mevcut devasa merkezi enerji santrallerimiz şekillenmeye başladı. 1936'da Kırsal Elektrifikasyon İdaresi'nin kurulmasıyla, Amerika Birleşik Devletleri kıta çapında bir elektrik şebekesi oluşturan ilk ülke oldu.

Hikâyenin konusu şudur: Faraday veya Maxwell'e çalışmalarının daha iyi sokak aydınlatmasına mı yoksa elektrikli diş fırçasına mı yol açacağını sormuş olsaydınız, neyden bahsettiğiniz hakkında hiçbir fikirleri olmazdı. İlgilendikleri şey doğanın temel yasalarını keşfetmek, yani bugün temel araştırma dediğimiz şeyi yapmaktı. Yine de, çalışmalarından sonraki birkaç on yıl içinde, gezegene elektrik hatlarını döşemenin karmaşık süreci epey ilerlemişti. Bu tür şeyler, genellikle temel araştırmaları kimsenin önceden tahmin edemeyeceği yerlere götürür.

Bundan öğrencilerime bahsettiğimde, genellikle şaka olarak

“Trefil Yasası” diye adlandırdığım bir kavramı öne sürüyorum. Şöyle ki:

“Ne zaman biri, evrenin nasıl çalıştığına dair bir şey keşfetse, çok geçmeden bir başkası gelip bu keşiften nasıl para kazanılacağını bulacaktır.”

Özet

On dokuzuncu yüzyılda bilim ve teknolojinin etkisini ölçmenin bir yolu 1800'deki bir kişinin hayatını 1900'deki benzer bir yaşamla karşılaştırmaktır. Farklılıklar şaşırtıcıdır.

- 1800 yılında, bir yerden başka bir yere seyahat etmek istiyorsanız, eski Mısırlılar için mevcut olanla aynı tür ulaşım, insan veya hayvan kas gücünü kullanırdınız. 1900 yılında, pek çok kişinin ilham verici müdahalesi sayesinde, kömürde depolanan Güneş enerjisini kullanan bir tren binerdiniz.
- 1800 yılında, okyanus öte yanındaki bir arkadaşınızla iletişim kurmak istiyorsanız, hedefine ulaşması aylar sürebilecek bir mektup yazardınız. 1900'de telgrafın icadı ve transatlantik kablounun döşenmesi iletişim süresini dakikalara indirdi.
- 1800 yılında, geceleri ışık istiyorsanız mum yakardınız ya da gaz lambası kullanırdınız. 1900'e gelindiğinde, muhtemelen bir düğmeye basar ve elektrikle çalışan akkor bir ampulü açardınız.

Devam edebilirim ama bence konu yeterince açık. On dokuzuncu yüzyıl boyunca bilim ve teknoloji, insanların yaşam koşullarında muazzam değişiklikler üretmek için birçok farklı yolla etkileşime girdi. Buhar motoru, Bölüm 1'de gördüğümüz gibi, James Watt tarafından gerçekleştirilen mühendislik çalışmasının ürünüydü. Bu durumda, temel bilim (termodi-

namik adı verilen bir fizik dalı), -en azından kısmen motorun pratik önemi nedeniyle- daha sonra geliştirildi. Öte yandan elektrik jeneratörü, Faraday'ın elektriğin ve manyetizmanın temel özelliklerine yönelik araştırmalarından doğdu, bu durumda temel bilim teknolojiye öncülük etti.

Telgrafın hikâyesi, bilim ve teknolojinin tuhaf bir karışımıdır. İşleyişi, yukarıda gördüğümüz gibi, Oersted'in elektrik ve manyetizmanın temel özellikleri üzerine yaptığı çalışmalardan kaynaklanan elektromıknatısların kullanımına bağlıdır. İlk çalışan telgraflar -İngiltere'de 1836'da ve Amerika'da 1838'de- bu cihazlardaki mühendislik iyileştirmelerine dayanıyordu. Sonuç olarak, bu telgrafların temel bilim ve teknolojinin bir kombinasyonundan kaynaklandığını ve teknolojinin biraz ön plana çıktığını düşünebiliriz.

Transatlantik telgraf kablosu ise biraz farklı bir hikâyedir. Bu kablolardan ilki 1866'da başarıyla döşenerek İrlanda'dan Newfoundland'a kadar uzanmıştır. Kablonun çalışması, koaksiyel kablo teorisini çözmek için yeni keşfedilen elektromanyetizma yasalarını kullanan ve sonunda uzun mesafelerde telgraf sinyallerinin ne kadar zayıf olabileceğini gösteren İngiliz fizikçi William Thomson'ın (daha sonra Lord Kelvin) (1824-1907) çalışmalarına bağlıydı. Bu noktada, temel bilimin teknolojiye öncülük ettiği anlaşıyordu.

Telgraf gibi icatlar, insanların hayatlarını tuhaf ve beklenmedik şekillerde etkileyebilir. Bunu bir örnekle açıklayayım. Telgraftan önce, Boston'daki insanların (örneğin) New York veya Philadelphia'da havanın nasıl olduğunu gerçek zamanlı olarak bilmesinin bir yolu yoktu. Bir hava cephesi veya geniş çaplı bir fırtına gibi kavramlar hayal bile edilemezdi. Ancak bir kişi birçok yerden telgrafla veri toplayabildiğinde, hava durumu modellerini coğrafi bir olay olarak görmek ve tahminler yapmaya başlamak mümkün hâle geldi. O hâlde telgrafi modern hava durumu uydularına ve hatta belki de "Hava Durumu Kanalı"na bir tür öncü olarak düşünebilirsiniz.

YAŞAM BİLİMİ

Canlı sistemlerini incelemeye adanmış bir bilim dalı olan biyolojinin, gelişmekte olan fizik bilimlerinin gerisinde kalması tesadüf değildir. İşin gerçeği şu ki, canlı sistemler cansız sistemlere göre çok daha karmaşıktır. Örneğin tek bir amipin tüm galaksiden daha karmaşık olduğu ve milyarlarca birbirine bağlı nörondan oluşan insan beyninin evrendeki en karmaşık sistem olduğu öne sürülebilir. Öyleyse, yaşam biliminin daha yavaş gelişmesine şaşmamalı. Bununla birlikte, fizik bilimleri gibi, biyoloji de Newton sonrası dünyada büyük bir dönüşüm geçirdi. Temelde, canlıları tanımlamaya ve kataloglamaya adanmış bir bilim olmaktan, canlı sistemlerin temel birimi olarak hücrelerin işleyişiyle ilgili bir bilim hâline geldi. Buna “hücresel döngü” olarak adlandırdığım bu düşünüşüm, bölümün devamında göreceğimiz gibi, bugünün biyolojisindeki moleküllerin etkileşimlerine yapılan vurgunun habercisiydi. Isaac Newton’un çalışmasını çevreleyen olayların aksine, dikkatin hücrelere kayması aşamalıydı ve geçişi tek bir kişi yönetmiyordu. Bunun devamında, bu yeni düşünme biçimini

örnekleyen bilim insanlarını seçeceğim ve son ürünün, onlardan bahsedecek kadar yerimizin olmadığı birçok bilim insanının işi olduğunu aklınızda tutmanızı isteyeceğim.

Önceki bölümlerde yaptığımız gibi, sürece dâhil olan, aşağıda listelenmiş birkaç bilim insanının hayatına bakarak hücresel dönüşümü izleyeceğiz.

Carl Linnaeus (İsveç — 1707–78)

Gregor Mendel (Avusturya — 1822–84)

Louis Pasteur (Fransa — 1822–95)

Theodor Schwann (Almanya — 1819–82) ve
Matthais Schleiden (Almanya — 1809–81)

Bu listeye şunu da ekleyeceğiz:

Charles Darwin (İngiltere — 1809–82)

Darwin'i ayrı tutmamın bir nedeni var. Muhtemelen şimdiye kadar yaşamış en büyük biyolog olsa da, hücresel döngünün bir parçası değildi. Canlı sistemlerin nasıl çalıştığını düşünmek yerine farklı bir soru sordu. Canlıların nasıl oldukları gibi olduklarını anlamak istedi ve bu, yaşam bilimlerine yepyeni bir düşünce tarzı getirdi.

Carl Linnaeus

Kayıtlı tarihin büyük kısmı boyunca, biyologlar için tek bir amaç vardı: Gezegenimizdeki tüm canlıları tanımlamak ve sınıflandırmak. Şu anda oturduğunuz yerin birkaç yüz metre yakınında en az yüzlerce ve muhtemelen binlerce farklı bitki ve hayvan türünün bulunduğunu görebileceğinizi düşününce bu, gerçekten göz korkutucu bir görevdir. Bugün dünyadaki toplam tür sayısına ilişkin en iyi tahminler sekiz milyon civarındadır ve bu, bilgisayarların yardımı olmadan sınıflandırmak için göz korkutucu bir tür çeşitliliğidir. Carl

Linnaeus, biyolojinin “tanımlama ve sınıflandırma” aşaması diyebileceğimiz şeyin doruk noktasını temsil ediyor.

İsveç kırsalında doğdu, eğitim gördü ve akademik kariyerinin çoğunu hem tıp hem de botanik okuduğu ve sonunda rektör olduğu Uppsala Üniversitesi’nde geçirdi. Modern modifikasyonlarla günümüzde hâlâ yaygın olarak kullanılan ve canlı sistemlerin muazzam çeşitliliğini organize etmek üzere ortaya koyduğu yöntemle hatırlanıyor.

Bir dahaki sefere bir hayvanat bahçesine veya müzeye gittiğinizde, hayvanları tanıtan afişlere dikkat edin. Kendi dilinizdeki başlığın altında Latince iki kelime daha olduğunu fark edeceksiniz. Örneğin kutup ayısı için *Ursus maritimus*. Bu sözde “iki terimli isimlendirme” Linnaeus tarafından sınıflandırma şemasının bir parçası olarak tanıtıldı. Şema, benzer özelliklere sahip bitki veya hayvanların bir arada gruplandırıldığı ve farklı organizmaların ayrıldığı bir ayıklama sürecine dayanmaktadır. Mesela bir sincabın meşe ağacından çok yılanla benzediğini ve ardından bir sincabın bir yilandan çok bir tavşana benzediğini ve bu şekilde devam ettiğini belirterek bir sincabı sınıflandırmaya başlanabilir. Sistemin modern biçiminde nasıl çalıştığına bir örnek olarak, Linnaeus’un insanları sınıflandırmaya nasıl başlayabileceğini görelim.

Başlangıçta, insanları krallık olarak bilinen büyük bir sınıfa yerleştirmek isterdi. Linnaeus iki âlem biliyordu: bitkiler ve hayvanlar. Fakat günümüzde genellikle üç tane daha ekliyoruz: mantar ve iki adet tek hücreli organizma âlemi. Yiyeceklerini yiyen insanlar açıkça hayvanlar âleminde. Meşe ağacından çok yılan gibiyiz.

Hayvanlar arasında, sırtından aşağı doğru inen, genellikle kemikle kaplı bir sinir kordonu olan bir grup vardır. İnsanların bir omurgası var, bu yüzden omurgalıların da dâhil olduğu “filum” dediğimiz gruptayız. Istakozlardan çok yılan gibiyiz. Omurgalılar arasında sıcakkanlı, canlı doğum yapan ve

yavrusunu emziren bir grup vardır. Yani insanlar memeliler “sınıfindandır”. Yılanlardan çok tavşan gibiyiz. Memeliler arasında kavrayabilen parmakları ve ayak parmakları ile bino-küler görüşü olan bir grup vardır. İnsanlar açıkça primatların “düzenindedir”.

Sınıflandırmanın bu noktasında, insanlarla ilgili alışılmadık bir şeyle karşılaşyoruz. Çoğu hayvanın çok sayıda yakın akrabası vardır. Bizim de var ama hepsinin soyu tükeniyor. Kayıtlara geçmesi için, soyu tükenmiş 20 küsur “insan” türü olduğunu biliyoruz.

Sınıflandırmamıza devam edersek, primatlar arasında dik yürüyen ve büyük beyinleri olan bir grup olduğunu belirtiyoruz. İnsanlar, hominidlerin “familyasına” aittir. Bu yaklaşıma göre maymunlardan ziyade Neandertal insana benzeriz. Bu noktadan sonra, ayırım kriterleri çok ayrıntılı hâle gelir ve diş şekli, sinüs boşlukları gibi şeyler dikkatin odağı olmaya başlar. Ancak hominidler arasında insanlar *Homo* cinsine aittir. Son olarak, bizi ve başka hiç kimseyi karakterize etmeyen spesifik türümüze, *sapiens* türüne ulaşıyoruz. Bu nedenle, insanlar için iki terimli sınıflandırma *Homo sapiens*’tir (Bilge İnsan).

İnsanların Linnaean sınıflandırmasını özetlemek gerekirse:

Âlem	—	Hayvan
Filum	—	Kordata (çoğu kordata aynı zamanda omurgalıdır)
Sınıf	—	Memeli
Düzen	—	Primat
Familya	—	Hominid
Cins	—	Homo
Tür	—	Sapiens

Prensip olarak, kurbağalardan kelebeklere kadar gezegenimizdeki 8 milyon türden herhangi biri için aynı türde bir sü-

reçten geçebiliriz. Sonuç olarak her biri kendine has sınıflandırmasına girer. Böyle bir sonuç, gerçekten de biyolojinin “tanımla ve sınıflandır” aşamasının doruk noktasını temsil eder.

Bunu söyledikten sonra, Linnaeus’un yaptığı gibi organizmaları sınıflandırmanın kutsal veya kaçınılmaz olmadığını belirtmeliyim. Aslında, Bölüm 10’da, on dokuzuncu yüzyıldaki “hücresel döngünün” nihai sonucunun, biyologların hücrelerin işlevini yöneten moleküler süreçlere dikkat etmeye başladıkları yirminci yüzyıldaki “moleküler döngü” olduğunu göreceğiz. Bu durumda, birçok bilim insanı, Linnaeus’un kullandığı brüt yapıya dayanan şemadan daha faydalı olan moleküler yapılara dayalı bir sınıflandırma şeması buldu. Sınıflandırmada önemli olan yararlılıktır ve canlı sistemleri organize etmenin birçok olası yolu vardır.

Gregor Mendel

Bilim insanı tek başına çalışan yalnız bir dahidir klişesi, gelişimimizin bu noktasında, bilimin gerçekte nasıl ilerlediğinin kötü bir açıklaması olarak görülmelidir. Düşündüğümüz her bilim insanının, çalışmalarını tartışabileceği meslektaşları ve çalışmalarının dayandırılabilmesi öncülleri vardı. Ancak Gregor Mendel, yalnız deha klişesine kimin uyduğunu tartışacağımız tek bilim insanıdır.

Mendel, günümüzün Çek Cumhuriyeti’nde doğdu ve Viyana’da bir süre okuduktan sonra, fizik öğretmeni olarak Brno’daki St. Thomas Manastırı’na katıldı. 1867’de manastırın başrahibi oldu. 1856 ile 1863 arasında, bilim insanlarının canlı sistemler hakkında düşünme şeklini eninde sonunda değiştirecek bir dizi deney yaptı.

Brno’daki manastırın etrafındaki bölge; tepeler, meyve bahçeleri ve üzüm bağları ile tarımsal uğraşların hâkimiyetindeydi. Bu nedenle, Mendel’in bilimsel çalışmasının nesnesi olarak kalıtım (miras) sorununu -ebeveynlerin belirli özelliklerinin çocuklara

nasıl aktarıldığı sorusunu- alması şaşırtıcı değildir. Elbette, binlerce yıllık bitki ve hayvan yetiştiriciliğinin bir sonucu olarak bu konuda geniş bir pratik bilgi birikimi vardı. Mendel, bu soruyu araştırırken model olarak standart bahçe bezelyesini seçti.

Bir açıklama: Mendel, bezelyenin genetiğini incelemekle pek ilgilenmiyordu. Onu seçti çünkü Orta Avrupa ikliminde bir bahçıvan tek bir mevsimde ancak üç bezelye alabilirdi. Bu, bezelyelerin biyologların “model” dedikleri şey için ideal bir bitki olduğu anlamına gelir. Buradaki düşünce; sadece birkaç yıl içinde çok sayıda neslini inceleyebileceğiniz bezelyelerin kalıtım kuralları hakkında bir şeyler anlayabilirsiniz, tek bir neslini incelemenizin bile on yıl ya da daha fazla süreceği elma ağaçlarının kalıtım kuralları hakkında da oldukça iyi bir fikrinizin olacağı kabulünden harekete geçer.

Klasik bir Mendel deneyi şu şekildedir: “Gerçek cins” bitkiler, yani yavruların ebeveynlerle aynı özelliklere sahip olduğu bitkiler elde ederek başlanır. Örneğin, gerçek cins bezelye bitkisinin ebeveynleri uzunsa, yavruları da uzun olacaktır. Mendel, polenleri uzun bitkilerden alır ve kısa olanları döller, sonra yavruların nasıl ortaya çıktığını görmek için beklerdi.

Mendel, kalıtımda tekrarlanabilir kalıplar olduğunu çabucak keşfetti. Örneğin yukarıda açıklanan deneyde, ilk çaprazlamanın tüm yavruları uzun olacaktır. Bununla birlikte, bu yavrularda aynı tür çapraz dölleme yaparsak, ikinci nesil bitkilerin yalnızca 3/4’ü uzun olacak ve kalan 1/4’ü kısa olacaktır. Diğer deneylerden de benzer sonuçlar gelecektir.

Mendel, “gen” olarak adlandırdığı “kalıtım birimi” varsa ve her çocuk her ebeveyninden böyle bir birim alırsa verilerinin anlaşılır olabileceğini düşündü. Her iki ebeveyn de aynı talimatı veren bir gene katkıda bulunduyorsa -örneğin, “boyu uzamak”- sorun olmazdı. Genlerden gelen talimatlar çelişkili olsaydı -örneğin, bir ebeveyninden “uza” ve diğerinden “kısa kal”- o zaman sadece genlerden biri “kazanırdı”. İşte bu gene

“baskın” denir. Örneğin yukarıda verilen örnekte, her biri bir ebeveynden kısalık için bir gen almış olmasına rağmen, tüm ilk nesil bitkiler uzun olduğundan, uzun boylu gen baskındır. Kısa gene ise “çekinik” denir. Bu iki kavram beraberdır, ancak ikincisi biyologların dilinde “ifade edilmez”. Böylece, her ilk nesil bitki, hem “uzun” hem de “kısa” bir gen taşır. Bunu (Uk) olarak ifade edebiliriz. İlk nesil bitkileri geçerse, ikinci nesildeki olası gen kombinasyonları şöyle olacaktır:

(UU)

(Uk)

(kU)

(kk)

Bu dört olası gen kombinasyonundan ilk üçü uzun boylu bitkiler üretecek ve yalnızca sonuncusu kısa bir tane oluşturmaktadır. Bu nedenle, kalıtımın yukarıda verilen kurallara uyan genler tarafından yönetildiği varsayımı, ikinci nesil bitkilerin $\frac{3}{4}$ ’ünün uzun olduğu deneysel gözlemini açıklamaktadır. Mendel’in geri kalan sonuçları için de benzer bir açıklama yapılabilir.

Mendel, sonuçlarını Brno Doğa Tarihi Topluluğu’na sundu, hatta onları topluluğun dergisinde yayımladı. Bunu bilim tarihindeki en garip olay dizilerinden biri takip etti. Mendel hayatının geri kalanını manastırı yönetmeye adarken, dergiler neredeyse yarım yüzyıl Avrupa kütüphanelerinde okunmamış hâlde kaldı. On dokuzuncu yüzyılın sonlarında, kalıtımı araştıran iki bilim insanı -Hollandalı genetikçi Hugo de Vries ve Alman botanikçi Carl Correns – Mendel’in orijinal sonuçlarından bazılarını bağımsız olarak kopyalamakla kalmadı, aynı zamanda makalelerini buldu ve bilim camiasının dikkatini onlara çekti. Büyük ölçüde bu adamların kişisel bütünlüğü nedeniyle, Mendel’in canlı sistemlerin işleyişi hakkındaki bilgimizde oynadığı rolü anlıyoruz.

Mendel genetiği hakkında bir nokta daha belirtecek olursak; Mendel için gen entelektüel bir yapıydı. Yani bulgularını açıklamaya yardımcı olan bir şeydi. Bizim için ise, Bölüm 10’da göreceğimiz gibi, başka bir şey. Bugün geni gerçek bir fiziksel nesne, yani bir DNA molekülü boyunca uzanan bir atom dizisi olarak görüyoruz. Soyut fikirten somut nesneye geçiş, bir anlamda yirminci yüzyıl biyolojisinin öyküsüdür.

Hücreesel döngü

Yukarıda söylediğimiz gibi, dikkatin organizmalardan hücrelere doğru kayması, birkaç yüzyıl boyunca birçok farklı bilim insanının dahil olduğu aşamalı bir durumdu. Hücreler ilk kez, Isaac Newton’un çağdaşı olan İngiliz bilim insanı Robert Hooke (1635-1703) tarafından, 1665’te ilkel bir mikroskop kullanarak mantar dilimlerini incelediği sırada tanımlandı. Mantarların, kendisine keşişlerin manastırlarda kaldıkları hücrelere benzeyen küçük bölmelere ayrıldığını gördü ki, onlara bugünkü adlarını veren de bu benzetmedir. Mikroskop altında ilk canlı hücreler, 1674 yılında Hollandalı bilim insanı Anthony van Leeuwenhoek (1632–1723), bir damla su içinde hareket eden “hayvanları” gördüğünde gözlemlendi. Fransız hekim ve fizyolog Henri Dutrochet (1776–1842) genellikle hücrenin tüm canlı sistemlerde temel unsur olduğuna işaret etmesiyle anılır.

Hücreesel döngünün başlangıcına sembolik bir tarih atayacak olursak, bu 1837’de Matthias Schleiden ve Theodor Schwann’ın bir araya geldikleri bir akşam yemeği olurdu. Schleiden avukatlık eğitimi almıştı, ancak botaniğe olan ilgisi ona kısa sürede Jena Üniversitesi’nde profesörlük kazandırdı. Schwann tıp eğitimi almış, ancak Berlin’deki bir müzede asistan olarak araştırma kariyerine başlamıştı. Her ikisi de hücreler (Schleiden bitki hücreleri, Schwann ise hayvan hücreleri) üzerinde kapsamlı mikroskobik çalışmalar yapmıştı. Akşam

yemeği sohbetlerinde ikisi arasında önemli benzerlikler olduğunu fark ettiler. Bu farkındalık, kısa sürede “Tüm canlılar, çoğaltılan hücrelerden ve hücre ürünlerinden oluşur.” şeklinde bir ilan ile sonuçlandı. Daha sonrasında Rudolph Virchow’un (1821–1902), tüm hücrelerin önceden var olan hücrelerin bölünmesiyle üretildiği, ifadesinin de eklenmesiyle, hücre teorisinin temelleri oluştu.

Bu gelişmenin önemini abartmak zordur. Tarihte ilk kez bilim insanları, gizemli “yaşam gücü” ifadesi yerine, yaşayan sistemlere bilinen fiziksel ve kimyasal yasaların tezahürleri olarak bakıyorlardı. Louis Pasteur’un deneyleri, yaşamın önceden var olan yaşamdan doğduğunu kesin olarak belirlediğinde, biyolojiye diğer bilim dalları gibi davranmanın temeli atıldı. Bölüm 10’da göreceğimiz gibi, bu fikir ile yaşamın moleküler temeline ilişkin mevcut bilğimiz arasında doğrudan bir bağlantı vardır.

Louis Pasteur

Hiçbir bilim insanı hücresel döngüyü Louis Pasteur’dan daha iyi kişileştiremez. Bu, gelecek nesillerin birçok yönden onurlandırdığı kesin bir gerçektir. Dünyanın her yerinde sokaklar, binalar ve araştırma enstitülerine onun adı verilmiştir. Bu listenin başında, *Star Trek: The Next Generation the Starship U.S.S.*’in son bölümünde Pasteur’un önemli bir rol oynadığını not ediyoruz. Peki ama, bu adam bu tür bir takdiri hak edecek ne yaptı?

Louis Pasteur, Güneydoğu Fransa’da işçi sınıfı bir ailenin çocuğu olarak dünyaya geldi, ancak yetenekleri hızla fark edildi ve Fransız sisteminin sunabileceği en iyi eğitimi aldı. Kısa bir süre kristalleri inceledikten sonra dikkatini şu anda hastalık mikrobu teorisi olarak adlandırılan şeye çevirdi. Muhtemelen bu onun gelecek nesillere en büyük katkısıdır.

On dokuzuncu yüzyılın ortalarında, kendiliğinden üreme teorisi, yani yaşamın cansız maddeden kendiliğinden ortaya çıkabileceği fikri hâlâ oldukça yaygındı. Fikri çürütmek için tasarlanmış deneylerin geçmişi, 1668'e kadar uzanır. O yıl Francesco Redi, sineklerin çürüyen etlerden uzak tutulması hâlinde (örneğin eti gazlı bezin altına veya şişeye koyarak) kurtçukların ortaya çıkmayacağını gösterdi. Bu, kurtçukların kendiliğinden oluşmadığını, sineklerin yumurtladığı yumurtalardan geldiğini gösterdi. Kendiliğinden oluşum teorisine karşı kanıtlar eksikti ve 1859'da nihai ve kapsamlı kanıt sağlamak Pasteur'e kaldı. İyice kaynatılmış et suyunu toz girişini önlemek için ya filtreli ya da uzun kıvrımlı boyunlu şişelere koydu. İzole edilmiş et sularında hiçbir şeyin yetişmediğini, havaya maruz kalan et suyunun ise hızla kirlendiğini keşfetti.

Pasteur, et suyunun kontaminasyonunun muhtemelen mikroskobik toz parçacıkları üzerinde ilerleyen organizmalardan kaynaklandığı sonucuna vardı. Başka bir deyişle, kontaminasyonu oluşturan et suyu değildi, (günümüzün diliyle ifade edersek) dışarıdan gelen mikrolardı. Ve eğer bu et suyu için doğruysa, insanlarda enfeksiyonlar ve bulaşıcı hastalıklar için de doğru olacağını anlamak için fazla çabaya ihtiyaç yoktu. Bu, özünde, hastalık mikrobu teorisinin ta kendisidir. Pasteur teoriyi öneren ilk kişi olmasa da, onu desteklemek için sağlam deneysel kanıta sahip olan ilk bilim insanıydı.

Çalışmalarının toplumsal etkisi ani ve muazzam oldu. 1862'de meslektaşı Claude Bernard (1813–78) ile birlikte, süt ısıtıldığında sütteki mikropların yok edilebileceğini gösterdi. Pastörizasyon olarak bilinen bu işlem artık evrensel olarak süt ürünlerinin tüketilmesini güvenli hâle getirmek için kullanılmaktadır. Pasteur ayrıca mikropların insan vücuduna girmesine izin verilmediği takdirde birçok hastalığın önlenilebileceğini öne sürdü. İngiliz cerrah Joseph Lister (1827–1912), Pasteur'ün makalelerini okuduktan sonra, ameliyatta enfeksiyonu önlemek için kimyasal antiseptikler kullanmayı

denemeye başladı. Sonuçlarını 1867’de yayımladı ve teknikleri büyük ölçüde örnek alındı. Dolayısıyla, modern tıbbın bir parçası olan steril ameliyathane kavramı, Pasteur’ün hastalık mikrobu teorisi üzerine çalışmasının bir başka sonucudur.

Pasteur yaşamının devamında bugün immünoloji olarak adlandırılan alanda çalıştı. Zayıflamış bakterilerin kazara kullanılmasıyla aşılama sürecini keşfetti. Tavuk kolerasının bulaşmasını incelediği günlerde, kendisi tatile çıkarken bir asistana bazı tavukları bir bakteri örneğiyle aşılmasını söylemişti. Asistan bunu yapamadı ve bakteri ölmeye başladı. Tavuklar bu zayıflatılmış örneklerle aşılandıklarında hastalandılar ama ölmediler. Daha sonra, tam kuvvetli bakterilerle aşılama bu tavuklarda hastalık oluşmadı. Günümüzde, ilk aşılamanın, tam ölçekli enfeksiyonlarla savaşmaya imkân veren bir bağışıklık tepkisini tetiklediğini biliyoruz.

Bu tekniğin çiçek hastalığı için işe yaradığı bilinse de, Pasteur bunu hızlı bir şekilde şarbon ve kuduza uyguladı. Doktorunuz bir dahaki sefere bağışıklık korumanızı güncel tutmak için size bir iğne yaptığında, büyük Fransız bilim insanına sessiz bir teşekkür edebilirsiniz.

O hâlde Pasteur’ün yaptığı şey, hücresel döngüyü çok ciddiye almak ve dünyayı hastalıklara ve çürümeye neden olabilecek görünmeyen organizmalarla dolu olarak görmektir. Az önce bahsettiğimiz ve günümüzde hafife aldığımız tüm faydaları bu anlayıştan kaynaklanıyordu. Açıkçası Pasteur, -kurgusal da olsa- onuruna bir uzay gemisine adının verilmesini hak ediyor.

Charles Darwin ve Evrim Teorisi

Charles Darwin, seçkin ve zengin bir ailede doğdu. Büyükbabası Erasmus Darwin, tanınmış bir hekim ve filozof, babası da bir doktordu. Genç Charles, Edinburgh’daki tıp fakültesine gönderildi ama görünüşe göre kan görünce midesi bulanı-

yordu. Babası daha sonra, bir papaz olarak kariyer yapması umuduyla, onu teoloji okuması için Cambridge Üniversitesi'ne gönderdi. Darwin, üniversitede botanikçi ve doğa bilimci John Henslow ile tanıştı ve kısa sürede doğal yaşamı incelemeye ilgi duymaya başladı.

O günlerde Büyük Britanya, dünyanın önde gelen denizcilik gücüydü ve dünyanın okyanuslarını keşfetmeye büyük ölçüde dâhildi. Henslow'a, güney yarımkürede uzun bir yolculuk yapması planlanan *Beagle* adlı bir gemide doğa bilimciliği pozisyonu teklif edildi. Teklifi kabul etmemeye karar verdi, ancak kısa süre önce mezun olan Darwin'in bu görev için mükemmel bir aday olacağını belirtti. Böylece bilim tarihinin en ilginç yolculuklarından biri başladı.

Darwin jeolojik ve biyolojik örnekler toplarken *Beagle* Güney Amerika'yı dolaştı. Uzunca bir süra farkına varılamayacak olsa da en önemli durağı, Peru'nun bin altıyüz km kadar batısındaki Galapagos Adaları idi. "Darwin ispinozları" bilim folklorunda "Newton'un elmasına", bilimde ilerlemelere yol açan görünüşte sıradan olaylar olarak katıldı.

On dokuzuncu yüzyılın başlarında, dünyadaki biyolojik formların çeşitliliğinin açıklaması, her türün mevcut hâliyle özel olarak yaratıldığı ve Dünya'nın (nispeten kısa) tarihi boyunca değişmemiş olduğu şeklindeydi. Ancak Galapagos'ta birbiriyle yakından ilişkili olan, ancak aynı olmayan ispinozları gözlemledi. Birbirine çok benzeyen düzinelerce türün var olma nedenini merak etti.

İngiltere'ye döndükten sonra yıllarını, midye ve solucan gibi organizmaları inceleyerek fikirlerini geliştirmeye ve bir doğa bilimci olarak ününü oluşturmaya harcadı. Bu dönemde, aşağıda bahsedilen doğal seçim hakkındaki fikirlerini yavaş yavaş geliştirdi. Doğal yaşam hakkında geliştirmekte olduğu yeni fikirleri açıklayan çok ciltli bir kitap yazmayı planladı. Bunun üstüne, 1858'de Henry Russell Wallace adında genç

bir doğa bilimciden günümüzde Endonezya olarak adlandırılan yerden bir mektup alması oldukça şaşırtıcı oldu. Esasında, Wallace, doğal seleksiyona ilişkin Darwin'in yıllara yayılan araştırmalarla geliştirdiği fikirlerini paylaşıyordu. Darwin hızla görüşlerini özetleyen bir mektup yazdı ve hem kendisinin hem de Wallace'ın mektuplarını Kraliyet Cemiyeti'nin bir toplantısında okuttu. Ardından fikirlerinin hızlı bir özeti olarak gördüğü şeyi yazmaya başladı. Sonuç, muhtemelen şimdiye kadar yazılmış en çok ses getiren kitaplardan biri olan *Türlerin Kökeni*'nin 1859 tarihli yayınıydı.

Darwin, iyi bilinen gerçeklerden, bitki ve hayvan yetiştiricilerinin bin yıldır ebeveynlerin dikkatli seçilmesiyle türün özelliklerini iyileştirmenin mümkün olduğunu bildiklerinden bahsederek başlıyordu. Kendisi de bir güvercin yetiştiricisi olarak, yetiştiricilerin nasıl, nispeten kısa bir süre içinde şaşırtıcı bir çeşitlilikte kuşlar ürettiğinden bahsediyordu. İnsanın bilinçli seçimle bir cinsin özelliklerini değiştirdiği bu sürece "yapay seleksiyon" adını vermişti. Bu şekilde işliyor olması, ebeveynlerin özelliklerinin çocuklara aktarıldığı bir mekanizma olması gerektiği anlamına geliyordu.

Darwin ve çağdaşlarının böyle bir mekanizmanın var olması gerektiğinin farkındayken, mekanizmanın gerçekte ne olduğu hakkında hiçbir fikirleri olmadığını bilmek gerek. Bu ironik, çünkü yukarıda belirttiğimiz gibi, Mendel'in genler üzerindeki çalışması, kütüphanelerinde zaten fark edilmeden duruyordu. Eleştirmenler bu mekanizmayı açıklamadaki başarısızlığı nedeniyle Darwin'i suçlamış olsalar da, evrim teorisinin gelişimi gerçekten kalıtım mekanizmasının nasıl çalıştığını bilmeyi gerektirmiyordu. Sadece var olduğunu bilmeniz yeterliydi.

Darwin, geçmişe bakıldığında aşıkâr olan ancak birinin ilk kez sormasını gerektiren sorulardan birini sordu: Doğada, insan müdahalesi veya kastı olmaksızın yapay seçimle aynı

türden sonuçlar üretebilecek bir mekanizma olması mümkün müydü? Başka bir deyişle “doğal seleksiyon” diyebileceğimiz bir mekanizma var mı?

Darwin’in bu soruya verdiği olumlu yanıtını, doğa hakkındaki iki basit olguya dayandırır:

1. Popülasyonlar içinde varyasyon vardır.
2. Bireyler kıt kaynaklar için rekabet etmelidir.

Belirli bir popülasyonda, yetenekler ve özellikler bir bireyden diğerine farklılık gösterir. Bugün, bunun genler ve DNA ile ilgili olduğunu biliyoruz ancak Darwin’in varsayımları için önemli olan tek şey, farklılıkların açıkça ortada olmasıydı. Bazı hayvanlar diğerlerinden daha hızlı koşabilirdi, bazıları-
nın daha fazla kürkü vardı, bazılarının daha avantajlı renkleri vardı vb. Çevreye bağlı olarak, bu özelliklerden herhangi biri, taşıyıcısının yeniden üretecek ve bu özelliği yavrularına aktaracak kadar uzun yaşamasına izin vererek rekabet avantajı sağlayabilirdi. (Modern dilde, bundan genlerin aktarılması olarak bahsedeceğimizi unutmayın.) Örneğin hızlı koşabilen bir tavşan, yırtıcı hayvanların bulunduğu bir ortamda hayatta kalma avantajına sahip olacaktı. Bu nedenle -günümüzün diliyle-, sonraki nesil tavşanlar, ilkinden daha “hızlı” genlere sahip olacaklardı. Çünkü daha hızlı olan tavşanlar üremek için yeterince uzun süre hayatta kalacaklardı. Bu süreç, bir nesilden diğerine devam edecek ve birbirini izleyen her nesil, bu genlere sahip bir öncekinden daha fazla kişiye sahip olacaktı. Özetle bu, doğal seçilimdir. Darwin’in iddiasına göre, küçük değişiklikler birikerek nihayetinde farklı türler üretti. Dolayısıyla kitabın adı da buradan geliyordu.

Türlerin Kökeni ile ilgili değinilmesi gereken birkaç nokta var. Birincisi, yukarıda belirtildiği gibi, Darwin’in argümanının çok önemli bir bileşenden -özelliklerin bir nesilden diğerine nasıl aktarıldığının anlaşılmasından- yoksun olduğudur.

Bölüm 10’da göreceğimiz gibi, Mendel genetiği ve modern moleküler biyolojinin, Darwinci evrim teorisi birleştirilerek modern bir versiyonunun üretilebilmesi için yarım yüzyıldan fazla zaman geçmesi gerekiyordu.

İkinci olarak Darwin, iddiasına insanın evrimini dâhil etmekten bilinçli olarak kaçındı. Bunun nedeni kısmen, evrimsel çerçeveye insanları dâhil etmenin onu zamanının Hristiyan dünyasına çatışmaya sokacak olması ve dindar bir Hristiyan olan karısını rahatsız etmek istememesiydi. Hatta *İnsanın Türeyişi*’ni 1871’e kadar yayımlamadı. Elbette bu, o zamandan bu yana Amerika Birleşik Devletleri’ndeki bilim insanları ve geleneksel yaklaşım arasındaki ana çekişme noktası olmuştur.

Ancak modern formuyla onun teorisi, bilim dünyasında yaşam bilimleri ve tıbbın temelinde yatmaktadır. Bu alanları kavramsal olarak birbirine bağlar ve onlara bir tür entelektüel üstyapı sağlar. Pek çok bilim insanına göre, teorisi olmadan yaşam bilimlerindeki çoğu şey anlam ifade etmez. Bilim insanları arasında teorinin belirli ayrıntıları üzerine tartışmalar olsa da, doğal seleksiyonun gezegenimizdeki yaşamın gelişimi için bir rehber sağlayıp sağlamadığına dair hiçbir tartışma yoktur.

Darwin’e Tepkiler

Kopernik’te olduğu gibi, Darwin’in ortaya attığı kavramlar uzun ve çoğu zaman sert bir tartışma yarattı. İki ana tartışma alanı sayabiliriz. Birincisi, belirli bir gündemi ilerletmek için Darwin’i yanlış yorumlayan insanların hem tarihsel hem de güncel örnekleri olması ve ikincisi, yukarıda ima edildiği gibi yaratılış inancı ile yaşanan çatışmalar. Bunlara ayrı ayrı bakalım.

Muhtemelen Darwin’in en dikkat çekici yanlış anlaşılması, yanıltıcı “Sosyal Darwinizm” adını alan teorinin yükselişiydi. Çoğu zaman İngiliz mühendis ve filozof Herbert Spencer

(1820-1903) ile özdeşleşen bu felsefenin temel fikri, Darwin'in "en uygunun hayatta kalması" fikrini (Spencer onu popülerleştirene kadar Darwin'in hiç kullanmadığı bir ifade) Viktor-ya dönemi toplumsal yapısına uygulamaktı. Sosyal Darwinizm'in (hepsi yanlış) temel önermeleri şunlardı:

1. Evrim, ilerlemeyi beraberinde getirir,
2. Toplumlara uygulanan doğal seleksiyon,
3. "Alt sosyal düzenler" evrimin önceki aşamalarını temsil eder.

Toplumun en tepesindeki "en uygunlar", bir anlamda evrim savaşını kazandıkları için oradaydılar ve Sosyal Darwinistler, bu gerçeği hükümet etkisiyle değiştirmeye çalışmanın anlamsız olduğunu savundular.

Pek çok yönden yanlış olan bir argümanı eleştirmeye nereden başlayacağınızı bilmek gerçekten zordur. En temel düzeyde, Darwin'in teorisine göre "uygunluk", genleri gelecek nesile aktarmada başarılı olmakla ilgilidir, para ya da sosyal konumla değil. Gruplar veya toplumlar için değil bireyler (veya daha doğrusu genleri) için geçerlidir. Dolayısıyla, yukarıdaki ilkelere son ikisi, Darwin'in yanlış yorumlanmasıdır.

Sözü edilen "ilerleme" kavramı hakkında konuşmak biraz daha zor ve dahası bazı modern yazılarda hâlâ onunla karşılaşılabilir. On dokuzuncu yüzyılın ortalarında doğmuş ve demiryolu, telgraf ve elektrik ışığı gibi teknolojilerin büyümesini görmüş olsaydınız, ilerlemenin kaçınılmazlığına nasıl inanabileceğinizi görmek zor olmazdı. Joseph Stalin ve Adolph Hitler gibi insanların teknolojik ilerlemelerin ille de insan refahına yol açmadığını gösterdiği yirminci yüzyılın cezalandırıcı dersleri hâlâ çok uzaktaydı. Spencer'in zamanında ise, ilerlemenin "revaçta" olduğu söylenebilir.

Doğru, ama Darwin'de de öyle miydi? Bir anlığına düşünürseniz, Darwin'in teorisinde "ilerleme"ye dair hiçbir ima olmadı-

ğını görebilirsiniz. Ona göre organizmalar, akıllarında hiçbir amaç veya son olmaksızın, sürekli değişen ortama yanıt verirdi. Önemli olan tek şey, genleri aktaracak kadar uzun süre hayatta kalmaktı. Geçmişte nesli tükenmiş bir çok “insan” türü vardı ve sadece bir tanesinin şimdiki zamana ulaşabilmesi onun iddia ettiği evrimsel oyunun yukarı doğru düz bir eğimden çok saçma bir atışa benzediğinin kanıtıdır. Neredeyse tüm türlerin fosil kayıtları incelendiğinde sonuç aynıdır. Her çıkmaz sokak, sonunda bir şeyler işe yarayana kadar tökezler.

Darwin’in modern yanlış yorumlanmaları, Sosyal Darwinizm’den daha az dikkat çekici ve daha az zararlıdır. Çoğunlukla popüler dergilerde bulunan bu analizler, onun bazı ilkelerinin naif bir yorumuyla başlar ve ondan insan davranışı için dersler çıkarmaya çalışır. Dolayısıyla evrimsel diyete, evrimsel psikolojiye ve hatta (Tanrı bize yardım etsin!) evrimsel evlilik danışmanlığına ulaşıyoruz. Bu yaklaşımların çoğu, filozofların “olan-olması gereken problemi” dediği şeyi işliyor. Problem, doğanın belirli bir şekilde davrandığını keşfetmenin, insanların da aynı şekilde davranması gerektiği anlamına gelmediği gerçeğinde yatmaktadır. Örneğin bazı erkek maymunlar kendi üreme başarılarını artırmak için diğer erkeklerin yavrularını öldürür. Söylemeye gerek yoktur ki, hiç kimse insanların da aynısını yapması gerektiğini tartışmıyor.

Darwin’in sebep olduğu din eksenli tartışmalar, büyük batı dinlerinin -Hıristiyanlık ve Yahudilik- Yaratılış Kitabı’nda *Türlerin Kökeni*’ne pek benzemeyen bir yaratılış hikâyesine sahip olduğu gerçeğiyle ilgilidir. Gelgelelim; Yahudi, Katolik ve Protestan dinlerinin ana akım ilahiyatçılarının çoğunun Darwin ile uzun zaman önce anlaşmaya vardığını belirtmek gerek. Bununla birlikte, Amerika Birleşik Devletleri’nde, tutucu bir Protestan grubu, öncelikle geleneksel yaratılışçı öğretiyi devlet okullarına tanıtmaya çalışarak çatışmayı canlı tuttu. Bu girişimler her seferinde mahkemelerde sorgulanmış ve başarıya ulaşamamıştır.

Tüm bu mahkeme davalarının temel meselesi, kısmen “Kongre, bir dinin kuruluşuna ilişkin hiçbir yasa çıkarmaz” yazan Amerika Birleşik Devletleri Anayasası’nın Birinci Islahı’dır. Mahkemeler sürekli sonuncusu 2005’te olmak üzere, İncil anlatılarını okul müfredatına sokma girişimlerinin aslında bilim adı altında Hristiyan öğretilerini tanııtma girişimi olduğuna hükmetmiştir.

Özet

Fizik için yaptığımız yorumların aynısını yaşam bilimleri için de yaparak, yani 1900’deki yaşamı 1800’deki yaşamla karşılaştırarak, biraz daha farklı bir sonuç elde ederiz. Elbette, biyolojideki ilerlemelere bağlı olarak günlük yaşamda önemli pratik değişiklikler oldu. Bunların çoğu hastalık mikrobu teorisiyle bağlantılıdır ve aşağıda özetlenmiştir. Daha da önemlisi, bilim insanlarının canlı sistemlere bakışında derin bir değişim oldu. Onları evrenin geri kalanından farklı, ayrı bir şey olarak görmek yerine, bilimsel çalışmanın meşru nesneleri hâline geldiler. Bu değişim, göreceğimiz gibi, yirmi birinci yüzyıla kadar devam etmiştir ve bugünün biyoteknoloji devriminin arkasındaki itici güç olarak düşünülebilir. Bu iki etkiye -biri pratik, diğeri entelektüel- ayrı ayrı bakalım.

Hastalık mikrobu teorisinin birkaç önemli sonucundan daha önce de bahsetmiştik: pastörizasyon, antiseptik cerrahi, aşılar. Daha da önemlisi, mikroplara karşı artan farkındalığın, insanların bugün halk sağlığı olarak adlandırılan şey hakkında düşünme şeklini etkileme biçimiydi. 1854’te İngiliz doktor John Snow (1813-58), Londra’daki bir kolera salgınının, halka açık bir kuyudaki kirli sudan kaynaklandığını keşfetti. O zamana kadar insanlar suyun berrak görünüyorsa içmeye uygun olduğunu varsaymışlardı. Hastalığa neden olabilecek görünmez organizmaların olabileceği fikri, nihayetinde modern su ve atık arıtma sistemimizin ortaya çıkmasına sebep

oldu. Bu, yıllar boyunca sayısız insanın hayatını kurtaran bir gelişmedir.

On dokuzuncu yüzyılın entelektüel dönüşümü iki bölümden oluşur. Bir tanesi hücresel döngü dediğimiz; canlıların evrendeki diğer nesnelerden farklı olmadığı ve normal kimya ve fizik teknikleriyle incelenebileceğinin anlaşılmasını içeriyordu. Charles Darwin ile ilişkilendirilen ikinci kısım, doğal seleksiyon yasalarının gezegendeki canlıların tarihsel gelişimine ilişkin bir açıklama teklif etmesiydi. Birçok yönden, bu iki dönüşümü kabul etmek daha zordu. Çünkü bu kabul bir bakıma insanın özel olduğu fikrini terk etmeyi gerektirir. Yukarıda bahsettiğimiz gibi, çoğu büyük dini düşünür, kendisini Darwin ile uzlaştıracak bir yorum geliştirmeyi tercih etti. Ancak evrim sürecinin amaçsızlığının hâlâ açıklanamamış olması birçoğumuz için endişe kaynağı olmaya devam etmektedir.

YİRMİNCİ YÜZYILDA FEN BİLİMLERİ

On dokuzuncu yüzyılın sonunda, bilimsel yöntem fiziksel dünyanın birçok yönünün incelenmesinde uygulandı. Örneğin fizikte, ayrıntılı olarak incelenen üç alan vardı: mekanik (hareket bilimi), termodinamik (ısı ve enerji bilimi), elektrik ve manyetizma. Bu üç alan, topluca “klasik fizik” olarak adlandırılır ve birlikte ele alındığında, Isaac Newton’un incelediği günlük dünyayı, yani normal hızda hareket eden normal boyutlu nesnelerin dünyasını tanımlamada mükemmel bir iş çıkarırlar.

Bölüm 7’de gördüğümüz gibi, klasik fiziğin gelişmesinin on dokuzuncu yüzyılda halkın yaşamı üzerinde çok büyük etkileri oldu ve telgraftan ticari elektriğe kadar her şeyi insanlara sundu. Aynı şekilde, yirminci yüzyıldaki bilimsel gelişmeler de; insanların yaşama, birbirleriyle iletişim kurma ve enerji üretme şeklini sonsuza kadar değiştirdi. Bu bölümde fizik bilimindeki internet ve nükleer güç gibi şeylere yol açan ilerlemelere, sonraki bölümde ise yaşam bilimlerindeki paralel ilerlemelere bakacağız.

Yirminci yüzyılın başında, yeni deneysel sonuçlar, keşfedilecek yepyeni bir dünyayı, atomun içindeki dünyayı işaret ediyordu. Buna ek olarak, 1905'te İsviçre Patent Ofisi'nin pek tanınmayan bir kâtibi Albert Einstein, Isaac Newton'un hiç düşünmediği başka bir alana, ışığa yakın hızlarda hareket eden nesnelerin dünyasına kapı açan olağanüstü bir makale yayımladı. Birkaç on yıl sonra ortalık sakinleştiğinde, atomun dünyasını tanımlayan görelilik teorisi ve kuantum mekaniği olmak üzere iki yeni bilim alanı doğdu.

Yirminci yüzyılın başlarında bu iki gelişmeden “devrimler” olarak (ki zaten öyleler), söz etmek ve bir anlamda Newton biliminin “yerini aldıklarını” öne sürmek yaygındır ki kesinlikle öyle olmamıştır. Bu ifadeyi anlamak için Bölüm 1'e geri dönmeli ve tüm bilimin gözlem ve deneye dayandığını hatırlamalıyız. Klasik fiziğin tüm yapısı; normal hızlarda hareket eden, normal boyutlu nesneler dediğimiz gündelik dünyaya yönelik gözlemlerin üzerine inşa edilmiştir. Klasik fizik, deneysellik esasına karşılık gelen dünya için çalışır, bu yüzden dışarı çıkıp köprüler ve uçaklar tasarlayacak öğrencilere Newton mekaniğini öğretmeye devam ediyoruz.

Ancak atom ve yüksek hız dünyaları Newtoncu deney tabanına dâhil edilmemiştir ve benzer yasalarla yönetilmelerini beklemek için hiçbir neden yoktur. Aslında, evrenin bu iki alanının da ilk bakışta bize çok garip görünen yasalarla yönetildiğini göreceğiz. Bunun nedeni, dünyanın nasıl çalışması gerektiğine dair sezgilerimizin Newton dünyasındaki deneyimlerimize dayanmasıdır. Aslında, görelilik ve kuantum mekaniğiyle ilk kez karşılaştıklarında çoğu insanın tepkisi aşağı yukarı şöyle olmuştur: “Bu şekilde olamaz!” Evrenin tanıdık dünyamıza benzemeyen kısımları olduğu gerçeğine alışmak biraz zaman alır. Bununla birlikte, görelilik yasalarını veya kuantum mekaniğini bilardo toplarına ve diğer tanıdık nesnelere uygularsanız, yeni yasaların bize eski Newtoncu sonuçları vereceğini görmek bir teselli olmalıdır.

Bununla birlikte, bu yeni yasalar size ne kadar tuhaf gelse de, bir bilgisayarı her açtığınızda veya bir cep telefonu kullandığınızda kuantum mekaniğinin yasalarını ve bir GPS sistemini her kullandığınızda (örneğin, arabanızın navigasyon sisteminde) görelilik yasalarını kullandığınızı aklınızda bulundurmalısınız. Bu yasalar gerçekten de garip olabilir ancak çoktan hayatınızın bir parçası oldular bile.

Yirminci yüzyılın fizik bilimine dair bu genel girişle birlikte, şimdi yeni bilimlerden bahsetmeye geçelim. Pedagojik nedenlerden dolayı görelilikle başlayacağız.

Görelilik Teorisi

Görelilik kavramını tanıtmamanın en kolay yolu basit bir deney düşünmektir. Bir arkadaşınızın caddede geçen bir arabanın içindeki bir yolcu olduğunu hayal edin. Araba yanınızdan geçerken arkadaşınız havaya bir top atar ve düştüğünde onu yakalar. Arkadaşınız topun yukarı ve aşağı doğru gittiğini, siz de topun bir kavis çizerek gittiğini göreceksiniz. İkinizden de ne gördüğünüzü anlatmanızı isteseydim, topun ne yaptığına dair farklı açıklamalar verirdiniz. Fizik jargonunda, olayları tanımlamanız “referans çerçevenize” bağlı olacaktır.

Ancak farklı bir soru sorduğumu varsayalım. Farz edin ki, sizden olayı tanımlamanızı istemek yerine, olayı yöneten doğa kanunlarını bulmanızı istedim. Bu durumda, ikiniz de bana Newton’un Hareket Yasaları ile dönüş yapardınız. Başka bir deyişle, olayların tanımı bir referans çerçevesinden diğerine farklılık gösterebilirken, doğa kanunları değişmez. Buna Görelilik İlkesi denir ve resmi olarak şu şekilde ifade edilir:

Doğa kanunları tüm Referans çerçevelerinde aynıdır.

Gerçekten de, Newton Yasaları’nın matematiksel yapısı, bu ilkenin Newton dünyasında geçerli olduğunu garanti eder.

Devam etmeden önce, tarihi bir bilgi vereyim. Einstein'ın 1905'te yayımladığı makale yalnızca sabit hızlarda hareket eden referans çerçeveleri (yani ivmesiz çerçeveler) ile ilgiliydi. İlkeyi bu şekilde sınırladığımızda, buna “Özel Görelilik İlkesi” denir. İvmeli olsun ya da olmasın tüm referans çerçeveleri için geçerli olan ve yukarıda ifade edilen ilkeye “Genel Görelilik İlkesi” denir. Gerçek şu ki, Einstein'ın özelden genel göreliliğe doğru ilerlemesi on yıldan fazla sürdü ve onu da 1916'da yayımladı.

Einstein'ın ele aldığı problem, Bölüm 7'de gördüğümüz gibi, Maxwell Denklemleri'nin elektromanyetik dalgaların varlığını öngörmesiyle ilgilidir. Bu tahminin bir kısmı, dalgaların ne kadar hızlı hareket ettiğiyle ilgiliydi. Bu, alışıldığı gibi “ışık hızı” olarak adlandırdığımız ve “c” harfiyle ifade ettiğimiz bir değerdir. Dolayısıyla ışığın hızı, doğa kanunlarına dâhil edilmiştir ve görelilik ilkesi doğruysa, tüm referans çerçevelerinde aynı olmalıdır.

Bu ifade o kadar önemlidir ki, teori ortaya konulduğunda çoğu zaman görelilik ilkesiyle birlikte ikinci bir varsayım olarak ifade edilir. Bununla birlikte, ışık hızının tüm referans çerçevelerinde aynı olması gerektiği gerçeği, temel bir soruna yol açar. Bunu görmenin en kolay yolu, arabayla geçen arkadaşınızın yanına gitmektir. Şimdi, arkadaşınızda bir top yerine el feneri olduğunu ve ikinizin de yaydığı ışığın hızını ölçtüğünüzü hayal edin. Arkadaşınız elbette “c” alacak, ancak görelilik ilkesi doğruysa, siz de öyle alacaksınız. Eğer alamazsanız, referans çerçevenizdeki Maxwell Denklemleri arabadakilerden farklı olurdu. İlk bakışta, hızın “c artı arabanın hızı” olarak değil “c” olarak ölçüleceği gerçeği mantıklı gelmiyor.

Bu çıkmazdan kurtulmanın üç yolu var:

1. Görelilik ilkesi (ve dolayısıyla Newton mekaniği) yanlıştır.
2. Maxwell denklemleri yanlıştır.
3. Hız kavramımızda bir sorun vardır.

İlk iki seçenek hem teorik hem de deneysel olarak araştırıldı ve çıkmaz sokak olduğu ortaya çıktı. Einstein üçüncü seçeneğe baktı. Fikir şuna benziyor: Hız hakkında konuşurken, belirli bir sürede belirli bir mesafeye giden bir nesneden bahsediyoruz. Dolayısıyla, hızlarla uğraşırken, aslında uzay ve zamanın temel kavramlarıyla uğraşıyoruz. Öyleyse, “Hem Newton hem de Maxwell’in doğru anladığını varsayarsak, bu kavramlara ne olur? diye sordu.

Bilimsel folklore göre, Einstein bir akşam bir tramvay ile patent ofisinden eve giderken göreliliğe ulaştı. Bir kuledeki saate baktı ve tramvay ışık hızında giderse, saatin durmuş gibi görüneceğini fark etti. Başka bir deyişle; görünüşe göre, zaman, gözlemcinin referans çerçevesine bağlıydı. Görelilik ilkesi bize tüm gözlemcilerin bir anlamda eşit olduğunu söylediği için evrensel zamanın olamayacağı sonucu çıkarılabilir. Bu belki de Einstein ile Newton arasındaki en temel farktır.

Özel görelilik ilkesinin sonuçlarını çözmek oldukça basittir, zira lise cebiri ve Pisagor teoreminden sadece biraz daha fazlasını içerir. Sonuçlar Newtoncu sezgimizin bize söylediği gibi değildir. Dahası aşağıda listelenen ilkeler 1905’ten bu yana deneylerle defalarca doğrulanmıştır:

Hareket eden saatler, özdeş sabit saatlere göre daha yavaş çalışır.

Hareket eden nesneler hareket yönünde küçülür.

Hareket eden nesneler, özdeş sabit nesnelerden daha büyüktür.

$$E = mc^2$$

Bu sonuçlara verilen ilk tepki, genellikle Einstein’ın saati durmuş gibi görünse de, aslında zamanı “gerçekten” normal şekilde tuttuğunu söylemektir. Bu anlaşılabilir bir bakış açısidir, ancak görelilik ilkesinin derin bir ihlalidir. Aslında, zamanın “doğru” olduğu belirli bir referans çerçevesi, doğa yasalarının

doğru olduğu ayrıcalıklı bir referans çerçevesi olduğunu söylüyor. Dolayısıyla bu, diğer çerçevelerde türetilen yasaların yanlış olduğu, ilkeyle doğrudan çeliştiği ve bir asırlık deneyden bahsetmediği anlamına gelir.

Yukarıda belirtildiği gibi Einstein'ın görelilik ilkesini, ivmeyi içerenler de dâhil olmak üzere tüm referans çerçevelerine genişletmesi on yıldan fazla sürdü. Nedeni, ilgili matematiğin karmaşıklığındandır. Zira lise cebiri yerine, Einstein'ın kullanmasından sadece birkaç yıl önce geliştirilmiş olan diferansiyel geometri adı verilen bir alanı içeriyordu. Her halükârda, genel görelilik teorisi hakkında anlamamız gereken en önemli şey, elimizdeki mevcut yerçekimi kuvvetinin en iyi tanımı olmaya devam etmesidir.

Einstein'ın yerçekimine yaklaşma şeklini, koordinatların kareler ile işaretlendiği gerilmiş hâldeki esnek bir çarşafı hayal ederek kafanızda canlandırabilirsiniz. Şimdi o çarşafın üzerine ağır bir şeyi, örneğin bir bowling topunu düşürdüğünüzü hayal edin. Topun ağırlığı çarşafın yüzeyini bozacaktır. Çarşaf boyunca yuvarlayacağınız bir bilyenin yolu da bu esnemeye göre değişecek ve bilye bowling topuna doğru hareket edecektir.

Genel görelilikte uzay-zaman dokusu, tıpkı esnek çarşaf gibi, maddenin varlığıyla bozulur ve bu bozulma da, etrafındaki maddenin hareketini değiştirir. Newton, Dünya ile Güneş arasındaki etkileşimi, kuvvetler ve evrensel çekim yasası açısından tanımlarken, Einstein aynı şeyi uzay-zaman geometrisinin çarpıtılması açısından açıkladı. Yerçekimine bu şekilde bakmanın yolu, kara delikler gibi egzotik nesneleri tanımlamada çok başarılı olmuştur. Ancak, Bölüm 12'de göreceğimiz gibi, modern teorilerde doğanın diğer kuvvetlerinin tanımlanma biçiminden çok farklıdır.

Kuantum Mekaniği

“Kuantum” kelimesi Latince’de “yığın” veya “demet” anlamına gelir ve “mekanik”, hareket bilimi için kullanılan eski kelimedir. Yani kuantum mekaniği, demetler hâlinde gelen şeylerin hareketine adanmış bilim dalıdır. On dokuzuncu yüzyılın sonunda, atomun içindeki dünyanın böyle bir teori ile tanımlanması gerektiği aşikâr hâle gelmişti. Elektronun keşfedilmesi atomun Yunanlıların sandığı gibi bölünemez olmadığını, bileşenlere sahip olduğunu gösterdi. Bu da elbette, atomun yapısının incelenmesinin meşru bir bilimsel çalışma alanı olabileceği anlamına geliyordu.

Bu yeni alana öncülük eden en sıradışı figürlerden biri Marie Sklodowska Curie’dir (1867–1934). Polonya bağımsızlık hareketine verdikleri destekten dolayı fakirleşmiş durumdaki bir ailenin çocuğu olarak Polonya’da dünyaya geldi. Nihayetinde Paris’e gitti ve Sorbonne’da öğretmen olarak çalıştı. Profesörlerinden Pierre Curie ile evlendi ve onunla beraber yeni keşfedilen radyoaktivite olayı üzerinde çalışmaya başladı. Doktora araştırmasının bir parçası olarak radyoaktivitenin, bazılarının iddia ettiği gibi, malzemelerin kütsel özellikleriyle değil, atomların özellikleriyle ilişkili olduğu gerçeğini ortaya koydu. Bir anlamda bu sonuç, daha sonra nükleer fiziğin alanı hâline gelen şeyi başlattı. Daha sonra, Pierre ile birlikte radyoaktif materyaller (aslında “radyoaktivite” terimini onlar türetti) içeren madenlerin çalışmasına döndüler ve iki yeni element olan polonyum (memleketinin adını almıştır) ve radyumu ayırdılar. Bu keşifleriyle birlikte 1903’te Nobel Fizik Ödülü aldılar. Marie Curie, bu şekilde onurlandırılan ilk kadındı.

Pierre, trajik bir şekilde, 1906’da bir trafik kazasında öldü. Marie, laboratuvarı kendisi devraldı ve sonunda Sorbonne’daki ilk kadın profesör oldu. 1911’de radyum ve bileşiklerindeki öncü çalışmaları nedeniyle ikinci bir Nobel Ödülü (kimya dalında) daha aldı. İki farklı bilim alanında Nobel Ödülü alan

tek kişidir. Hayatının ilerleyen dönemlerinde, tıpkı Einstein gibi, uluslararası bir ün kazandı ve araştırmasını desteklemek amacıyla para toplamak için Amerika'ya iki gezi yaptı.

Curie'nin radyoaktivite çalışması ve Thompson'ın elektronu keşfi, atomun John Dalton'un hayal ettiği gibi özelliksiz bir bowling topu olmadığının, aksine içsel bir yapıya sahip olduğunun açık bir göstergesiydi. Yeni Zelanda doğumlu fizikçi Ernest Rutherford (1871–1937), 1911'de bu yapıyı aydınlatan bir dizi deney yaptı. Bununla birlikte, Rutherford'un en önemli çalışmasını Nobel Ödülü'nü aldıktan *sonra* yaptığı için eşsiz biri olduğunu belirtmeliyiz. (Bir tür radyasyonu tanımladığı için 1908'de kimya ödülünü aldı.) Manchester Üniversitesi'nde çalışırken, radyoaktif bozunumlarda yayılan parçacıkların (onları küçük atom altı mermiler olarak düşünün) altın atomlarından bazılarını saçılacakları bir altın folyoya yönlendirdiği bir deney yaptı. “Mermilerin” çoğu dümdüz ilerledi veya küçük açılarla dağıldı, ancak çok az bir kısmı -yaklaşık binde bir- geri yönde çıktı. Bunu açıklamamanın tek yolu, atom kütesinin çoğunun, Rutherford'un çekirdek adını verdiği ve elektronların etrafında yörüngede döndüğü kompakt bir yapıda söylemektir. Yörüngedeki elektronların bu görüntüsü tanıdık ve kültürel bir simge hâline gelmiştir.

Rutherford'un keşfiyle ilgili en şaşırtıcı şey atomun boşluğudur. Örneğin, bir karbon atomunun çekirdeği önünüzde oturan bir bowling topu olsaydı, elektronlar bulunduğunuz ilçeye dağılmış altı kum tanesi olurdu. Geri kalan her şey boşluktur!

Böylece 1920'lerde atomun net, deneysel bir resmi geliştirildi. Bu arada teorik cephede önemli değişiklikler oluyordu. Alman fizikçi Max Planck (1858–1947), 1900'de elektromanyetik radyasyon ve maddenin etkileşimini içeren karmaşık bir problem üzerinde çalışırken sorunu çözmenin tek yolunun, atomların “quanta” adını verdiği ayrı demetler hâlinde radyasyonu emebileceğini ve yayabileceğini varsaymak olduğu-

nu buldu. Başka bir deyişle bir atom, bir veya iki birim enerji yayabilir, ancak 1.35 birim yayamazdı. Bu varsayım Planck'ın problemini çözmüş olabilir ancak Newtoncu-Maxwellci dünya görüşünün temel fikirleriyle çelişiyordu. Bu sonuç Planck için son derece can sıkıcıydı. Öyle ki, quanta'yı benimsemesini bir "umutsuzluk eylemi" olarak nitelendirdi. Yine de, 1900 tarihli makalesi genellikle kuantum mekaniğinin başlangıcı olarak kabul edilir.

1905'te Albert Einstein, Planck'ın fikrini atomların, yalnızca kuantumda radyasyon yayıp soğurmakla kalmayıp, radyasyonun kendisinin küçük demetler hâlinde geldiğini (artık "fotonlar" olarak adlandırılıyor) söyleyerek genişletti. Bu fikri, ışığın çarptığı metallere elektron emisyonunu, yani fotoelektrik etkiyi açıklamak için kullandı. İlginçtir ki, 1921'de Einstein'a Nobel Ödülü'nü kazandıran görelilik değil, bu makale olmuştur.

Daha sonra, 1913'te Danimarkalı fizikçi Niels Bohr (1885–1962), kuantumlama fikrini elektron yörüngelerine uyguladı ve atomların birçok özelliğinin, yörüngelerin çekirdekten yalnızca belirli mesafelerde konumlanması durumunda açıklanabileceğini gösterdi. (*Erbabı* için, Bohr'un yörüngedeki elektronların açısal momentumunun kuantize edildiği varsayımından bahsedeceğim.) Bu, bir gezegenin doğru hıza sahip olması koşuluyla Güneş'ten herhangi bir uzaklıkta bir yörüngeye sahip olabileceği Güneş sisteminden farklı olarak, elektronların yalnızca çekirdekten belirli mesafelerde yörüngelere sahip olmakla sınırlandırıldığı ve "izin verilen bu yörüngeler arasında herhangi bir yerde olamayacağı" anlamına geliyordu. Bohr bu çalışma için 1922'de Nobel Ödülü aldı.

1920'lere gelindiğinde, atomaltı her şeyin küçük demetler hâlinde geldiği veya fizik jargonuyla ifade eserse, kuantize olduğu anlaşılıyordu. Bu noktada, Kopenhag'da Bohr tarafından kurulan bir enstitü etrafında gevşek bir şekilde organize olmuş, çoğu Alman, oldukça sıradışı bir genç fizikçi grubu

ortaya çıktı. Kuantum mekaniği bilimini yarattılar ve insanın evrene bakışını sonsuza dek değiştirdiler. Kısıtlı alanımız nedeniyle, bu gruptan yalnızca iki adamı ele alacağız: Werner Heisenberg (1901–76) ve Erwin Schrodinger (1887–1961).

Heisenberg coşkulu bir Alman vatanseverdi, bu noktaya daha sonra döneceğiz. Kuantum mekaniğine temel katkısı “Heisenberg Belirsizlik İlkesi” olarak bilinir. Temel olarak, prensipte eşzamanlı olarak bilinemeyen belirli nicelikler olduğunu (örneğin bir parçacığın konumu ve hızı) söyler. Gerçekçesi basittir: Kuantum dünyasında bir gözlem yapmanın tek yolu, bir kuantum nesnesini diğeri üzerinden sektirmektir ya da birini diğere fırlatmaktır ve bu etkileşim nesneyi değiştirecektir. Başka bir deyişle, bir kuantum nesneyi değiştirmeden gözlemleyemezsiniz. Bu, kuantum dünyasını, gözlemin gözlemlenen nesneyi etkilemediği bilindik Newton dünyamızdan temelde farklı kılar. Bir tablo sözgelimi, sadece siz ona baktığınız için değişmez.

İşte Belirsizlik İlkesi’ni anlamanıza yardımcı olabilecek bir benzetme: Uzun bir tünelde bir araba olup olmadığını öğrenmek istediğinizi ancak elinizdeki tek aracın tünele gönderebileceğiniz başka bir araba olduğunu hayal edin. Sonda olarak kullandığınız arabayı tünele gönderir ve gürültüyü dinlersiniz. Şüphesiz bu gürültü size tünelde karşı yönden gelen bir araba olduğunu söylerdi. Biraz akıl yürüterek diğer arabanın nerede olduğunu bile bulabilirdiniz. Ancak yapamayacağınız şey, tüneldeki arabanın gözlemden sonra önceki hâliyle aynı olduğunu varsaymaktır. Özünde belirsizlik ilkesi, atomun iç kısmının bilinen Newton kurallarıyla değil, yeni bir şeyle tanımlanacağını ortaya koyar.

Naziler Almanya’da iktidara geldiğinde Heisenberg acı bir seçimle karşı karşıya kaldı. Ya ülkesini terk edecek ya da hor gördüğü (ve propagandacıların onu “Beyaz Yahudi” olarak nitelendirdiği) bir rejimle çalışacaktı. Sonunda, atom bom-

basını üreten Amerika'nın Manhattan Projesi'ne benzer bir girişim olan Alman nükleer projesine devam etmeyi seçti. Bununla birlikte, bir nükleer reaktör inşa etmeye odaklandı ve asla bir silah üretmedi.

1998'de Michael Frayn'ın Kopenhag adlı bir oyunu Londra'da sahnelendi ve Heisenberg'in savaş zamanı etkinlikleri konusunu tekrar gündeme getirdi. Oyun, Heisenberg'in Bohr'la nükleer silah inşa etme olasılığı hakkında konuşmak için 1941'de Nazi işgali altındaki Kopenhag'a geldiği bir toplantı çevresinde dönüyor. Görünüşe göre iki adam yarım saat konuşmuş, sonra öfkeyle ayrılmışlar ve mutlu oldukları eski zamanlarında aralarında neredeyse bir baba-oğul ilişkisi olmasına rağmen birbirleriyle bir daha hiç konuşmamışlar. Oyunun ardından, konuşma hakkındaki gizemi ortadan kaldıran mektuplar yayımlandı. Heisenberg, Bohr ile gizli bilgi dediğimiz şeyi tartışarak aslında yasayı çiğniyordu. Bu yüzden belirsiz genel terimlerle konuşmuştu. Nükleer silahlar üzerinde çalışmanın etikliği konusunda gerçekten rehberlik istiyordu. Bohr, genç meslektaşının neden bahsettiğini anlamadı ve bir tartışma çıktı. Bohr daha sonra Danimarka'dan kaçtı ve Manhattan Projesi'ne katıldı.

Schrodinger Avusturyalıydı ve Viyana Yahudi cemaatinin eğitilmiş üst sınıfının bir mensubuydu. Zürih'te bir profesör olduğu 1926'da, günümüzde "Schrodinger'in Denklemi" olarak bilinen şeyi yayımladı. Heisenberg tarafından yayımlanan matematiksel olarak eşdeğer bir teori ile birlikte bu denklem, maddenin davranışı hakkında yeni, radikal bir düşünme biçimini temsil ediyordu. Newton dünyasında bir beyzbol topuna benzer şekilde düşüneceğimiz elektron gibi bir parçacık, dalga olarak temsil ediliyordu. Her bir noktadaki dalganın yüksekliği; gerçekleştirilen herhangi bir ölçümün, elektronun o noktada olduğunu gösterme olasılığı ile ilgiliydi. Ancak kuantum mekaniğinin büyük gizemi şu ki, ölçüm yapılanaya kadar elektronun gerçekten kesin bir konuma sahip olduğu söylenemez.

Günümüzde “kuantum mekaniğinin Kopenhag yorumu” olarak adlandırılan, dünyaya bakma şekli bize paradoksal görünse de 1920’lerden beri deneylerle iyice doğrulanmıştır. Schrodinger, çalışmaları için 1933’te Nobel Ödülü aldı.

Aslında “Schrodinger’in Kedisi” olarak bilinen paradoks 1935’te yayımlanmasıyla, kuantum mekaniğinin temel tuhaflığı hakkında grafiksel bir düşünme şekli üretti. Diyelim ki, kapalı bir kutuda bir şişe prusik asit ile birlikte bir kediniz var. Ayrıca, çekirdeğin çürüyüp radyasyon yayması durumunda asidi serbest bırakacak ve kediyi öldürecek aletlere sahip bir radyoaktif materyal atomu olduğunu varsayalım. Kopenhag yorumuna göre çekirdek, ölçülene kadar hem sağlamdır hem de çürümüştür. Schrodinger’in sorusu: Bu, kutuyu açıp içine bakana kadar kedinin yarı ölü, yarı canlı olduğu anlamına mı geliyor? (Bu sorunla ilgili kapsamlı literatüre girecek vaktimiz yok, ancak en azından bana göre paradoksun çözüldüğünü söyleyeceğim.)

Pek çok Yahudi bilim insanında olduğu gibi, Almanya’da Nazi partisinin yükselişi Schrodinger için de sorunlar yarattı. Ona Princeton’da bir pozisyon teklif edildi, ancak kabul etmedi. 1940’ta, kariyerinin geri kalanında yaşamını sürdürdüğü Dublin’de İleri Araştırmalar için bir enstitü kurma davetini kabul etti.

Kuantum mekaniğinin gelişimi hakkındaki bu konuyu yorumumu yapmadan kapatamam. Bana sık sık olduğu gibi Amerika’nın bilimde nasıl bu kadar baskın hâle geldiği sorulduğunda; hepsini tek bir adama, Adolph Hitler’e borçlu olduğumuzu söylüyorum. Nazi belasından kaçam bilim insanı seli üniversitelerimizi sonsuza dek zenginleştirdi ve bilim tarihinin akışını değiştirdi.

Kuantum mekaniği geliştirildikten sonra birkaç önemli şey oldu ve temel araştırma alanında, atomun içinin araştırılması ciddi bir şekilde başladı. Yirminci yüzyılın ortaları boyunca, fizikçiler, kısa ömürlerini atom çekirdeklerinde geçiren parça-

cıklardan oluşan sahici bir hayvanat bahçesi keşfettiler. Kelime- nin tam anlamıyla yüzlercesi vardı ve yanlışlıkla “temel” parça- cıklar olarak etiketlendiler. 1960’larda elementlerin periyodik tablosunun açıklamasının garip bir tekrarında teorik fizikçiler, “temel” parçacıkların görünen karmaşıklığının “temel” olma- salar bile anlaşılabilirliğini fark ettiler. Aslında bunlar daha da temel olan ve “kuar” adı verilen parçacıkların farklı kombinas- yonlarıydı. Bu fikirlerin gelişimi Bölüm 12’de ele alınacaktır.

Daha az soyut olan tarafta ise kuantum mekaniğinin gelişimi; bilgisayarlardan iPhone’lara ve ötesine kadar, modern bilgi devrimiyle ilişkilendirdiğimiz her şeye yol açtı. Tüm bu cihaz- lar, 1947’de Bell Laboratuvarlarında çalışan üç bilim insanı ta- rafından icat edilen tek bir cihaza (transistöre) bağlıdır. John Bardeen, Walter Brattain ve William Shockely -yaklaşık bir golf topu büyüklüğünde- çalışan bir transistör inşa ettiler ve bu, tüm modern elektronik endüstrisinin temeli hâline geldi. İkisi 1956’da Nobel Ödülü’nü paylaştılar.

Transistör özünde, elektrik akımını kontrol etmeye yarıyan bir cihazdır. Su taşıyan bir borudaki vanaya benzer. Vanaya uygulanan az miktardaki enerjinin borudaki su akışı üzerin- de büyük bir etkiye sahip olabildiği gibi, transistöre sağlanan az miktardaki elektrik akımı, transistörün bir parçası olduğu devre boyunca akan elektrik akımı üzerinde büyük bir etki- ye sahip olabilir. Özellikle akımı açıp kapatarak transistörü; -genellikle 0’lar ve 1’ler dizisiyle temsil edilen- dijital bilgi- lerle başa çıkmak için ideal bir araç hâline getirebilirsiniz. 1947’den bu yana, transistörlerin boyutu (ve üretilme yön- temleri) büyük bir değişime uğramıştır. Günümüzde üreti- ciler, posta pulu boyutundaki bir çipe milyonlarca transistör koyabilmektedir. Modern bilgi toplumunu mümkün kılan şey de minyatürleştirmedir. Ancak bir dahaki sefere bir bilgisayar veya cep telefonu kullandığınızda, bunların hepsinin kuan- tum mekaniğinin garip yasalarına bağlı olduğunu hatırlamak önemlidir.

Fizikçilerin Savaşı

Fizikçilerin her iki tarafın da savaş seferberliğine yaptıkları muazzam katkı nedeniyle, bazıları II. Dünya Savaşı'nı fizikçilerin savaşı olarak adlandırır. Bu tür katkıların birkaç örneği olarak, Kraliyet Hava Kuvvetleri'nin Britanya Savaşı'nı kazanmasına yardımcı olan radarın geliştirilmesi, vt tapasının MIT'deki (Massachusetts Teknoloji Enstitüsü) bilim insanları tarafından icat edilmesi ve tabii ki bilim insanlarının savaş dönemi projeleriyle ilişkisini en çok tetikleyen şey olan Manhattan Projesi kapsamında atom bombasının geliştirilmesi sıralanabilir.

Bilimsel ve teknolojik ilerlemelerin askeri çabalarla ilişkilendirilmesinin yeni bir şey olmadığını belirtmeliyim. Örneğin Galileo, Venedik Cephaneliği'nde danışmandı ve savaş gemisi tasarımının nasıl büyütüleceğini bulmak için en önemli bilimsel çalışmalarından bazılarını yaptı. Dahası mermi hareketiyle ilgili ilk çalışmaların bazıları güllerin yörüngesini bulmakla ilgiliydi. Yine de II. Dünya Savaşı bu birliktelikte bir dönüm noktası oluşturdu ve sonunda modern elektronik ordunun doğumuna yol açtı.

Atom bombasına giden yolun genellikle Albert Einstein ve diğer önde gelen bilim insanlarının Franklin Roosevelt'e gönderdikleri, görelilik denklemleri aracılığıyla kütlenin enerjiye dönüştürülmesinin yeni bir tür silah olasılığını açtığına işaret eden bir mektupla başladığı tahmin ediliyor. Ek olarak son yayınlara dayanarak, Alman bilim insanlarının bu tür cihazları geliştirme yolunda ilerlediklerinin haberini verdiler. Buna cevaben Birleşik Devletler, atom bombasını geliştirmek için "Manhattan Projesi" olarak adlandırılan çok gizli bir araştırma programı başlattı. Proje 1940'ların başlarında 100.000'den fazla insanı (Birleşik Devletler ve Britanya'daki en iyi nükleer fizikçiler dâhil) istihdam eden ve Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada'da 30'dan fazla yerde yürütülen araştırmaları içe-

ren devasa bir girişime dönüştü. Bu laboratuvarların en ünlüsü, New Mexico'nun ücra bir köşesinde bulunan Los Alamos'tu. Atom bombasının geliştirildiği yer de burasıydı.

Trinity testi denen ilk atomik patlama, 16 Temmuz 1945'te New Mexico çölünde gerçekleşti. Ağustos 1945'te Hiroşima ve Nagazaki'ye atomik silahların atılmasıyla II. Dünya Savaşı sona erdi ve nükleer çağı başlattı. Bu silahları kullanma kararının haklı olup olmadığı konusundaki tartışmalar bu güne kadar devam ediyor. Taraflardan biri, kayıplar ne kadar korkunç olsa da, olası bir Japonya'nın işgalinin sonuçlarına kıyasla ufak kaldıklarını savunuyor. Diğeri ise Japonya'nın teslim olmaya hazır olabileceğini, dolayısıyla saldırıların gereksiz bir katliam olduğunu iddia ediyor. Ne olursa olsun yazarın kişisel görüşü, kanıtların çoğunun ilk argümanı desteklediğidir.

II. Dünya Savaşı, bilim tarihi için de önemli bir olaydı. Çünkü fiziğin neler yapabileceğini gördükten sonra, büyük endüstriyel ülkelerdeki hükümetler bilimsel araştırmaları kitlesel bir şekilde desteklemeye başladılar. Bahsettiğimiz son gelişmelerin çoğu, bu fon akışının sonucudur.

Genişleyen Evren

Yirminci yüzyılın başlarında gökbilimciler arasında teleskoplarından gördükleri nesneler hakkında ciddi bir tartışma vardı. En iyi aletlerin yardımıyla, Latince adları *nebulae* olan Bulutsular, gökyüzündeki bulanık ışık parçaları olarak gözlemlendirirler. Tartışma, bulutsuların Samanyolu'nun bir parçası veya -günümüzde galaksi olarak adlandırdığımız ancak o zamanların harika ifadesiyle- diğer “ada evrenler” olup olmadıkları meselesi etrafında yoğunlaştı.

Bu sorunun çözümü iki şey gerektiriyordu: (1) bulutsunun ayrıntılı yapısını ayırt edebilen daha iyi bir teleskop ve (2) onu kullanabilecek bir bilim insanı. Neyse ki, her ikisi de yirmin-

ci yüzyılın başlarında mevcuttu. İki yüz elli cm'lik aynasıyla zamana değin kullanılanlardan daha iyi bir teleskop, sanayici ve hayırsever Alexander Carnegie tarafından Los Angeles yakınlarındaki Wilson Dağı'na inşa ediliyordu. Bilim insanı ise Edwin Hubble (1889–1953) adında dikkate değer bir adamdı.

Hubble, Chicago banliyölerinde büyüdü ve sonunda hem yıldız bir atlet hem de onur öğrencisi olduğu Chicago Üniversitesi'ne girdi. Oxford'da Rhodes bursiyeri olarak iki yıl geçirdi ve Amerika Birleşik Devletleri'ne döndüğünde birkaç iş denedikten sonra, astronomi alanında doktora yapmak için üniversiteye döndü. Doktorasını tamamladıktan bir gün sonra gönüllü olarak orduya katıldı ve I. Dünya Savaşı'nda görev yaptı. Piyade binbaşı olarak geri döndüğü askerlik görevi 1919'da sona erdiğinde, Wilson Dağı'ndaki personele katıldı ve bulutsuları açıklama meselesini üstlendi.

Hubble yeni teleskopla bulutsuların bulanık görüntüsündeki yıldızları tek tek seçebiliyordu. Bunun önemli sonuçları oldu, çünkü on dokuzuncu yüzyılın sonlarında Harvard astronomu Henrietta Leavitt, belirli bir değişken yıldız sınıfına olan mesafeleri bulmak için bir şema tasarlamıştı. Bunlar, haftalarca veya aylarca düzenli olarak parlaklaşan ve sönen yıldızlardır. Leavitt, bir yıldızın aydınlanma ve kararma döngüsünden geçmesi ne kadar uzun sürerse, yıldızın parlaklığının, yani uzaya fırlattığı enerji miktarının o kadar büyük olduğunu gösterebildi. Bu sayıyı yıldızdan gerçekten aldığımız enerji miktarıyla karşılaştırarak, ne kadar uzakta olduğunu belirleyebilirdik.

Hubble'ın yaptığı ilk önemli keşif, Leavitt'in değişken yıldızlarını birkaç bulutsuda bulmayı ve yıldızların (ve dolayısıyla bulutsuların) Dünya'dan milyonlarca ışık yılı uzakta olduğunu belirlemeyi içeriyordu. Aslında onlar diğer "ada evrenlerdi".

Ama çok daha önemli bir keşif yaptı. Gökbilimciler bir süredir bulutsulardaki atomlardan yayılan ışığın spektrumun kırmızı (uzun dalga boyu) ucuna doğru kaydığını biliyorlardı. Bu,

Doppler etkisi olarak bilinen yaygın bir olayın bir örneğidir ve temelde bulutsuların bizden uzaklaştığını gösterir. Hubble'ın yapabildiği şey; basit ama devrim niteliğinde bir sonuç elde etmek için, her bir bulutsunun uzaklığına ilişkin bilgisini, bulutsunun bizden ne kadar hızlı uzaklaştığına dair bilgiyle (kırmızıya geçişten elde edilebilen veriler ile) birleştirmektir. Yaşadığımız evren öyle inşa edilmiş ki, bir galaksi bizden ne kadar uzaktaysa, o kadar hızlı geri çekiliyordu. Açıkça söylemek gerekirse, evren genişliyordu!

Bu basit gerçeğin birçok önemli sonucu vardır. Birincisi, evrenin geçmişte belirli bir zamanda başladığı anlamına gelir. Mevcut ölçümlerle bu, 13,7 milyar yıl önceyi işaret eder. İkinci olarak; evren daha gençken, şimdi olduğundan daha sıkıştırılmış bir hâlde, bu nedenle de daha sıcak olduğu anlamına gelir. Bu, Bölüm 11'de kozmoloji ve parçacık fiziğinin bir araya gelmesinden bahsederken önemli hâle gelecektir. Hem ilk olayı hem de sonraki genişleme ve soğumayı ifade etmek için kullanılan standart terim "Büyük Patlama"dır.

Bu noktaları belirttikten sonra, Büyük Patlama'nın uzayda uçan parçaların olduğu bir topçu mermisinin patlaması değil, uzayın kendisinin genişlemesi olduğunu vurgulamalıyız. İşte bir benzetme: Üzümlü ekmek yaptığınızı ve özel şeffaf bir hamur kullandığınızı hayal edin. Hamur yükselirken herhangi bir kuru üzümün üzerinde duruyor olsaydınız, diğer kuru üzümlerin sizden uzaklaştığını görürdünüz. Çünkü aranızdaki hamur genişlerdi. Dahası, sizden üç kat uzakta başlayan bir kuru üzüm sizden üç kat daha hızlı uzaklaşırdı. Çünkü sizinle arasında üç kat daha fazla hamur vardır. Kuru üzümlerin aslında galaksiler olduğunu hayal ederseniz, siz de tam olarak Hubble'ın gördüğünü görürsünüz: evrensel bir genişleme. Bizim benzetmemizde hiçbir kuru üzümün aslında hamurun içinden geçmediği gibi, Hubble genişlemesi de galaksilerin uzaklaşmasının uzayda hareket etmelerinin değil, uzayın kendisi genişlediği için uzaklaşmalarının bir sonucu olduğunu söyler.

Evrenin gençken daha sıcak olması, Hubble genişlemesinin çok erken aşamalarında, bileşen parçalar arasındaki çarpışmaların daha şiddetli olduğu anlamına geliyordu. Bu da, zaman içinde geriye doğru giderken maddenin moleküllerden atomlara, parçacıklardan kuarklara kadar en temel bileşenlerine parçalandığı anlamına gelir. Böylece, bildiğimiz en büyük şeyi, evreni incelemek için bildiğimiz en küçük şeyleri, temel parçacıkları incelememiz gerektiğine dair şaşırtıcı bir sonuca varıyoruz. Bu fikre Bölüm 11’de döneceğiz.

YİRMİNCİ YÜZYILDA BİYOLOJİ

Bölüm 8’de, “hücre sel döngü” dediğimiz şey ile biyologların dikkatinin, organizmalardan bu organizmaların yapıldığı hücrelere doğru kaydığından bahsettik. Bu içe doğru eğilim yirminci yüzyıla kadar devam etti ve bu hücrelerde işleyen molekülleri araştırmaya kadar geldi. Buna “moleküler döngü” adını vereceğiz ve bunun canlı sistemlere bakışımızda temel bir değişime neden olduğunu göreceğiz.

Yirminci yüzyılda fizik bilimlerindeki yeni keşiflerin insanların yaşam biçimini değiştirmesi gibi, biyolojik bilimlerdeki moleküler döngünün yirmi birinci yüzyılda da aynısını yapmasını bekleyebiliriz. Biyolojik bilimlerdeki gelişmeler, fizik bilimlerindeki ilerlemelerden daha sonra geldiğinden, şu anda biyoteknoloji devriminin tam başlangıcındayız. Yani kabaca 1960’lardaki bilgi devrimine benzer bir konumdayız. Yirminci yüzyılda olanlar, canlı sistemlerin en temel moleküler düzeyde çalışma şekli hakkında bilgi edinmekten başka bir şey değildi. Göreceğimiz gibi bu yüzyıl, Beyaz Saray’ın anıtsal bir başarı olan insan genomunun ilk okumasını, yani tek bir döllenen yumurtadan insanın gelişim sürecini tamamlamanın planını, duyurmasıyla kapandı.

Yaklaşan biyoteknoloji devriminin insan yaşamını şu anda hayal edemeyeceğimiz şekillerde değiştireceği açık olsa da, etkisini günlük deneyimlerimizde görmeye başlıyoruz. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri'nde yetiştirilen mısır, soya fasulyesi ve pamuk bitkilerinin çoğu, zararlı böceklerle ve çeşitli ot öldürücülere karşı dirençli hâle gelmeleri için genetik olarak değiştirilmiştir. Ancak, bir sonraki bölümde göreceğimiz gibi, herkesin beklediği büyük tıbbi ilerlemeler, insan genomunun henüz gerçekleştirilmemiş dizilişini takip edecektir. Hayatın süreçlerinin, herkesin düşündüğünden çok daha karmaşık olduğu ortaya çıktığından “genetik tıp” denen şeyin amacına ulaşmak hâlâ anlaşılmaz kalıyor. O hâlde bu bölümde bilim insanlarının hayatın sırlarını çözme sürecine odaklanacağız.

Sanırım hikâyemize on dokuzuncu yüzyılda Johannes Friedrich Meischer (1844–95) adındaki İsviçreli bir kimyagerin laboratuvarında başlayabiliriz. Beyaz kan hücreleriyle çalışan Meischer, 1871'de molekülün hücrenin çekirdeğinden geldiğini belirtmek için “nüklein” adını verdiği bir maddeyi izole etti. Bu yeni keşfe çok fazla ilgi gösterilmedi çünkü nüklein o zamanlar keşfedilen pek çok molekülden sadece biriydi. Meischer'in nükleinin kalıtımla ilgili olabileceği konusunda bazı belirsiz fikirleri vardı. Ancak o zamanlar bilim insanları, kalıtımın tek bir molekül tarafından yönetilemeyecek kadar karmaşık olduğunu düşünüyorlardı. Bugün, “nüklein”in Dünya'nın tüm canlı varlıklarındaki merkezi moleküller olan DNA'dan başka bir şey olmadığını farkına varıyoruz.

Yaşam Molekülü Olarak DNA

Thomas Hunt Morgan (1866–1945) önde gelen bir Kentucky ailesinde doğdu. Babası Sicilya'da diplomatik konsolosluk yapmış ve Garibaldi'nin İtalya'yı birleştirmesinde görev almıştı. Büyük büyükbabası, *Star Spangled Banner*'ın bestecisi Francis Scott Key'den başkası değildi. Morgan, 1890'da Johns

Hopkins'de doktorasını aldıktan ve Bryn Mawr'da görev yaptıktan sonra, Columbia Üniversitesi'nde fakülteye katıldı.

1900'de Bölüm 8'de bahsettiğimiz önemli bir olay gerçekleşti. Bu, birçok bilim insanının moleküler düzeyde genetik hakkında düşünmeye başlamasına neden olan, Mendel'in kalıtım üzerine çalışmasının yeniden keşfiydi. İşin garibi, -kariyerinin gidişatı göz önüne alındığında- Morgan organizmanın, tek bir döllenmiş yumurtadan bir yetiştikine dönüşüne kadarki gelişimini tek bir molekülün kontrol edebileceği fikrine karşıydı. Özünde Morgan'ın biyolojinin deneysel bir bilim olması gerektiğine olan inancı, onu Mendel'in "genleri" hakkındaki belirsiz felsefi tartışmalara düşman etti. Yaşadığı zorlukların çözümü en beklenmedik kaynaktan geldi.

Yaygın bir meyve sineği olan *Drosophila melanogaster*'ı düşünün. Kendisinden önceki Mendel gibi, Morgan da kalıtımın genetiğiyle ilgili çalışması için alışılmadık bir model seçmek zorunda kaldı. Mendel'in bezelye bitkileri gibi, Morgan'ın meyve sinekleri de uygun şekilde kısa bir nesil süresine sahiptir. Meyveleri çürümeye başlayana kadar dışarıda bırakan herkes, meyve sineklerinin birkaç gün içinde ortaya çıktığını bilir. (Aslında, yetişkin sinek çürüyen meyvelerdeki küfle beslenir.) Dahası, meyve sineklerinin bakımı kolaydır, mutlu bir şekilde üremeleri için onlara birkaç parça çürüyen muz içeren bir kavanoz vermeniz yeterlidir. Öyle ki, Morgan'ın Columbia'daki laboratuvarına yapılan ziyaretlerin kayıtlarını okuyunca, üzerinde durulan evrensel şeyin muzların kokusu olduğu anlaşılıyor.

Morgan'ın ekibi, göz renginden (kırmızı veya beyaz) başlayarak, bir nesilden diğerine meyve sineklerinin özelliklerini incelemeye başladı. İki parlak lisans öğrencisini laboratuvarına çekme şansına sahipti. Alfred Sturtevant ve Calvin Bridges, ömür boyu sürecek ortakları ve meslektaşları olacaktı. Örneğin, beyaz gözler ve tüylü kanatlar gibi bazı özelliklerin kalıtım çizgisinde bir araya geldiğini keşfettiler. Ayrıca kalı-

tımda çok önemli bir olayı, yani DNA segmentlerinin anne ve babanın kromozomları arasında değiş tokuş edildiği, rekombinasyon olarak bilinen bir süreç olduğunu da fark etmişlerdi. Hâlâ bir lisans öğrencisi olan Sturtevant, özelliklerin bir nesilden diğeriye bir araya gelme sıklığının, bu özelliklerin genlerinin DNA’da ne kadar yakın olduğunun bir ölçüsü olması gerektiği sonucuna vardı.

İşte Sturtevant’ın görüşünü anlamanıza yardımcı olacak bir benzetme: Eyaletinizin bir yol haritasına sahip olduğunuzu ve başka bir haritaya yerleştireceğınızı hesaba katarak haritayı parçalara ayırdığınızı varsayalım. İki şehir birbirine yakınsa, muhtemelen aynı parça üzerinde olacakken, eğer uzaklarsa aynı parçada yer alma olasılıkları daha düşüktür. Aynı şekilde Sturtevant, DNA üzerinde birbirine yakın iki genin, rekombinasyon sırasında bir arada kalma olasılığının uzaktaki iki genden daha yüksek olduğunu düşündü.

Grup bu anlayışla, meyve sineği genomunun ilk kabataslak genetik haritalarını çıkardı ve genetiğın ilkesini belirledi:

Genler, DNA molekülü boyunca doğrusal bir şekilde dizilmiştir.

Bir sonraki aşamaya geçmeden, Morgan’ın 1933’te Nobel Ödülü aldığıında, ödöl parasını Bridges ve Sturtevant ile paylaştığını ve böylece ikisinin de çocuklarının üniversite harçlarını ödeyebildiğini not etmeliyiz.

Kalıtımın başka bir molekül değil de DNA ile taşındığı fikri, 1952’de dâhice bir deneyle doğrulandı. Alfred Hershey (1908–97) ve meslektaşısı Martha Cowles Chase (1927–2003), bakteriyofaj (bakteri yiyiciler) olarak bilinen bir dizi virüsle çalıştılar. Bu virüsler, bir protein zarı ile çevrili bazı DNA’lardan oluşur. Bakterileri; biri radyoaktif fosfor (DNA molekülünün bir parçası olan) ve diğeri radyoaktif kükürt (virüsün protein kaplamasında bulunan) içeren bir ortamda olmak üzere iki farklı ortamda ürettiler. Biri DNA’sı, diğeri

de protein kabuğu işaretlenmiş iki farklı virüs grubu üretildi. Bunların bakterilere saldırmasına izin verildiğinde, işaretli protein dışarıda kalırken işaretli DNA'nın bakterinin vücuduna (üremenin gerçekleştiği yere) girdiğini gözlemlendi. Bu, bazı bilim insanlarının iddia ettiklerinin aksine, hücrelerde kalıtsal bilgiyi taşıyan şeyin proteinler değil DNA olduğunu gösterdi. Bu çalışma için Hershey, 1969'da Nobel Ödülü aldı.

DNA ile ilgili en ünlü gelişme, elbette, 1953'te çift sarmalın keşfedilmesiydi. Ancak her büyük keşiften önce -daha az biliniyor olsa da- önemli işler gelir. Bu kesinlikle çift sarmal için de geçerlidir. Bu gelişmelerden birkaçından burada bahsedelim.

Columbia Üniversitesi'nde çalışan Rus-Amerikalı biyokimyacı Phoebus Levene (1869-1940), 1909 ile 1929 arasında, DNA'yı oluşturan temel moleküler yapı taşlarını tanımlamıştı. (Aşağıda molekülün gerçek yapısını tartışacağız.) Bu yapı taşları; beş karbon atomu içeren şekerler, bir fosfat grubu (yani dört oksijen atomuyla çevrili fosfor atomu) ve bazlar olarak bilinen bir dizi dört moleküldür. Adenin, guanin, sitozin ve timin olarak adlandırılırlar, ancak genellikle A, G, C ve T harfleriyle gösterilirler. Bu moleküller, yaşam kodunun yazıldığı "harflerdir".

Ukraynalı-Amerikalı biyokimyacı Edwin Chargaff (1905–2002) 1940'ların sonlarında, şu anda Chargaff kuralları olarak bilinen bazı sonuçlarının iki önemli özelliğini buldu. İlk olarak, belirli bir türün DNA'sındaki T ve A miktarları ile C ve G miktarlarının aynı olduğunu, ancak bu iki çiftin miktarının farklı olduğunu gösterdi. Örneğin, insanlarda A ve T'nin her biri DNA'nın yaklaşık yüzde 30'unu (toplam yüzde 60'ını) oluştururken, C ve G'nin her biri yaklaşık yüzde 20'sini oluşturur. T / A'nın C / G'ye oranı bir türden diğerine değişir, ancak T ve A miktarları, C ve G miktarları gibi her zaman aynıdır.

Ek olarak, X-ışını kristalografisi adı verilen bir tekniği kullanan bilim insanları, molekülün yapısını doğrudan incelemeye başlıyorlardı. Bu teknik, X ışınlarını kristalize DNA parçalarına çekmeyi ve bu X ışınlarının moleküldeki atomlardan nasıl saçıldığını gözlemlemeyi kapsıyordu. X ışınlarının saçılma modelinden, bu atomların nasıl düzenlendiği ve dolaşısıyla molekülün yapısı hakkında bilgi elde edilebiliyordu. DNA'dan X-ışını kırınımı üzerine araştırma için ana merkez, Medical Research Council'in (Tıbbi Araştırma Konseyi) Biyofizik biriminde, King's College Londra'daydı. Birincil araştırmacılar ise Maurice Wilkins ve Rosalind Franklin'di.

DNA hikâyesinin ana kahramanları, Cambridge Üniversitesi'ndeki iki genç araştırmacıdır: Üniversitede bir yıl geçiren Amerikalı biyokimyacı James Watson ve İngiliz teorik fizikçi Francis Crick. Bu garip çift, ellerinde bulunan tüm kimyasal ve X-ışını verilerini kullandı ve metal plakalardan DNA molekülünün bir modelini yaptı. Buldukları çift sarmal yapı, o zamandan beri kültürel bir simge hâline geldi.

Bir DNA molekülünü hayal etmenin en kolay yolu, uzun bir merdiven düşünmektir. Merdivenin kenarları değişen şeker ve fosfat moleküllerinden yapılmıştır. Bununla birlikte, asıl ilginç olan kısım basamaklardır. Merdivenin her iki tarafına bir baz tutturulmuş ve yukarıda adı geçen bazların ikisinin birleşmesinden yapılmıştır. Bazları incelerseniz, A ve T'nin kimyasal bağların oluşabileceği iki noktaya sahip olduğu, C ve G'nin ise üç noktaya sahip olduğu ortaya çıkıyor. Bu, merdivenin basamaklarının yalnızca AT, TA, CG veya GC olabileceği anlamına gelir. İleride göreceğimiz gibi, gezegendeki her canlının var olmasına izin veren şey genetik bilgiyi taşıyan bu harflerin, merdivenin bir yanına dizilmesidir.

Artık merdivene sahip olduğunuza göre, çift sarmal oluşturmak için zihninizde üst ve alt kısımları bükün. DNA yapısının keşfi için Watson, Crick ve Wilkins 1962'de Nobel Ödülü'nü paylaştı.

Rosalind Franklin Hakkında

Saf bilim âleminde çıkıp popüler kültür alanına giren çifte sarmalın keşfini çevreleyen bir konu var: tüm süreç boyunca Rosalind Franklin'in rolü. Kendisi ne yazık ki, 1958'de 37 yaşında yumurtalık kanserinden öldü. Nobel ödülleri ölümünden sonra verilmediği için 1962 ödülü onunla paylaşamadı, ancak çalışmalarının önemi konusundaki tartışmalar günümüzde de devam ediyor.

Tartışılıyormuş gibi görünmeyen şey, Wilkins'in çalışmalarını -ünlü *Fotoğraf 51*'in*-sonuçlarını Watson ve Crick'e gösterdiği. Uzmanlar, fotoğrafın açıkça sarmal bir yapı gösterdiğini söylüyorlar. Bu olayda olağandışı bir şey yok, bilim insanları her zaman ön sonuçları paylaşır. Ancak mesele şu ki, Wilkins bunu Franklin'in bilgisi olmadan yaptı. *İkili Sarmal* adlı kitabında yazdığına göre Watson, bunun işbirliği önerdikten sonra, onunla Franklin arasındaki bir tartışmanın ardından meydana geldiğini belirtiyor. Yine de, Franklin'in çalışmasını görmenin, DNA yapısının nihai olarak çözülmesinde önemli bir rol oynamadığına inanmak zordur.

Tarih, Nobel Ödülü almaya yaklaşan bilim insanlarıyla doludur -bir yorumcu, makul olarak DNA yapısının açıklanmasıyla verilen ödülü paylaşmaya aday olabilecek 23 kişi saymıştır- ve Edwin Chargaff kesinlikle bu grupta yer alırdı. Franklin yaşasaydı ödülü paylaşır mıydı yoksa hayal kırıklığına uğramış yirmi dördüncü aday mı olurdu? Asla bilemeyeceğiz. Ancak 1950'lerde İngiliz akademik kurumunda karşılaştığı utanmaz önyargı, çalışmalarının çağdaşları tarafından tanınacağını düşünmemiz için bize hiçbir neden vermiyor. Marie Curie'de olduğu gibi (Bkz. Bölüm 9), bilim kamusu kadınların olağanüstü bilim yapabileceği fikrini kabul etmekte epey yavaş davranmıştır.

* DNA lifinden oluşan bir parakristal jelin X-ışını kırınım görüntüsüdür. Mayıs 1952'de King's Collage'de Rosalind Franklin'in gözetiminde çalışan yüksek lisans öğrencisi Raymond Goslin tarafından çekilmiştir. - yhn

Çözülen DNA

Tartışmamızda defalarca belirttiğimiz gibi, laboratuvarı doğru-
lanmadan hiçbir bilimsel fikir, bilim kamuoyu tarafından kabul
edilmez. Çift sarmalın keşfini Watson-Crick modelini destekle-
yen birçok deney izledi. Bunlardan sadece birini, 1957’de Cal Te-
ch’deki (Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü) bilim insanları tarafın-
dan gerçekleştirilen deneyi anlatacağım.

Deney; hücre bölünmesinde, orijinal hücredeki DNA molekü-
lünün, her yavru hücrenin kendi DNA tamamlayıcısına sahip
olması için kopyalanması gerektiğine bağlıdır. Bu çoğaltma sü-
recini ayrıntılı olarak açıklayacak yerimiz yok, ancak özünde,
DNA “merdiveni” basamakların ortasından ikiye ayrılır ve her
iki taraf da “merdivenin” eksik kısımlarını hücredeki materyali
kullanarak birleştirir. Sonuç olarak, her bir yavru hücre için bir
tane olmak üzere, iki özdeş “merdiven” oluşur.

Bu deneyde bakteriler, mevcut tek nitrojenin şu anda soludu-
ğunuz normal izotoptan (N-14) biraz daha ağır olan izotop
(N-15) olduğu bir ortamda büyütüldü. Ağır nitrojen; DNA’la-
rını kopyalama süreci boyunca -sonunda tüm DNA’ları ağır
izotopu içeren kadar- hücreler tarafından alındı. Bakteriler
daha sonra sadece normal (daha hafif) nitrojen izotopunu içe-
ren bir ortama yerleştirildi ve her bir sonraki neslin DNA’sın-
daki ağır nitrojen miktarı ölçüldü. İlk nesil bakterilerin ağır
çeşitlilikteki DNA’larında azotun yarısına, ikinci neslin dörtte
birine vb. sahip olduğunu buldular. Bu elbette, Watson-Crick
modelinin tam olarak öngördüğü şeydi ve sonuç, onu destek-
leyen kanıtlar listesine eklendi.

DNA’nın yapısı öğrenildikten sonraki proje molekülün, canlı
sistemlerdeki rolünü tam olarak nasıl oynadığını anlamaktı.
Bu çalışmanın bir bakıma hâlâ devam ettiğini görüyoruz. An-
cak burada sadece genetik kodun keşfini ve birçok canlının
genomlarını sıralama yeteneğinin gelişimini anlatacak yani

DNA'larındaki tüm harfleri okuyacağız. Fakat bunu yapmadan önce, canlıların çalışmasını sağlayan temel mekanizmaların taslağını çıkarmamız gerekecek.

Bölüm 8'de hayatın kimyaya dayandığını gördük. Canlı hücrelerdeki kimyasal reaksiyonlar; büyük, karmaşık molekülleri içerir ve bunların etkileşimleri, enzim olarak bilinen başka bir tür molekülün faaliyetini gerektirir. Enzim, diğer moleküller arasındaki etkileşimi kolaylaştıran, ancak etkileşimin kendisinde yer almayan bir moleküldür. Onu alıcı ve satıcıyı bir araya getiren, ancak aslında evi kendisi satın almayan bir tür moleküler emlak komisyoncusu olarak düşünün.

Canlı hücrelerde enzim görevi gören moleküller protein olarak bilinir. Başka bir deyişle, proteinler hücrenin işlevini yerine getiren kimyayı çalıştırır. Amino asitler olarak bilinen yapı taşlarından bir araya getirilen proteini, bir kolye yapmak için birbirine asılmış çok renkli boncuklar gibi, farklı türde amino asitlerden oluşan bir dizi olarak düşünebilirsiniz. Bir şekilde DNA molekülünün bazlarında bulunan bilgi, bir proteindeki amino asit dizisine çevrilir ve daha sonra protein, hücrede kimyasal reaksiyon yürütmek için bir enzim görevi görür. Gezegenimizdeki yaşamın temel mekanizması olan bu süreci çözmek, modern biyolojinin temel amacıdır.

Bu çözümleme sürecindeki ilk adım, genetik kod denen şeyin -yani DNA'da belirli bir baz dizisine sahipseniz, birleştirilmekte olan proteinde belirli bir amino asit elde edeceğinizi söyleyen kesin ifadenin- açıklığa kavuşturulmasıydı. Bu süreçteki önemli deney 1961-62 yıllarında Bethesda, Maryland'deki Ulusal Sağlık Enstitüleri'nde gerçekleştirildi. Marshall Nirenberg (1927-2010) ve doktora sonrasında arkadaşı J. Heinrich Matthaei, protein üretim sürecinde (RNA olarak bilinir) DNA'daki aynı bazın tekrarlanan görünümünden gelen bir ara molekül oluşturdu. Daha sonra yapay moleküllerini, her biri farklı bir amino asit içeren bir dizi ortama koydular. Yapay molekülle-

rinin yalnızca bir tür amino aside bağlandığını ve dolayısıyla genetik kod bulmacasının ilk parçasını buldular. Nirenberg, bu çalışma için 1968’de Nobel Ödülü aldı.

Bilim insanları kodun geri kalanını hızlı bir şekilde doldurdular. Ulaşılan sonuç temelde şuydu: DNA üzerindeki üç baz çifti -bilim insanlarının *kodon* dediği şey-, bir proteindeki bir amino asidi kodlar. DNA üzerindeki bir dizi kodon, bir proteindeki amino asitlerin dizisini belirler ve dolayısıyla bu da, bir hücrede tek bir kimyasal reaksiyonu yürütmek için enzim görevi görür. Tek bir proteini kodlayan baz dizisi aslında Mendel’in “gen”inden başka bir şey değildir. Bu keşifle -daha önce de belirttiğimiz gibi- gen, zihinsel bir yapıdan gerçek bir fiziksel varlığa, bir DNA molekülü üzerinde bir dizi baz hâline geldi.

Yirminci yüzyıl ilerleyip DNA’nın önemi gittikçe daha belirgin hâle geldikçe, biyolojik bilimlerde moleküllerin ayrıntılarını, özellikle de insanlarda görünen DNA’yı haritalamak için çalışmalar yürütölmeye başladı. 1980’lerin ortasında, Amerika Birleşik Devletleri’ndeki bir grup kıdemli biyolog, sonunda İnsan Genom Projesi olarak adlandırılan büyük bir teklif hakkında konuşmaya başladılar. Buradaki fikir; insan genomunun “dizilimi” adı verilen bir süreç olan, insan DNA’sındaki üç milyar bazın tümünü “okumaktı”.

Günümüzde dizilimin, bilimin önemli bir parçası hâline gelmiş olmasına rağmen, başlangıçta biyologlar arasında bu fikre karşı ciddi bir direniş olduğunu belirtmek şaşırtıcı görünüyor. Ana endişeleri, o zamana kadar küçük, bağımsız araştırma gruplarından oluşan alanlarını kurumsal “Büyük Bilim” e dönüştürmesiydi. Ayrıca, 1980’lerde dizilim için mevcut olan araçlar oldukça ilkel ve zaman alıcıydı. Genç bir araştırmacı (o zamandan bu yana önde gelen bir bilim insanı hâline gelmiştir) o dönemde yazara şöyle içini dökmüştür: “Hayatımın çalışmasının, kromozom 12’nin üzerinde 100.000 baz çiftinden 200.000 baz çiftine dizilimini yapmak olmasını istemiyorum.”

Neyse ki, -aşağıda açıklayacağımız gibi- 1990’lar ilerledikçe dizilim süreci gittikçe otomatikleşti. 1995’te basit bir bakteri, haemophilus influenzae’nin ilk genomunun dizilimi yapıldı ve 1998’de çok hücreli bir organizmanın, yassı bağırsak paraziti caenorhabditis elegansın ilk genomu listeye eklendi. On yıl boyunca, daha karmaşık genomların dizilimini yapma yeteneğimiz giderek arttı. Bugün, kelimenin tam anlamıyla, bilinen yüzlerce genom dizisi var.

Dizilim oyununun ana oyuncularını, sonraları kurduğu özel bir şirket olan Celeron ile birlikte Craig Venter ve Ulusal Sağlık Enstitüleri’ndeki genom projesinin başkanı Francis Collins idi. Venter tarafından geliştirilen ve sonunda insan genomunu çözen tekniğe “av tüfeği” denir. Şu şekilde işler: Uzun bir DNA parçası, her biri ayrı bir otomatik dizilim makinesine yerleştirilmiş kısa, yönetilebilir bölümlere ayrılır. Bu makinelere çıkanlar da daha sonra parçaları bir araya getiren ve tüm molekülün orijinal dizisini yeniden oluşturan bir bilgisayar bankasına yerleştirilir.

Bir kitap okumak için av tüfeği tekniğini kullanacak olsaydınız, kitabın birkaç kopyasını yırtıp, her bir notu farklı bir okuyucuya verir, ardından bu notları alıp kitabın ne olduğunu çözebilecek bir bilgisayar programı yazardınız.

Av tüfeği tekniğini anladığınızda, bilim insanlarının neden insan genom dizilim prosedürünü, genomu “birleştirme” olarak adlandırdıklarını anlayabilirsiniz. Ayrıca işlemin hesaplama gücüne olan ağır bağımlılığı göz önüne alındığında, tüm dizilim sürecine neden genellikle “biyoinformatik devrim” denildiğini anlayacaksınız.

Sembolik 2000 yılında Beyaz Saray’da düzenlenen bir törenle Venter ve Collins, insan genomunun “ilk birleştirmesini” duyurdular. Pek çok gözlemci bunun Sokratik “Kendini Bil” özdeşliğinin son örneği olduğunu düşünüyordu. Yirmi birinci yüzyıl ilerlerken bu olayı nelerin izlediği Bölüm 12’de ele alınacaktır.

Büyük Sentez ve Yeni Evrimsel Biyoloji

Yirminci yüzyılda yaşamın temel moleküler mekanizmaları açıklanırken, evrim biliminde paralel bir moleküler gelişme yaşanıyordu. Genellikle “Büyük Sentez” veya “Modern Evrimsel Sentez” olarak adlandırılan bu gelişmelerden ilki, kabaca 1920’lerden 1940’lara kadar gerçekleşti. Özünde, modern evrim teorisini üretmek için çeşitli bilim dallarının Darwinci çerçeveye dâhil edilmesi idi. Aşağıda göreceğimiz gibi, bu birleşme sürecinin hiçbir zaman gerçekten tamamlanamadığı ve bugün de devam ettiği söylenebilir.

Yirminci yüzyılın başlarında evrim teorisinin temel sorunu, Darwin’in doğal seleksiyon kavramının bilim camiasında büyük oranda kabul görmesine rağmen, işlediği mekanizmaların çoğunun bilinmemesi idi. Söz gelimi -Bölüm 8’de belirttiğimiz gibi- Darwin, belirli bir popülasyonun üyeleri arasında farklılıklar olduğunu fark etti, ancak bu varyasyonların kökeni hakkında hiçbir şey söyleyemiyordu. 1900’de Mendel genetiğinin yeniden keşfi, Mendel genetiğinin doğal seçim fikri ile tutarlı olup olmadığı sorusu hakkında bir tartışma yaratmıştı. Pek çok genetikçi (kariyerinin başındaki Thomas Hunt Morgan da dâhil olmak üzere), genlerdeki mutasyonların, Darwin’in ifade ettiği kademeli değişimden ziyade organizmalarda sürekli olmayan bir değişim yaratacağına inanıyordu.

Bu sorular 1920’lerde, bir grup bilim insanının şimdi popülasyon genetiği olarak bilinen bir alanı geliştirmeye başlamasıyla cevaplanmaya başladı. 1930’da, İngiliz biyolog Ronald Fisher (1891–1962) matematiği kullanarak, mutasyonun büyüklüğü arttıkça bir organizmada gelişmiş uygunluğa yol açan bir mutasyon olasılığının azaldığını, böylece Mendel genetiğinin DNA’da küçük değişikliklerle ilgili Darwin’in öngördüğü kademeli değişim ile tutarlı olabileceğini söylemiş oldu. Ayrıca bir popülasyon ne kadar büyükse, genlerde o kadar fazla varyasyon olacağını ve dolayısıyla, artan uygunluğa yol açan bir

varyasyonun ortaya çıkma olasılığının artacağını iddia etti. Aynı zamanda, İngiliz arkadaşı J.B.S. Haldane, aynı matematiksel tekniklerin, sanayi İngiltere’indeki biber güvelerinin ünlü renk değişimi gibi gerçek dünyadaki durumlara uygulanabileceğini ve doğal seçilimin daha hızlı gerçekleşebiliyor olacağını söyledi.

Ukrayna doğumlu Theodosius Dobzhansky (1900–75), 1927’de Amerika Birleşik Devletleri’ne burslu olarak geldiğinde Thomas Hunt Morgan ile çalıştı ve Morgan’ın izinden Cal Tech’e gitti. “Büyük Sentez” çalışmalarına birincil katkısı, evrimsel sürecin genetik terimlerle yeniden tanımlanmasına yönelik girişimiydi. 1937 tarihli *Genetik ve Türlerin Kökeni* adlı kitabında, doğal seçilimin bir popülasyondaki genlerin dağılımındaki değişiklikler açısından tanımlanması gerektiğini savundu. Bu, özünde, tüm evrimsel tartışmayı yeniden şekillendiriyor, dikkati organizmalardan genlere kaydırıyordu.

Genetik ve doğal seçilimin bir araya getirilmesine yönelik çalışmaların kıvrımlarına getirilecek sonraki alanlar, çevre biyolojisi (doğadaki gerçek organizmaların incelenmesi) ve paleontoloji (1940’larda fosillerin incelenmesi anlamına gelen yaşam tarihinin incelenmesi) idi. Örneğin Theodosius Dobzhansky, laboratuarda olduğu gibi vahşi popülasyonlarda da aynı moleküler süreçlerin işlediğini tespit edebilmek için Sovyetler Birliği’nin farklı bölgelerinden gelen meyve sineklerinin genetiği üzerinde çalıştı. Alman-Amerikalı biyolog Ernst Mayr (1904–2005) teoriye katkısına 1942’de “tür” kavramını yeniden tanımlayarak başladı. Bunun sadece birbirine benzeyen bir grup organizma olmadığını, grup dışındaki organizmalarla üreyemeyen bir grup melezleşen organizma olduğunu savundu. Bir kez daha, odak organizmaların kaba yapısından DNA’larına kayıyordu. Mayr ayrıca türleşme süreci için ayrıntılı bir yöntem önerdi: coğrafi izolasyon. İşte sürecin nasıl işleyebileceğine dair bir örnek: İki farklı kelebek popülasyonu,

iki farklı vadiyi kolonileştirmeye başlar. Bir vadi nemli ve yeşil, diğeri kuru ve kayalıktır. Teoriye göre doğal seçim, iki popülasyon üzerinde farklı davranmaya başlayacaktır. Mesela birinde yeşil, diğesinde kahverengi seçildiğinde. Mayr, iki popülasyonun DNA'sının birbirinden ayrılmaya başlayacağını ve farklılık yeterince büyüdüğünde, iki farklı tür elde edileceğini iddia etti.

Yirminci yüzyılın ortalarındaki pek çok paleontolog, doğal seçilimi reddetti. Mevcut fosil kanıtlarında modern türlere doğru doğrusal bir ilerleme olduğunu gördüler. Amerikalı paleontolog George Gaylord Simpson (1902–84) 1944'te, atın evrimsel kayıtlarını ayrıntılı olarak incelediğini ve fosil kayıtlarına yönelik çalışmasının istikrarlı bir gelişme kanıtı göstermediğini iddia etti. Aslında herhangi bir organizmanın teoriye dayalı evrimsel tarihini görselleştirmenin en iyi yolunun, onu olası dallara ve kör uçlara sahip bir tür çalı olarak görmek olduğunu gösterdi. Darwinci doğal seçilimin iddiasının derin resmi bir bakıma bu, yani doğanın bir şey nihayet işe yarayana kadar sayısız kör uçları denediği ve yaşamın tarihi kavramına ulaştığı şeklindedir. Simpson'ın iddiası bağlamında söylediği en ünlü sözlerinden biri şöyledir: “İnsan, aklına dahi getirmediği amaçsız ve doğal bir sürecin sonucudur.”

Tüm bu çalışmalarla evrim teorisi; modern moleküler biyoloji ve istatistiksel yöntemlerin yörüngesine getirildi. DNA'nın geçmiş yaşam araştırmalarına dâhil edilmesi, geçmişin incelenme şekli üzerinde ciddi bir etki yarattı. Temel düşünme biçimi, iki canlı organizmanın DNA'ları arasındaki farkların, olası bir ortak ata üzerinden ne kadar zaman geçtiğine bağlı olacağı şeklindeydi. Varsayılan dallanma olayından bu yana geçen zaman arttıkça, iki organizmanın DNA'sında da mutasyona yönelik olasılık ve daha fazla farklılık bulunacaktı. Paleontologlar bu düşünme biçimini uygulayarak, organiz-

maların ayrıntılı soy ağaçları çıkarmaya yönelik çalışmalar yapabiliyorlar. Örneğin bilim kamuoyundaki, şempanzelerin insanın en yakın genetik akrabası olduğuna dair mevcut kabul, bilim insanlarının insan ve goril DNA'sı arasında şempanzeye nazaran daha fazla farklılık olduğuna yönelik çalışmalara dayandırılıyor.

Geç Yirminci Yüzyıl Kavramları

Bencil Gen

1976'da İngiliz evrim teorisyeni Richard Dawkins, bu başlıkla bir kitap yayımladı. Esas olarak, evrimsel düşüncenin odağını organizmalarla ilgili bir endişeden DNA'daki genlerle ilgili bir endişeye dönüştürmekle ilgileniyordu. Tartışma, doğal seleksiyonda önemli olanın, genlerin bir nesilden diğerine yayılması ve organizmaların, bu yayılmayı sağlayan araç olduğu yönündeydi. J.B.S. Haldane'ın, "Hayatımı iki erkek kardeşim veya sekiz kuzenim için feda ederdim." yorumu bir bakıma, Dawkins'in argümanlarını önceden tahmin etmek olarak düşünülebilir.

Sıçramalı Denge

Paleontologlar Stephen Jay Gould (1941–2002) ve Niles Eldridge (1943–) 1972'de, fosil kayıtlarının yeniden incelemesini yayımladılar. Darwinci yaklaşımda örtük olan yavaş, kademeli değişim birikimi yerine, evrimin aslında uzun istikrar dönemlerinin arasına serpiştirilmiş ara sıra ani değişimler süreciyle gerçekleştiği iddiasını ortaya attılar. Teorilerine "sıçramalı denge" adını verdiler ve bir süreliğine, evrimin tam olarak nasıl gerçekleştiğine dair ciddi, bazen küstahça bir tartışma içerisine girdiler. (Ancak eklemeliyim ki, gerçekleşip gerçekleşmediğini bilmiyorum.) Bir taraf (hangisi hatırlamıyorum), diğerini şu anda hatırlamadığım ve o zaman da o kadar net olmayan nedenlerle Marksist olmakla suçladı.

Her halükârda, tartışma, sonunda bu tür tartışmaların bilimde çözülebileceği tek yolla -verilerin dikkatli bir şekilde incelenmesiyle- çözüldü. Evrim teorisyenlerince; “Evrime kademeli mi yoksa ani adımlarla mı ilerler?” sorusunun doğru cevabının “evet” olduğu kabul edildi. Her iki sürecin (ve aradaki hemen hemen her şeyin) örneklerinin doğada bulunabileceği ve DNA’nın nasıl çalıştığına dair mevcut bilgilerimizin bu gerçeğe tamamen tutarlı olduğu söylendi. Teoriye göre özünde diğer birçok geni kontrol eden bazı genler olduğu bilgisinden hareketle, sözü edilen “kontrol” genlerinden birindeki varsayımsal bir mutasyonun, organizmada büyük bir değişiklik yaratacağı iddia edilebilir. Sonuçta izole edilmiş bir gendeki olası bir mutasyon, Darwin tarafından iddia edilen kademeli ve aşamalı değişime uyumlu olurdu.

Evo-devo

Bir bakıma, evrimsel gelişim biyolojisinin ortaya çıkışı (evrim teorisi üzerine çalışan bilim insanlarının jargonunda evo-devo) Büyük Sentez’in bir devamıdır. Evo-devo, çeşitli organizmaların embriyonik aşamalarında nasıl geliştiğine bakar ve organizmaların DNA’sı tarafından yönetilen büyük evrimsel kalıpları bulmaya, özellikle, çok çeşitli organizmalarda aynı veya benzer genler tarafından yönetilen farklı süreçlerin ortak embriyonik gelişim kalıplarını bulmaya çalışır.

Çeşitli hayvanlarda şaşırtıcı derecede benzer yapılar bulunabilir. Örneğin kolunuzu düşünün. Elde küçük bir kemik bloğuna bağlanan iki uzun kemiğe bağlı bir uzun kemikten oluşur. Bu yapı, bir yazar tarafından tuhaf bir şekilde “bir kemik, iki kemik, çok fazla yuvarlak” olarak karakterize edilmiştir. Benzer bir yapıyı yarasa kanadında, domuzbalığının yüzgecinde, atın bacağına ve sayısız başka hayvanda görebilirsiniz. Evo-devo’nun evosuna göre sudan karaya geçiş yaptığına inanılan “tiktaalik” adlı bir organizmanın 375 milyon yıl öncesine kadar izini sürmek mümkündür.

Evo-devo'nun "devo" tarafı elinize bakarak gösterilebilir. Hepimiz küre biçiminde simetrik döllenmiş bir yumurta olarak başlarız. Ancak eliniz kesinlikle asimetriktir. Üst ve alt, sol ve sağ, ön ve arkası vardır. Sistem bu asimetriyi yapıya nasıl dâhil edeceğini nereden biliyor? Temel gerçek şu ki, büyüyen hücrelere yayılan molekülleri üreten genler var ve bu hücrelerdeki genlerin aktivasyonu moleküllerin yoğunlaşması tarafından belirleniyor. Tüm bu süreç, "kirpi" adı verilen bir gen tarafından kontrol edilir (bilim insanlarının, genleri adlandırmada şöhreti kötüdür) ve bu gen, çeşitli hayvanlarda bulunabilir. Örneğin deneyciler, vatozda (yüzgeç yerine) ayak gibi bir şey yetiştirmek için fare kirpi kullandılar.

Tıpkı fizik bilimlerinde olduğu gibi, yirminci yüzyılın sonundaki biyolojik bilimler, yüzyılın başındaki hâlden oldukça farklıydı. Daha yeni ve derin gerçekler keşfedildi, daha yeni ve derin sorular soruldu.

BİLİMİN KÜRESELLEŞMESİ

Bilim, doğası gereği, ulusal veya kültürel sınırlara hiçbir şekilde ayırım gözetmez. Doğa da, doğanın incelenmesi de evrenseldir. Gördüğümüz gibi, modern bilimin öncüleri dünyanın birçok yerinde ortaya çıktı. Modern bilimin, on yedinci yüzyılda Batı Avrupa’da ortaya çıkışını, hızla dünyanın diğer bölgelerine yayılması izledi. Bölüm 6’da bilimin Avrupa’nın çevresine nasıl gittiğini gördük ve bu bölümde bilimin gerçekten uluslararası bir çaba ve dünya tarihinin bir parçası hâline gelmesine bakacağız.

Bilimin mevcut küreselleşmesinin bir ölçüsü, farklı ülkelerden bilim insanı grupları tarafından yazılan araştırma yayımlarının sayısıdır. İngiltere Kraliyet Akademisi 2011 tarihli bir raporda, büyük uluslararası bilimsel dergilerdeki tüm makalelerin yüzde 35’inin bu tür bir işbirliğinin sonucu olduğunu ve bunun son 15 yılda yüzde 10’luk bir artışı gösterdiğini ortaya koydu. Uluslararası işbirliğindeki bu artış, hiçbir yerde, Birleşik Devletler’dekinden daha dikkat çekici değildir. Birleşik Devletler’de bu tür makalelerin sayısı 1996’da yaklaşık

50.000'den 2008'de yaklaşık 95.000'e yükseldi. Bu nedenle, modern bilim insanlarının çalışma şekline baktığımızda, küreselleşme eğilimi oldukça açıktır. Ayrıca, bu eğilimin çoğu bireysel bilim insanı için açık olduğunu belirteceğim. Ancak çok azı size Kraliyet Cemiyeti tarafından üretilen türden sayısal kanıtlar verebilir.

Bu tür tarihsel büyük değişikliklere kesin bir tarih verilmesi çok zor olsa da, ondokuzuncu yüzyılın başlangıcı, muhtemelen yeni küreselleşmenin başlangıcı olarak adlandırılabilir en ideal zamandır. Daha sonra, yirminci yüzyılın başlarında, Avrupalı olmayan bilim insanlarının dünya araştırmalarına önemli katkılar yapmaya başladığını göreceğiz. Bu aynı zamanda Asyalı öğrencilerin batı üniversitelerine gitmeye başladığı bir dönemdi. Örneğin, yazarın da mezun olduğu Illinois Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Hintli yüksek lisans öğrencilerini eğitime konusunda köklü bir geleneğe sahiptir.

Belki de hiçbir hikâye bu eğilimi, günümüzde “Çin’in MIT’si” olarak bilinen, Pekin’deki Tsinghua Üniversitesi’nin kurulmasından daha iyi örnekleyemez. Boxer İsyanı’ndan (1889-1901) sonra muzafer Avrupalı güçler, zayıf Çin hükümetine sert yaptırımlar uyguladılar. 1909’da Başkan Theodore Roosevelt, Amerika Birleşik Devletleri’nde okumak isteyen Çinli öğrencileri desteklemek için tazminatının önemli bir kısmının Çin’e iade edilmesini önerdi. Sonuç olarak (o zamanlarki) Tsinghua Koleji, 1911’de Pekin’de kuruldu. Üniversite, II. Dünya Savaşı ve Kültür Devrimi ile çalkantılı bir tarihe sahipti, ancak hayatta kaldı ve dünyanın en büyük bilimsel kurumları arasında yerini aldı.

Çokuluslu Bilim

II. Dünya Savaşı’nın sonunda dünya biliminin ağırlık merkezi Birleşik Devletler’di. Bu durum; bilim insanlarının savaş çabasına katkılarının, ulus liderlerini bilimsel araştırmaları desteklemenin hem Amerikan ekonomisini hem de siyasi gücü inşa

etmenin yolu olduğuna ikna ettiği için ortaya çıktı. Artık bilimin desteği, yüzyılın ilk yarısında yükü omuzlayan Andrew Carnegie gibi özel hayırseverlere bırakılmayacaktı. Bilim için devasa devlet desteğine geçiş, “Bilim: Sonsuz Sınır” (Science: The Endless Frontier) adlı 1945 tarihli bir rapordan kaynaklanmıştır. İlginçtir ki, o zaman Carnegie Enstitüsü başkanı olan Vannevar Bush (1890–1974) tarafından yazılmıştır. Bush’un, son yıllarda büyük bir kısmı uygulandığı için bugün sıradan görünen raporu, bilimsel araştırmanın ekonomik büyümenin temeli olduğunu ve federal hükümetin bu araştırmayı teşvik edecek mantıksal üstlenici olduğunu savundu. 1950’de, büyük ölçüde onun ısrarı üzerine, Ulusal Bilim Vakfı kuruldu. Bu kuruluş, Amerika Birleşik Devletleri’ndeki temel araştırmalar için ana fon kaynaklarından biri olmaya devam ediyor.

Ancak bilimi finanse etme yöntemi değişirken bile, tek başına olan hükümetleri büyük araştırma projeleri için çok uluslu destek aramaya zorlayacak başka bir eğilim başlıyordu. Basitçe ifade etmek gerekirse, bilim hükümetlerin tek başlarına ve yardım almadan destek veremeyeceği kadar pahalı olmaya başladı.

Bu eğilimin bir örneği olarak maddenin temel bileşenlerinin incelenmesi olan temel parçacık fiziğini alabiliriz. Bu fizik alanı, hızlandırıcı olarak bilinen bir makineyi gerektirir. Özünde, bir hızlandırıcı; protonlar veya elektronlar gibi bir parçacık demetini alır ve onları yüksek bir hıza kadar hızlandırır. Bu demet daha sonra bir hedefe yönlendirilir ve fizikçiler, çarpışma enkazında hedefin nasıl bir araya getirildiği hakkında bilgi ararlar. Parçacık demetinin enerjisi ne kadar yüksekse, parçacıklar o kadar hızlı hareket eder ve hedefin derinliklerine nüfuz edebilirler. Başka bir deyişle yüksek enerji, maddenin temel yapısı hakkında daha fazla bilgiye dönüşür.

1930’larda üretilen ilk hızlandırıcılar masaüstü işleriydi, onları elinizde tutabilirdiniz ve nispeten ucuzlardı. Alan ilerledikçe, hızlandırıcılar büyüdü ve daha pahalı hâle geldi. Fer-

mi Ulusal Hızlandırıcı Laboratuvarı 1970’lerde Chicago’nun dışında kurulduğunda, -onlarca yıldır dünyanın en büyüğü olarak kalmayı başaran makinenin- maliyeti yüz milyonlarca dolardı ve bu, o günler için çok paraydı. Bu makine, bir buçuk km genişliğinde dairesel bir tünel içine yerleştirildi ve muhtemelen tek bir ulus tarafından üstlenilen bu türden en büyük projeydi. Texas ovalarının 87 km altındaki bir tünele yerleştirilecek olan Süper İletken Süper Çarpıştırıcısı isimli devam makinesi, öngörülen maliyeti altı milyar doları aştığında Science: The Endless Frontier 1993’te Kongre tarafından reddedildi. Gerçekte, maddenin temel yapısı hakkında bilgi edinmek o kadar maliyetli hâle gelmişti ki, dünyanın en büyük ekonomisi bile onu destekleyemiyordu. Aşağıda göreceğimiz gibi, İsviçre’deki mevcut en büyük makine olan Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (LHC), dünyanın tüm gelişmiş ülke-lerinin katkılarıyla desteklenmektedir. Başka bir deyişle, bilim büyüyüp masraflı hâle geldikçe, basit ekonomik güçler onu çokuluslu olmaya da itiyor.

Amerikan’ın II. Dünya Savaşı’nın ardından gerçekleşen yükselişine, Avrupa ve dünyanın diğer bölgelerindeki olaylar hızla karşılık verdi. Sonuçta, Vannevar Bush’un ekonomik kalkınmada bilimsel araştırmanın önemi hakkındaki argümanı sadece Birleşik Devletler için geçerli değildi ve sanayileşmiş (veya sanayileşen) toplumların her birini ilgilendiriyordu. Avrupalılar, Bush’un fikirlerini ABD’den sonra uygulamaya koyan ilk milletler arasındaydı. Elbette o zamandan beri, devletin araştırma desteği Japonya’ya ve diğer Asya ülkelerine ve artık Çin’e yayıldı. Batı dünyası dışındaki bu tür kurumsal tepkilere bir örnek olarak Hindistan’daki Tata Enstitüsü’nün kuruluşuna bakacağız.

1954’te yaklaşık 12 Avrupa ülkesi, İngilizce başlığı “European Council for Nuclear Research” (Avrupa Nükleer Araştırma Konseyi) olan ve Fransızca kısaltması CERN olarak bilinen bir enstitü kurdu. Laboratuar, sembolik olarak İsviçre-Fransa sı-

nırına yerleştirilmiş, İsviçre dışına kurulmuştur. Buradaki fikir, üye devletlerin her birinin laboratuara katkıda bulunması ve bunun karşılığında o eyaletteki bilim insanlarının laboratuvarın tesislerine erişebilmesiydi. Kitap kaleme alınırken eski komünist ülkelerin eklenmesiyle, CERN'nin üye sayısı 20'ye yükseldi. Romanya ve Sırbistan gibi birçok devletin katılım müzakereleri ise sürmektedir. Ek olarak, "gözlemci" statüsündeki altı devlet (ABD dâhil) ve bilim insanları CERN'e erişimi olan ve araştırmaya katılan düzinelerce daha devlet (özellikle üçüncü dünya ülkeleri) vardır. Gerçekten de, laboratuvarın Alpler'in muhteşem manzarasıyla kafeterya terasında otururken, o kadar çok dilin konuşulduğunu duyarsınız ki, minyatür bir Birleşmiş Milletler'de olduğunuzu sanabilirsiniz.

Bu durum, bilim camiasının çalışma şeklinin önemli bir yönünü göstermektedir. Büyük araştırma tesisleri sanayileşmiş ülkelerde bulunsa da, dünyanın geri kalanından bilim insanlarını getirmek için özel çaba harcanması gerektiği konusunda tam olarak anlaşılmıştır. Örneğin, Amerikan ve Avrupa üniversiteleri, lisansüstü programlarında üçüncü dünya öğrencilerine rutin olarak yer açarlar ve profesyonel kuruluşlar, bilimsel dergiler gibi şeylerin yaygın olarak erişilebilir olduğundan emin olmak için çaba gösterirler. Ek olarak, üçüncü dünya bilim insanlarının ve ana akımın dışında olduğu düşünülen diğerlerinin, sırf iletişim kanallarını açık tutmak için büyük uluslararası toplantılara davet edilmesi alışılmadık bir durum değildir. Mesela Soğuk Savaş sırasında -ceketlerinin altında şüpheli şişkinlikler olan bazı "bilim insanları" bazı eleştirilere neden olsalar da- Amerikan toplantılarına davetler genellikle o zamanlar Demir Perde ülkeleri olarak adlandırılan ülkelere gönderiliyordu.

Yirminci yüzyılın son kısmı boyunca CERN, bilimsel araştırma için önemli bir merkez olarak hizmet etti. Muhtemelen günlük yaşam açısından en önemli gelişme 1989'da CERN'deki iki fizikçi, Tim Berners-Lee ve Robert Cailliau, çeşitli laboratuvarlardaki bilgisayarların birbirleriyle veri alışverişi

yapmasına izin verecek bir proje üzerinde çalışırken gerçekleşti. Bu, araştırmalarını daha verimli hâle getirme girişimi olarak başlamış olsa da, genel anlamda dünya bir çapında ağın başlangıcı olarak kabul edilmektedir. İkili, “hiper metin aktarım protokolü” (hyper text transfer protocol) adı verilen ve günümüzde web sitelerinde gördüğünüz “http” ifadesinin nedeni olan şeyi geliştirdiler. (“Web” ve “internet” terimlerinin eşanlamlı olarak kullanılmasına rağmen, ikisinin farklı geçmişlere sahip olduğunu ve internetin Amerika Birleşik Devletleri’nde Ulusal Bilim Vakfı ve Savunma Bakanlığı’nın desteğiyle geliştirildiğini not etmeliyiz.)

Web’in gelişimi, -yani görünüşe bakılırsa pratik olmayan temel araştırmalardan muazzam sosyal değişimin üretilmesi- aşağıda tekrar bahsedeceğimiz bir sürecin örneğidir. 1989’da Berners-Lee’ye “protokolünün” arkadaşlarınızla iletişim hâlinde kalmanıza veya bir havayolu rezervasyonu yaptırmanıza izin verip vermediğini sormuş olsaydınız, neden bahsettiğiniz hakkında hiçbir fikri olmazdı. Yine de, icadı tam da buna yol açtı.

Hindistan’da da benzer bir gelişme yaşandı. Hint Atom Enerjisi programına dahil olan bilim insanlarından biri olan Homi Bhabha 1944’te, Hindistan’daki büyük bir hayırsever kuruluş olan Tata Trust’a temel bilim ve matematik araştırmalarına adanmış bir enstitüyü finanse etmeleri fikriyle başvurdu. O zamandan beri enstitü nükleer araştırma ve bilgi işlem (ilk Hint dijital bilgisayar orada inşa edildi) ile uğraştı dahası 2002’de üniversite olarak tanımlandı. Bugün enstitü, alt kıtanın her yerine dağılmış parçacık hızlandırıcıları, radyo teleskopları ve balon gözlemlerini işletiyor. Özel parayla finanse edilmiş olmasına rağmen, bugünlerde desteğinin çoğu Hindistan hükümetinden geliyor.

Yeni Küreselleşme ve Büyük Bilim

Yukarıda belirttiğimiz gibi, bilimin küreselleşmesinin arkasındaki itici güçlerden biri, ön araştırma yapmak için gereken

araştırma araçlarının büyüklüğüdür. Bu kısımda, bu eğilimi simgeleyen iki modern uluslararası işbirliğine bakacağız: İsviçre’deki Büyük Hadron Çarpıştırıcısı ve Güney Kutbu’nda-ki IceCube Projesi. Daha sonra birkaç bireysel vakada bilimin uluslararası doğasının nasıl işlediğini görmek için Batılı olmayan birkaç bilim insanının (çoğu Nobel ödüllü) hayat hikâyelerine göz atacağız. Son olarak, küreselleşmenin bir başka örneği olarak, yeni bilimsel keşiflerin modern dünyada günlük yaşama girme şeklini, yani “araştırma hattı” olarak adlandıracağımız şeyi tartışacağız.

IceCube

Aşağıda daha ayrıntılı olarak açıklayacağımız bu proje, var olan en zor parçacığı, yani nötrinoyu (“küçük nötr”) saptamak için tasarlanmıştır. Adından da anlaşılacağı gibi, nötrinonun elektrik yükü ve neredeyse hiç kütlesi de yoktur. Dahası, nötrinolar diğer madde biçimleriyle son derece zayıf bir şekilde etkileşime girerler. Örneğin, siz bu satırları okurken tek bir atomunuzu bile rahatsız etmeden milyarlarcası vücudunuzdan geçiyor. Aslında, nötrinolar, ışık yılı kalınlığındaki kurşun tabakadan hiçbir etkileşim olmaksızın geçebilirler. Bu da onların tespit edilmesini çok zorlaştırır. Temel strateji, içinde çok sayıda atom bulunan bir dedektör inşa etmek ve arada bir geçen bir nötrinonun bunlardan birine çarpacağını ummaktır.

Zorluğuna rağmen, bilim insanları bu nadir nötrino etkileşimlerini tespit etmenin bol miktarda bilgi verdiğini keşfettiler. Bunun nedeni, nötrinoların rutin olarak nükleer reaksiyonlarda üretilmeleri ve bu nedenle evrendeki en şiddetli olayların belirteçleri olmalarıdır. IceCube, bu olaylarda yaratılan yüksek enerjili nötrinoları tespit etmek için tasarlanmış bir araçtır.

Muhtemelen şimdiye kadar yapılmış en heyecan verici astronomik alet olan IceCube, Güney Kutbu’nda bulunan bir kü-

bik kilometrelik aletli buzdan başka bir şey değildir. Proje, 9 ülkeden yaklaşık 220 bilim insanını içerir. Bu sistemde, buz hem gelen nötrinolar için hem de etkileşimlerini kaydeden ortam için hedef görevi görür.

Çoğu insanın IceCube'u öğrendiğinde aklına gelen en bariz soru şudur: "Neden Güney Kutbu?" Yukarıda üzerinde durulan temel nokta; nötrino sıradan atomlarla nadiren etkileşime parçacığa ilişkin yeterli veri toplamanın tek yolunun, nötrinoların atomlarla etkileşime girme olasılığını artırmak adına, detektöre çok fazla atom koymak olmasıdır. Kozmik şiddeti işaret eden nötrinoların, bu işi yapması için bir kenarı bir kilometre olan devasa bir su tankına ihtiyacınız olacaktır. Elbette bu kadar büyük bir şey inşa etmemiz çok zor. Ancak Güney Kutbu, 2.800 metre kalınlığındaki bir buz tabakasının üzerine oturur. Ek olarak, uçaklar ne kadar uzak olsa da düzenli olarak Güney Kutbu İstasyonu'na uçmaktadır. Bu nedenle bilim insanlarının ve ekipmanların taşınması süreci yönetilebilir.

IceCube'u inşa etme tekniğini tarif etmek basittir. Buzda delik açmak için yüksek basınçlı ısıtılmış su kullanılır. 2500 metrelik bir deliğin tamamlanması yaklaşık 40 saat sürer. Bir dizi detektör içeren bir kablo deliğe indirilir ve etrafındaki suyun donmasına izin verilir. Bir nötrino, buzdaki bir atomla reaksiyonu tetiklediğinde, yeni oluşturulan parçacıklar çevredeki buzla etkileşime girerek ışık parlamaları üretir. Bu parlamalar kablolar üzerindeki aletler tarafından kaydedilir. Bu verilerden, yüzeydeki bilgisayarlar orijinal nötrininin özelliklerini yeniden oluşturabilir. Örneğin, enerjisini ve geldiği yönü hesaplayabilirler.

Ocak 2011 itibariyle, 86 alet dizisinin tamamı kurulmuş ve veri almaktadır. Bu düzeneğin şaşırtıcı bir yönü; IceCube'un, Kuzey Kutbu'nun üzerindeki atmosferde atomlarla çarpışan kozmik ışınların neden olduğu ve tüm Dünya'yı dolaşıp cihaza ulaşan nötrinoları bile tespit edebilmesidir! Bilim insanları, IceCube'un yaklaşık on yıllık bir süre içinde bir milyondan fazla

yüksek enerjili nötrino olayını kaydetmesini bekliyor. Bu bize, evrendeki en şiddetli olayları analiz etmek için muazzam bir veritabanı sağlayacak. Ama elbette, kozmik nötrinoları analiz etmeye başladığımızda gerçekleşmesi muhtemel en önemli şey -bir bakıma evrende herhangi bir yeni pencere açtığımızda ortaya çıkan en önemli şey yani- beklemediğimiz şeydir.

IceCube ile ilgili ilginç bir nokta, aslında tek bir sanayileşmiş ülke tarafından inşa edilmesinin mümkün olabileceğidir. Zira o kadar da pahalı değildir. O hâlde projenin uluslararası yönleri, bilimin doğuştan gelen, milliyeti ne olursa olsun benzer araştırma alanlarına sahip insanları bir araya getirme eğiliminden kaynaklanmaktadır. Şimdi bahsedeceğimiz LHC'nin durumu ise biraz daha farklı.

Büyük Hadron Çarpıştırıcısı

Bugün CERN, bilim camiasında yüksek enerjili fizik araştırmaları için geleceğin dünya merkezi olarak biliniyor. Bunun nedeni, dünyanın en yüksek enerji hızlandırıcısı olan Büyük Hadron Çarpıştırıcısı olarak bilinen makinedir. ("Hadron" -yani kuvvetli etkileşime giren- fizikçilerin atomun çekirdeklerinde bulunan proton gibi parçacıkları belirtmek için kullandıkları terimdir.)

Muhtemelen şimdiye kadar yapılmış en karmaşık makine olan LHC, yerin 152 metre altında 27 km'lik bir tüneli kaplar. CERN'in uluslararası yapısına uygun olarak, tünel aslında Fransa-İsviçre sınırını geçer ve böylece parçacıklar makinede kaldıkları süre boyunca bir ülkeden diğerine sayısız kez geçmiş olur. Makinenin asıl kalbi, yüksek vakumda tutulan ve içinde parçacıkların zıt yönlerde dolaştığı iki borudur. Tünelin etrafındaki belirli yerlerde, ışınların bir araya gelip çarpışmalarına izin verilir -bu nedenle makineye "çarpıştırıcı" denir- ve evrenin ilk anından beri görülmemiş sıcaklıklar üreterek, çok kısa bir anda parçacıkların tüm enerjisi proton büyüklüğünde bir

hacme boşaltılır. Büyük binalar boyutundaki dev detektörler, çarpışma alanlarını çevreleyen ve nükleer girdaptan çıkan her şeyi tespit eder.

Bir sonraki bölümde bilim insanlarının LHC’de bulmayı umdukları şey hakkında biraz konuşacağız. Ancak bu noktada makinenin uluslararası doğası hakkında basitçe yorum yapabiliriz. İlk olarak, dokuz milyar doları aşan bir bütçeyle şimdiye kadar yapılmış en pahalı bilimsel alettir. Ulusal araştırma kurumlarının çoğunun bütçesinin çok ötesindedir. Makinenin tasarımına ve yapımına 100’den fazla ülkeden 10.000’den fazla bilim insanı ve mühendis katılmıştır. Bu nedenle LHC, araçların maliyetinin ve karmaşıklığının yalnızca artmasının beklendiği gelecekte bilimsel araştırmanın nasıl yürütüleceğine dair bir model olarak alınabilir.

Eylül 2008’de ilk proton ışınları makinede dolaştırıldı, ancak birkaç gün sonra büyük bir elektrik sorunu makineyi kapattı ve onarım bir yıl sürdü. Bazı insanlar bu olaylardan dolayı CERN personelini eleştirse de yazara roket bilimcisi Werner von Braun’un bir yorumu hatırlatıldı: “Makineniz ilk kez çalıştırdığınızda çalışıyorsa, aşırı tasarlanmıştır.” Her halükârda, Kasım 2009’da, makine tekrar çalıştı ve kısa bir süre sonra yarı enerjide proton çarpışmaları kaydedildi.

Araştırma Hattı

Bu kitap boyunca, bilim -evren hakkındaki bilgimiz- ve teknoloji -insanın şartlarını iyileştirmek için bu bilgiyi kullanma yeteneğimiz- arasındaki yakın bağlantıya değindik. Web’in gelişiminin gösterdiği gibi, en pratik değilmiş gibi görünen fikirlerin bile muazzam sosyal sonuçları olabilir. Bu kısımda, modern teknolojik toplumlarda sürecin işleyişine biraz daha detaylı bakacağız. Temel zihinsel imajımız, araştırma hattı dediğimiz şeydir, yani bir fikri soyutlamadan gerçek bir ürüne taşıyan geliştirme aşamaları. Bu hattı üç kısma ayıraca-

ğiz: “temel araştırma”, “uygulamalı araştırma” ve “araştırma ve geliştirme (Ar-Ge)”. Kısımlar arasındaki sınırlar oldukça belirsizdir, ancak üç farklı tür bilimsel etkinliği işaret ederler.

Temel araştırmayı, gelecekteki olası faydalara bakılmaksızın, öncelikle doğa hakkındaki gerçekleri keşfetmek için yapılan araştırma olarak tanımlayabiliriz. Bazen basitçe araştırılan konuya bakarak birisinin temel araştırma yaptığını anlayabilirsiniz. Mesela, uzak bir galakside bir süpernova üzerinde çalışan bir bilim insanının, çalışmalarının pratik uygulamalarını aklında bulundurması pek olası değildir. Bununla birlikte, çoğu zaman temel araştırma olarak kabul edilebilecek şeyin sınırı bulanıktır. Örneğin yeni bir malzemenin özelliklerini araştıran bir kimyager, temel araştırma olarak nitelendirilebilir şekilde, atomlar arasındaki etkileşimin daha derin bir anlayışını veya malzemenin ticari olarak yararlı olmasını sağlayacak özelliklerini arıyor olabilir, ki bu temel araştırma olarak nitelendirilemez.

Genel olarak, Amerika Birleşik Devletleri’nde temel araştırmalar üniversitelerde ve devlet laboratuvarlarında yapılır. Vannevar Bush’un felsefesini izleyen bu çalışma; Ulusal Bilim Vakfı, Ulusal Sağlık Enstitüleri ve Enerji Bakanlığı gibi kurumlar aracılığıyla büyük ölçüde federal hükümet tarafından desteklenmektedir.

Adından da anlaşılacağı gibi, araştırma hattında uygulamalı araştırmanın bir sonraki adımı, belirli bir ticari veya teknik amaç göz önünde bulundurularak yürütülen araştırmadır. Yukarıda belirtildiği gibi, temel ve uygulamalı araştırma arasındaki sınır keskin değildir. Gaz karışımında yanmanın yayılmasını inceleyen bilim insanları; örneğin daha iyi bir otomobil motoru tasarlamaya çalışıyorlarsa uygulamalı araştırma, Güneş yüzeyindeki işaret fişeklerini inceliyorlarsa temel araştırma yapıyor olabilirler. Amerika Birleşik Devletleri’nde uygulamalı araştırma kısmen Savunma Bakanlığı ve NASA gibi devlet kurumları ve kısmen de özel şirketler tarafından desteklenmektedir.

Araştırma hattındaki son aşama, genellikle Ar-Ge olarak kısaltılan araştırma ve geliştirmedir. Böylece temel araştırmayla başlayan ve uygulamalı araştırmada olası bir fayda sağlayacak şekilde geliştirilen fikir, ticari olarak uygulanabilir bir ürüne dönüşür. Bu aşamada maliyet ve pazar talebi gibi bilimsel olmayan faktörler devreye girmeye başlar. Ar-Ge, Amerika Birleşik Devletleri'nde genellikle hükümet sözleşmeleriyle desteklenmesine rağmen, esas olarak özel şirketler tarafından yürütülmektedir.

II. Dünya Savaşı'ndan bu yana, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki araştırma yönetiminin birincil amacı; araştırma hattını dolu tutmak, yeni fikirler ortaya çıkaran temel araştırmaları, yararlı olabilecekmiş gibi görünen fikirleri geliştiren uygulamalı araştırmaları ve Ar-Ge'yi yararlı bir ürüne dönüştürmek olmuştur. Şimdiye kadar model oldukça iyi çalıştı ve özellikle Avrupa ve Asya'daki ülkeler tarafından benimsendi. Kısacası, bilimin yeni küreselleşme eğiliminin bir başka yönü hâline geldi.

Bazı Müstakil İsimler

Batılı olmayan birkaç bilim insanının yaşamlarına kısaca bir göz attığımızda görebileceğimiz üzere, bilimin küreselleşme eğilimi bir süredir artıyor. Japonya'daki Hideki Yukawa'nın (1907–87) 1949'da Nobel Ödülü'ne layık görülmesiyle sonuçlanan çalışmalarını inceleyerek başlayacağız. Ardından 1930'da Nobel Ödülü alan Hintli bilim insanı Chandrasekhara Raman'ın (1888–1970), çalışmaları son Nobel Ödüllerinde ortaya çıkan ancak kendisi ödülü hiç alamayan Satyendra Bose'nin (1894–1974) ve son olarak 1983'te Nobel Ödülü alan Subrahmanyam Chandrasekar'ın (1910–95) katkılarına göz atacağız. Hayatına Hindistan'da başlayıp Chicago'da bitirdiğinden Chandrasekar, bilimin yeni küreselleşmesinin iyi bir sembolüdür.

Hideki Yukawa, Tokyo'da doğdu ve -o zamanki adıyla- Kyoto İmparatorluk Üniversitesi'nde eğitim gördü. 1935'te Osaka Üni-

versitesi'nde öğretim görevlisi iken, kuvvetler hakkında düşünme şeklimizi tamamen değiştiren “Temel Parçacıkların Etkileşimleri Üzerine” başlıklı bir makale yayımladı. Şu anda kuantum alan teorisi olarak adlandırılan tekniklere öncülük etse de, katkısı en kolay şekilde Belirsizlik İlkesi açısından anlaşılabilir.

Heisenberg'e göre, hem bir sistemin enerjisini hem de o enerjiye sahip olduğu zamanı aynı anda bilmek imkânsızdır. Bu özünde bir sistemin enerjisinin, bizim dalgalanmayı algılayabilmemizden kısa bir süre içinde dalgalanabileceği anlamına gelir. Eğer enerji $E = mc^2$ miktarında dalgalanırsa, (burada m bir parçacığın kütlesidir) o parçacık enerjinin korunumu ihlal ettiğini görmeden, bu kısa süre boyunca mevcut olabilir. Bu sözde “sanal parçacıklar”, modern fiziğin temel dayanağıdır. Ancak Yukawa onları, çekirdeği bir arada tutan güçlü kuvveti açıklamak için kullandı. Onun fikri güçlü kuvvetin, çekirdekteki protonlar ve nötronlar arasında henüz keşfedilmemiş bir sanal parçacığın değiş tokuşu ile üretilebileceğiydi. Güçlü kuvvetin; özelliklerinden ötürü, protonun $1/7$ 'si civarında bir kütleyle sahip olması gerektiğini öngördü. Bu parçacık kozmik ışın deneylerinde görüldüğünde (artık π mezon veya “pion” olarak adlandırılır); Yukawa kuvvetler teorisi, parçacık fiziğinin standart bir unsuru hâline geldi. Bölüm 12'de modern bilimin sınırları hakkında konuştuğumuzda sanal parçacık değişimi fikri ile tekrar karşılaşacağız.

C.V. Raman akademik bir evde büyüdü (babası fizik ve matematikte öğretim görevlisiydi) ve o zamanlar Madras (şimdiki Chennai) olan Başkanlık Koleji'nden doktorasını aldıktan sonra, Kalküta Üniversitesi'ne katıldı. 1928'de, ışığın atomlar veya moleküller ile etkileşimini içeren ve şimdi Raman saçılması olarak bilinen bir süreci keşfetti. Bir atom ışığı emdiğinde enerjiyi, elektronları daha yüksek Bohr yörüngelerine taşımak için kullanabilir ve elektron normalde emdiği frekansta ışık yayarak orijinal durumuna geri döner. Ancak bazen elektron, başladı-

ğı yörüngeden farklı bir yörüngeye geri döner ve sonuç, ışığın farklı bir frekansta yayılması olur. Bu, Raman saçılımıdır ve şu anda her türden malzemenin kimyasal bileşimini belirlemenin bir yolu olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Raman, keşfinden dolayı Nobel Ödülü'nün yanı sıra birçok onursal ödül aldı.

S.N. Bose Kalküta'da, bir demiryolu mühendisinin oğlu olarak doğdu. Günümüzde Dakka Üniversitesi olan okula katılmadan önce Kalküta Üniversitesi'nde birkaç yıl ders verdi. Bunu bilim tarihinin en tuhaf olaylarından biri takip etti. Kuantum mekaniğindeki belirli bir problem üzerine bir konferans verdi ve o sırada fizikçilerin saymada temel bir hata gibi gördüğü şeyi yaptı. Burada ne demek istediğimi şu örnekle göstereyim: Diyelim ki iki bozuk para kullanarak yazı tura atıyorsunuz. Madeni paralar birbirinden açıkça ayırt edilebiliyorsa -örneğin biri kırmızı, diğeri maviyse-, yazı-tura gördüğünüz bir sonuç tura-yazı gördüğünüzden açıkça farklı olacaktır. Bununla birlikte, Bose'un argümanında, bu iki durum aynı şey olarak görülüyordu. Ancak bu, iki madeni para birbirinden ayırt edilemezse gerçekleşebilecek bir sonuçtu. Bu görünüşte temel hataya rağmen, Bose'un sonuçları fotonlar gibi parçacıklar için deneysel sonuçlarla eşleşiyor gibiydi.

Birkaç dergi reddettikten sonra makalesini Albert Einstein'a gönderdi. Einstein, Bose'un eserindeki değeri hemen fark etti, bizzat kendisi Almancaya çevirdi ve tanınmış bir Alman fizik dergisinde yayımlandığından emin oldu. Sonuç olarak, şimdi Bose-Einstein istatistiği olarak adlandırılan alan doğdu ve yukarıda belirtildiği gibi birçok modern fizik araştırmasının temeli hâline geldi. Temel nokta, fotonlar gibi birçok parçacığın birbirinden ayırt edilemez olması ve yukarıdaki örnekteki kırmızı ve mavi madeni paralar gibi ele alınamayacağıdır. Bose'un "hatasının" tüm bu atom altı nesneler sınıfına uygulanabildiği ortaya çıktı. Avrupa'da araştırmacı olarak iki yıllık bir görevden sonra kariyerinin geri kalanını geçirdiği Dakka Üniversitesi'ne döndü.

S. Chandrasekar veya bilim camiasında herkesçe bilinen adıyla “Chandra”, şu anda Pakistan’da yer alan Lahor’da doğdu. Profesyonel bir aileden geliyordu. Babası büyük bir demiryolu şirketinde genel müfettiş yardımcısıydı ve oğlunu kamu hizmeti için eğiteceğini umuyordu. Ancak amcası, benzer baskılarla karşı karşıya kalan ve akademik kariyer için bir rol model olan C.V. Raman’dı. Başkanlık Koleji’nde öğrenci olarak başarılı bir kariyerin ardından İngiltere’de okumak için burs kazandı. On dokuz yaşındaki Chandra, 1930’daki uzun deniz yolculuğunda, daha sonra Nobel Ödülü alacak bir makale çıkardı.

Çalışması, “beyaz cüce” adı verilen bir yıldız türünü içeriyordu. Beyaz cüceler, yakıtları bittikten sonra yerçekimi kuvveti altında çökmüş ve yaklaşık Dünya büyüklüğünde bir cisme dönüşmüş yıldızlardır. Daha fazla çökmesini engelleyen şey ise yıldızdaki elektronların daha fazla sıkışamayacağı gerçeğidir. Bilginiz olsun, Güneş yaklaşık beş buçuk milyar yıl içinde bir beyaz cüce olacak.

Bu yıldızların özellikleri üzerine, -ilerde Chandra’nın da çalışacağı- Cambridge bilim insanları tarafından yapılan ön hesaplamalar, yıldızdaki elektronların yavaş hareket ettiğı varsayımıyla yapılmıştı. Ancak Chandra, yıldızların iç kısmındaki yüksek sıcaklıklarda elektronların ışık hızının kayda değer bir oranında hareket edeceğini fark etti. Bu da Einstein’ın görelilik teorisiyle ele alınmaları gerektiğı anlamına geliyordu. Bunun her şeyi değıştirdiğı ortaya çıktı, çünkü yaptığı hesaplamalar bir beyaz cücenin sahip olabileceğı maksimum bir boyut olduğunu gösterdi. Bu boyut şimdi Chandrasekar sınırı olarak bilinir ve Güneş’in kütlesinin yaklaşık 1,5 katıdır. Bilimsel kamunun onun sonuçlarını kabul etmesi uzun sürsede, bu modern astrofiziğın dayanak noktası hâline geldi.

Her halükârda, 1933’te Cambridge’den diplomasını aldı ve 1936’da İngiltere’ye dönen bir gemideyken Chicago Üniversitesi’nde bir pozisyon için teklif aldı. Nişanlısıyla evlendikten

sonra, kariyerinin geri kalanında kaldığı Chicago'ya taşındı ve teorik fiziğin birçok alanına katkıda bulundu. Ölümünden sonra şu anda yörüngedeki X-ışını uydusu onun onuruna "Chandra" olarak adlandırıldı.

Fizikçi Freeman Dyson, Chandra'nın beyaz cüceler üzerindeki çalışmasının, evren görüşümüzde büyük bir değişimi işaret ettiğini ve Aristoteles'in modern zihin üzerindeki etkisini sonsuza kadar bozduğunu belirtti. Aristotelesçi görüşe göre evren, ebedi ve değişmeyen uyum ve barışın yeri idi. Chandra'nın gösterdiği şey ise evrenin aslında değişim ve bozulmayla dolu şiddetli bir yer olduğuydu. Güneş gibi durgun bir yıldız bile bir beyaz cüceye dönüşecekti. İlerleyen zamanda çalışmalar büyük yıldızların devasa süpernovalarda patlayarak pulsarlar ve kara delikler gibi garip nesneler ürettiğini gösterdiler. Günümüzde şiddet içeren evren kavramı yaygındır ancak Chandra'nın zamanında öyle değildi. O gerçekten kozmosta bir öncüydü.

Yazar da dâhil olmak üzere belirli bir yaştaki her bilim insanının bir Chandra hikâyesi vardır. Chicago Üniversitesi'ne sık sık ziyarete gelen bir öğretim üyesiydim ve onu, sırf varlığıyla bile fizik bölümüne yaptığı kıymetli katkısı ile hatırlıyorum. Her zaman gri bir takım elbise, beyaz gömlek ve muhafazakâr bir kravat giyerdi. Bir gün, bir bilimsel toplantıda genç bir fizikçi sicim teorisi üzerine bir konuşma yapıyordu (Bkz. Bölüm 12) ve teorinin matematiği çok zor olduğu için bu alandaki ilerlemenin yavaş olduğu noktasını gündeme getirdi. Konuşmanın sonunda Chandra ayağa kalktı ve 1930'larda genel göreliliği geliştiren diğerlerinin de aynı şekilde hissettiğini söyledi. "Sebat et," dedi. "Tıpkı bizim gibi başaracaksınız." Genç bir araştırmacıya söylenecek ne harika bir şey!

BİLİMİN SINIRLARI

Bu kitapta, bilimin gelişimini ilkel kökenlerinden tümüyle modern biçimine kadar izledik. Başka bir deyişle, bilimin nerelerde olduğunu gördük. Öyleyse, bu son bölümü nereye gittiğinin araştırılmasına ayırmak yerinde olacaktır. Aslında, geçtiğimiz yarım yüzyılda bilimsel çalışmalarda ortaya çıkan birkaç önemli eğilimi; bilimsel sınırların belirli örneklerini, bağlama oturtmaya yardımcı olabilecek eğilimleri belirleyebiliriz.

Bölüm 11’de, küreselleşmeyi, bilimlerde büyüyen bir eğilim olarak tanımladık ve ön araştırmanın artan maliyetinden bahsettik. Belirli bir bilim büyüdüğü, sorulan soru türlerinin ve bu soruları yanıtlamak için gereken ekipmanın değiştiği açık bir gerçektir. Bilimsel araştırmanın, Avrupalı yerleşimciler tarafından Amerika’nın batısını keşfetmesine benzer olduğunu düşünmek hoşuma gidiyor. Başlangıçta hiç kimse arazinin topografyası hakkında fazla bir şey bilmiyorken, keşif biçimi Lewis ve Clark keşif gezisi gibi bir şeydi. Yani dağlar ve nehirler gibi önemli özellikleri belirlemek için hızlı bir araştırma. Ancak eninde sonunda, bu ilk keşif

gezilerinin yerini, yeni bölgenin metre metre, zahmetli bir haritalaması olan jeolojik araştırma aldı.

Aynı şekilde, yeni bir bilim alanı açıldığında da ilk görev, onun ana özelliklerini belirlemektir. Bu işlem genellikle pahalı ekipman gerektirmez. Bununla birlikte, bu ilk keşif bittikten sonra ayrıntılar üzerinde çalışma görevi başlar. Sorular daralır ve araştırmalar daha karmaşık hâle gelir. Bu genellikle sadece daha fazla bilim insanının çalışmasını değil -aynı zamanda temel parçacık fiziği durumunda gördüğümüz gibi-, daha pahalı ekipmanları da içerir. Bu, üniversitelerdeki bireysel laboratuvarlar için bile geçerlidir. Ancak masraf yeterince yükseldiğinde -daha önce gördüğümüz gibi-, küreselleşmeyi teşvik etmede itici bir faktör hâline gelir. Bu nedenle, bu karmaşıklaşma sürecinin gelecekte de devam etmesini ve yirmi birinci yüzyıl biliminin tanımlayıcı bir özelliği olmasını bekleyebiliriz.

Aşağıda, günümüzde bilim insanlarını birkaç alanda meşgul eden sorunları inceleyeceğiz. Bu, bilimin sınırlarının kapsamlı bir görüşü değil, daha ziyade karmaşıklaşma eğiliminin birkaç alanda nasıl işlediğinin bir örneğidir.

Sicim Teorisi ve Higgs

Maddenin temel yapısını anlama arayışı, gördüğümüz gibi Yunanlılara kadar uzanıyor. Bu anlayışın nasıl derinleştiğini, malzemelerin nasıl atomlardan yapıldığını, atomların çekirdeklerinin nasıl parçacıklardan oluştuğunu ve bunun da kuarklardan yapıldığını nasıl öğrendiğimizi gördük. Bu süreçteki bir sonraki -ve muhtemelen son adım, sicim teorileri denen şeyin geliştirilmesidir. Özünde bu teoriler, maddenin nihai bileşenlerini (kuarklar gibi) mikroskobik titreşimli sicimlerden oluşmuş olarak ele alır ve temel karmaşa, sicimlerin 10 veya 11 boyutta titreşiyor olmasından kaynaklanır. Bu ise, teorilerin matematiğini oldukça karmaşık hâle getirir. (Son bölümde “Chandra” hikâyesinde değinilen du-

rum.) Bununla birlikte, bu teorilerin bazı temel kavramları LHC’de test edilecektir.

Çoğu fizikçi, LHC’nin ilk görevinin “Higgs” adlı bir parçacığı bulmak olduğunu söyler. İsmi, varlığını ilk kez öneren İskoç teorik fizikçi Peter Higgs’den alır ve parçacıkların (ve buna bağlı olarak sizin ve benim) neden kütleye sahip olduğunu açıklaması beklenir.

Bir açıklama yapacak olursak: Maddesel nesnelerin sahip olduğu belirli temel özellikler vardır. Elektrik yükü ve kütle buna iki örnektir. On dokuzuncu yüzyılda fizikçiler elektrik yükünün doğasını incelemeye başladıklarında, işlerinden evinize güç sağlayan elektrik jeneratörleri gibi muazzam pratik faydalar elde edildi. Kütle ise her zaman biraz daha gizemli olmuştur ve kimse herhangi bir maddi nesnenin neden kütle-sinin olduğunu gerçekten açıklayamaz. Higgs’in teorik öngörülerinin bu kadar önemli olmasının nedeni de budur. Çünkü eğer parçacığı LHC’de bulunursa, fizikçiler ilk kez kütle için makul bir açıklamaya sahip olacaklardır.

Higgs mekanizmasının nasıl çalıştığını anlamanıza yardımcı olacak bir benzetme yapalım. Bir havaalanı yolcu salonunda iki kişi olduğunu varsayalım: iki büyük valizi taşıyan iri yarı bir adam ile zayıf ve çantasız genç bir kadın. Farz edelim ki, her ikisi de yolcu salonu boşken aynı hızda hareket ediyorlar.

Şimdi salon kalabalık olduğunda ne olacağını hayal edin. Valizli adam insanlara çarpacak, engellerin etrafında manevra yapacak ve genellikle yavaş hareket edecekken, genç kadın ise kalabalığın içinde hızla ve rahatça hareket edecektir. Salondaki kalabalık bizim için görünmez olsaydı ve sadece iki kahramanımızı görebilseydik, adamın daha yavaş hareket ettiğinden daha büyük bir kütleye sahip olduğu sonucuna varabilirdik. Higgs, -benzer şekilde- henüz görülmemiş parçacıklar (şimdi onun adını taşıyan parçacıklar) deniziyle çevrili olduğumuzu öne sürdü. Normalde kütle ile ilişkilendirdiği-

miz ivmeye karşı direnç, aslında sıradan maddenin bu parçacıklarla etkileşiminden başka bir şey değildi. Başka bir deyişle, bizim benzetmemizde görünmeyen kalabalık, Higgs parçacığının rolünü oynar. Teorisyenler, LHC'deki çarpışmaların ayda birkaç Higgs parçacığı üreteceğini tahmin ediyor. Bu nedenle bilim insanlarının bir keşif iddiasında bulunmasına izin vermeye yetecek kadar verinin birikmesi biraz zaman alabilir.

Ek olarak sicim teorisinin bazı versiyonları, henüz bilinmeyen parçacıklardan oluşan bir takımın varlığını öngörür. Bildiğimiz parçacıkların “süper simetrik ortakları” olarak adlandırılırlar ve genellikle parçacık adının önüne yerleştirilen bir “s” ile gösterilirler. Örneğin elektronun ortağı selektron olarak adlandırılır. Bu parçacıkların araştırılması da LHC gündeminin bir parçasıdır.

Kararlılık Adası

John Dalton, 1808'de modern atom teorisini tanıttığında, kimyagerler birkaç düzine kimyasal elementi biliyordu. Diğer yandan Dmitri Mendeleyev, 1869'da elementlerin periyodik tablosunun ilk versiyonunu oluşturduğunda, -doğal olarak oluşan- kimyasal elementlerin çoğu biliniyordu. Bu elementlerin incelenmesinden çıkan genel durum şudur: Atomların çekirdeklerinin pozitif yüklü protonlar ve elektriksel olarak nötr nötronların kombinasyonlarından oluştuğunu biliyoruz. Hafif çekirdekler için proton ve nötron sayısı eşittir, ancak nötronlar daha ağır çekirdeklerde baskın olma eğilimindedir. Ne kadar çok proton varsa, elektriksel itme o kadar güçlüdür ve çekirdeği bir arada tutmak o kadar zor olur. Bu nedenle çekirdek ne kadar ağır olursa, elektriksel itmeyi “seyreltmek” için daha fazla nötron paketlenmedikçe radyoaktif bozunmaya uğrama olasılığı o kadar yüksek olur. Doğa bunu normalde 92 proton ve 146 nötron içeren uranyuma kadar yapabilir. Bu en yaygın uranyum formu, yaklaşık 4,5 milyar yıllık yarı ömrü

ile aşığı yukarı Dünya'nın yaşı ile aynı zamanda radyoaktif bozunmaya uğrar. Bu nedenle uranyumun neredeyse (ancak tam olarak değil) kararlı olduğunu düşünebilirsiniz. Uranyumu geçen tüm çekirdekler (yani 92'den fazla proton içeren tüm çekirdekler) kararsızdır.

Bu, bilim insanlarının “trans uranyum” elementleri üretmeye ve incelemeye çalışmasını engellememiştir. Aslında bu çekirdeklerin üretimi 1940'lardan beri, fizikte bir tür küçük ev endüstrisi hâline geldi. Temel prosedür, iki hafif çekirdeğı yüksek enerjide bir araya getirmek ve zaman zaman ortaya çıkan çorbadaki proton ve nötronların, henüz bilinmeyen bir kimyasal element üretecek şekilde kendilerini düzenleyeceğini ummaktır. Bu yeni unsurlar çok istikrarsız olma eğilimindedir ve genellikle bir saniyeden daha kısa sürede bozunur.

On yıllar geçtikçe uranyum dışındaki elementler de doldurulmaya başlandı. Daha sonra bu elementlere verilen isimler, bir bakıma keşiflerinin hikâyesini de anlatır: Berkelium (element 97), Dubnium (adını o zamanlarımız Sovyetler Birliği'ndeki Dubna Ortak Nükleer Araştırma Enstitüsü'nden alan 105 numaralı element), Darmstatium (element 110). Diğer elementlere ünlü bilim insanlarının adı verildi; Örneğın Einsteinium (element 99) ve Mendelevium (element 101). Temel yol her zaman, protonların elektriksel itişini “seyreltmek” için bu nötr parçacıkları kullanarak, mümkün olduğu kadar fazla nötronu yeni çekirdeğı sıkıştırmaya çalışmak olmuştur. Nisan 2010'da bilim insanları, 117. elementi üretmek için bir kalsiyum çekirdeğini bir berkelyum çekirdeğine parçaladıklarını ve böylece artık 118'e kadar olan periyodik kutuyu tamamen doldurduklarını açıkladılar.

Bu süper ağır elementlerin hiçbirisi (genellikle 110'dan sonraki çekirdekleri tanımlamak için kullanılan bir terim), herhangi bir pratik kullanıma sahip olmak için yeterince büyük miktarlarda üretilmemiştir. Ancak bu gelecekte değişebilir. Bilim

insanları, belirli sayıda nötron ve proton içeren çekirdeklerin alışılmadık şekilde kararlı ve sıkı bir şekilde bağlı olduğunu uzun zamandır biliyorlar. Bunlar bazen gayri resmi tartışmalarda protonların ve nötronların “sihirli sayıları” olarak anılır. Teorisyenler, 126 elementi civarında bir yerde, bu sihirli sayıların bir kez daha kararlı olan elementler üretmek için birleşebileceğini tahmin ediyorlar. Periyodik tablodaki henüz ulaşılmamış olan bu bölgeyi “kararlılık adası” olarak adlandırıyorlar. “Ada”ya yaklaştıkça, yeni çekirdeklerinin yaşam sürelerinin milisaniyeden saniyeye, saatlerden günlere ve (belki) yıllara doğru yavaşça artmasını bekliyorlar. Bu sonuç için bir miktar umut, bazı biçimleri 100 milisaniyeden fazla süren 117. elementteki verilerden geldi.

Fizikçiler, adaya ulaşmak için çok ağır çekirdeklerin yoğun ışınlarını hızlandırabilen bir makineye ihtiyaç duyacaklar. Böylece ortaya çıkan süper ağırlıklara fazladan nötronlar sıkıştırılabileceklerini düşünüyorlar. Michigan Eyalet Üniversitesi, gelecekte bu tür araştırmalar için muhtemelen en önde gelen makine olacak olan Nadir İzotop Işınları Tesisi’ni inşa etme sürecindedir.

Bu noktaya kadar süper ağır elementlerin üretimi, öncelikle atom çekirdeğinin yapısını anlamaya çalışanlar için ilgi çekiciydi. Kararlı süper ağır çekirdekler üretme olasılığı, bu yeni atomlarla ilişkili tamamen yeni bir kimya türü keşfetme olasılığını da artırıyor. Hem temel araştırma hem de pratik uygulamalar açısından böyle bir gelişmenin bizleri nereye götürebileceğini ise, kimse tahmin edemez.

Karanlık Enerji

Bölüm 9’da Edwin Hubble ile tanıştık ve evrenin genişlemesine ilişkin keşfini anlattık. Genişlemenin geleceği hakkında düşünüyorsanız, onu etkileyebilecek tek bir kuvvet olabileceğini anlarsınız: yerçekiminin içe doğru çekişi. Yani, bizden hızla uzaklaşan bir galaksi, onu geri çeken diğer tüm galaksi-

lerin çekim kuvveti nedeniyle yavaşlamalıdır. Yirminci yüzyılın sonlarında, sözde “yavaşlama parametresini” ölçmek gökbilimcilerin başlıca hedeflerinden biriydi.

Sorun şu ki, bir galaksiye olan uzaklık o kadar büyük olduğunda ve sadece soluk bir ışık noktası gibi görüldüğünde, tüm standart mesafe ölçme yöntemlerimiz başarısız olur. Bu nedenle galaksinin ne kadar uzakta olduğunu bilmek imkânsızdır. Yeni bir standart mum (Bkz. Bölüm 9) gereklidir. Biri Berkeley’deki California Üniversitesi’nde, diğeri Michigan Üniversitesi’nde olmak üzere iki ekip; Tip Ia süpernova adı verilen bir etkinlikte tam da bunu ortaya çıkardı. Bu olaylar, ortaklardan birinin yaşam döngüsünü tamamladığı ve beyaz bir cüce hâline geldiği ikili yıldız sistemlerinde meydana gelir. (Bkz. Bölüm 11) Beyaz cüce, ortağından malzeme çekerek yüzeyinde bir hidrojen tabakası oluşturur ve sonunda yıldız yok eden devasa bir nükleer patlamayla patlar. Chandrasekar sınırı bir beyaz cücenin boyutunu tanımladığından, tüm Tip Ia süpernovalarının aynı miktarda enerji yaymasını bekleriz. Bu enerjiyi uzak bir galaksideki bir süpernovadan aldığımız miktarla karşılaştırsak, patlamanın meydana geldiği galaksinin mesafesini söyleyebiliriz.

Burada anlaşılması gereken kilit nokta, milyarlarca ışık yılı uzaktaki bir galaksiye baktığımızda; evreni şimdi olduğu gibi değil, milyarlarca yıl önceki hâliyle görüyor olduğumuzdur. Bu uzak galaksilerin kırmızıya kaymasını ölçerek, evrenin genişleme oranını şimdiki hâli ile karşılaştırabiliriz. Elbette genişlemenin, yerçekimi etkisiyle yavaşlaması bekleniyordu. Bilim topluluğu şimdiye kadar en büyük şoklardan birini, bu ekiplerin sonuçlarını açıkladığında yaşadı: Genişleme hiç yavaşlamıyor, bilakis hızlanıyordu!

Belli ki, evrende daha önce bir tür anti yerçekimi görevi gören ve hızlarının yavaşlaması gerekirken galaksileri birbirinden uzaklaştıran bir kuvvet vardı. Chicago Üniversitesi’nden

kozmozolog Michael Turner bu gizemli fenomene “karanlık enerji” adını verdi. Sonraki ölçümler bize karanlık enerji hakkında birkaç şey söyledi. Birincisi, evrenin kütlesinin yaklaşık 3/4’ünü oluşturduğudur. Bir diğeri ise, artık evrenin genişleme tarihinin izini sürebileceğimize. Galaksilerin birbirine yakın olduğu evrenin ilk beş milyar yılı boyunca yerçekimi, karanlık enerjinin etkilerine baskın çıktığı için genişleme gerçekten de yavaşladı. Ancak bundan sonra, galaksiler birbirinden uzaklaşıp yerçekimi kuvveti zayıfladıkça, karanlık enerji devreye girdi ve şu anki hızlanmış genişleme başladı.

Evrenin çoğunu oluşturan şeyler hakkında hiçbir fikrimizin olmadığını fark etmek çok çarpıcıdır. Karanlık enerjinin doğasını aydınlatmak kesinlikle kozmolojideki hatta büyük olasılıkla fizik bilimlerindeki en önemli sorundur.

Genomik Tıp

İnsan genomu dizilimi 2000 yılında yapıldığında, yorumcular tıbbi tedavilerde büyük bir iyileşme öngördü. Sonuçta birçok hastalık vücuttaki belirli hücrelerin normal işlevini yerine getirememesinden kaynaklanır. Örneğin diyabet, pankreastaki hücrelerin insülin üretememesinin bir sonucudur. Hücrelerin işlevi DNA tarafından kontrol edildiğinden, kendi genomik yapıma ilişkin yeni anlayışımızın tıp uygulamasında devrim yaratması gerektiği savunulmuştur.

Eğer genlerimiz gerçekten hayatımızın hikâyesini anlatıyorsa; bir bireyin genomunu okumak, hekime hangi hastalıkların ve koşulların gelişebileceğini söylemelidir ki böylece uygun önlemler alınabilir. Örneğin kalp problemlerine yatkın bir kişiye, riskini azaltmak için bir egzersiz ve diyet rejimi uygulaması söylenebilir. Öte yandan, bir hücre normal bir şekilde çalışmayı başaramadığında; genom bilgisi bizi, arızalı hücredeki kusurlu genlerin değiştirilmesi gibi yeni tedavi yöntemlerine götürebilir.

Belki de genomik ile ilgili en iddialı plan, “yenileyici tıp” adıyla anılır. Bunu anlamak için ufak bir saptırma yaparak kök hücrelerin doğasından bahsetmeliyiz.

Bu kitabı okuyan herkes varoluşuna tek bir DNA molekülü ile ve tek bir döllenenmiş hücre olarak başladı. Sonunda yetişkin bir insanı meydana getiren şey, o hücrenin tekrarlanan bölünmesi ve DNA’nın kopyalanmasıdır. Böylece vücudumuzdaki her hücre aynı DNA’yı içerir. Ancak fetüs büyüdükçe genlerin çoğu, farklı hücrelerde çalışan farklı genlerle kapatılır. Bununla birlikte -ilk birkaç bölüm için-, tüm genler işler hâldedir. Ancak daha sonra ihtisas “anahtarları çevirir” ve kimi genler kapatılmaya başlar. Tüm genleri işlevsel olan bir hücreye ise kök hücre denir.

DNA’yı içeren çekirdeği bir yumurtadan çıkarıp onu başka bir bireyden alınan yetişkin bir hücrenin çekirdeğiyle değiştirdiğimizde; (sürecin nasıl işlediğini bilmemekle birlikte) yumurtanın, yetişkin hücrelerine atılan tüm anahtarları nasıl sıfırlayacağını bildiğini biliyoruz. Böylece laboratuvarında, o DNA’nın tekil vericisinin DNA’sını içeren bir kök hücre üretmek mümkündür. Rejeneratif tıbbın temel fikri (kök hücre üretmenin yanı sıra bunların hiçbirinin şu anda yapılamayacağını vurgulamalıyım), kök hücreleri birkaç bölünmeden sonra hasat etmek ve onları yeni doku oluşturmak için kullanmaktır. Büyük olasılıkla ilk uygulama, Parkinson hastalığının tedavisi için büyüyen nöronlar olacak ve ardından muhtemelen insülin üretmek için pankreas beta hücreleri gelecektir. Şöyle ki, yeni doku hastanın DNA’sına sahip olacak ve bu nedenle şu anda nakledilen organlarda olduğu gibi vücudun bağışıklık sistemi tarafından reddedilmeyecek. Bu program başarılı olursa, hemen hemen arabalarımızdaki parçaları değiştirdiğimiz gibi yıpranmış veya hastalıklı vücut parçalarının yenileriyle değiştirildiği bir dünya hayal edebilirsiniz.

Benim izlenimime göre, bu tür bir tıbbın sosyal sonuçları iyi düşünülmemiştir. Örneğin tam kapsamlı bir rejeneratif tıp

rejimi, ona erişimi olanların ömrünü büyük ölçüde artıracaktır. Bu da her türden beklenmedik sonuçlara yol açabilecek bir gelişmedir. Akademik izleyicilere bu konudan bahsetmek istediğimde, “Beş yüz yıl boyunca yardımcı doçent olmayı gerçekten ister miydiniz?” diye soruyorum.

Rejeneratif tıp, “Kaç yaşındasın?” gibi basit bir soruya cevap vermeyi de biraz sorunlu hâle getirebilir. Çünkü cevap farklı vücut parçaları için değişkenlik gösterebilir. Aşırı nüfustan kaçınılacaksa doğum oranının önemli ölçüde düşmesi gerekir ki, çok az çocuğu olan bir toplum nasıl olurdu gerçekten düşünmedik. Son olarak; temelde çok basit bir sorunumuz daha olurdu: can sıkıntısı. Yani Hamlet’i kaç kez izleyebilirsiniz ki? Saymaya devam edebiliriz, ama bence asıl noktaya değinildi: Rejeneratif tıp gerçek olursa, bilime ilişkin olanlardan çok daha öte soruları da beraberinde getirecek.

Bununla birlikte yirmi birinci yüzyılın ilk on yılına bakıldığında, bir gerçek göze çarpmaktadır: Genomik tıp için yapılan büyük tahminlerin neredeyse hiçbiri gerçekleşmemiştir. Devrimin neden geciktiğini sormakta fayda var.

Bu durumun temel nedeni, genomu yorumlamanın insanların 2000 yılında düşündüğünden çok daha karmaşık olduğunun ortaya çıkmasıdır. Öncelikle belirli hastalıklarda rol oynayan bir (ya da daha fazla ancak görece az sayıdaki) gen bulacağımız ümidi gerçekleşmedi. Bu tür bağlantıların örnekleri olsa da –(kistik fibrozun, bir kromozomdaki belirli bir bölgedeki hasarla ilişkili olması gibi) çoğu hastalığın çok daha karmaşık olduğunu öğreniyoruz. Bir hastalıkla başa çıkmak için yüzlerce hatta binlerce gen arasındaki ince ilişkilerin incelenmesi gerekiyorsa, genom hakkında DNA’daki baz dizilerinden çok daha fazlasını bilmemiz gerekecek. Hatta aşağıda bahsedeceğimiz gibi, genomda bulduğumuz karmaşıklıkla başa çıkmak için yeni matematiksel araçlar geliştirmemiz gerekebilir.

Beklenmedik karmaşıklığın bir kaynağı da DNA'daki genlerin işleyişinin, kontrol mekanizmalarının hassas bir etkileşimi ile yönetildiği gerçeğiyle ilgilidir. Bu süreçleri incelemek için “epigenetik” (kelimenin tam anlamıyla “genlerin dışında”) adı verilen yeni bir bilim alanı büyüdü. Temel fikir, bir gendeki baz dizisini değiştirmeden genin kapatılabileceğidir. (Örneğin genin normal çalışmasını engellemek için DNA'ya başka bir molekül eklenerek.) Bu tür değişiklikler, bölünme süreci boyunca hücreleri takip ediyor gibi görünüyor. Aslında hücrelerin olgunlaştıkça farklılaştığı süreç hakkında konuştuğumuzda gördüğümüz hücre farklılaşmasını üreten tam da bu tür epigenetik değişikliklerdir. Böylelikle epigenetik süreçler, genomu anlamaya başka bir karmaşıklık katmanı getirmiştir.

Karmaşıklığın Artması

Gördüğümüz gibi modern bilim, bilim insanlarının gittikçe daha karmaşık sistemlerle başa çıkma yeteneği kazanmasıyla yavaş yavaş gelişti. Şimdiye kadar bu noktayı vurgulamamış olsak da, bu değişiklikler genellikle yeni matematiksel tekniklerin başlangıcını takip eder. Örneğin, Güneş sistemindeki yörüngelerin gerçekçi hesaplamaları, ancak Isaac Newton ve Gottfried Leibnitz kalkülüsü icat edince gerçekleştirilebildi. Yirminci yüzyılın ortalarında bilgisayarın gelmesi, bilimsel analize uygun doğal sistemleri büyük ölçüde genişleten matematiksel kilometre taşlarından bir diğeridir. Nedeni ise basit: Bir bilgisayar, bir sistemi etkileyen binlerce farklı faktörü takip edebilir, bunu tek bir insanın yapması ise oldukça zordur.

Bilgisayarların yetenekleri on yıllar içinde geliştikçe, bilim insanlarının çözebilecekleri problem türleri de daha karmaşık hâle geldi. Kişisel deneyimlerimden bir örnek vermek gerekirse: 1980'lerin başlarında uçak tasarlayan mühendisler, ses bariyerini geçen bir uçağın kanadı üzerindeki hava akışını hesaplama yeteneğine sahip değildi. Çok fazla değişken ve o

zamanın bilgisayarlarının takip edemeyeceği çok fazla veri vardı. Bugün böyle bir hesaplama muhtemelen standart bir dizüstü bilgisayarda, hatta belki bir cep telefonunda bile yapılabilir. Matematiksel yeteneklerdeki bu tür bir ilerleme, tamamen yeni bir bilim alanına, matematiksel modelleme alanına yol açtı. Teori ve deney arasındaki etkileşim olarak bilimin, standart tanımının artık modellemeyi de üçüncü bir girdi olarak içerecek şekilde değiştirilmesi gerektiğini iddia etmek çok da abartılı değildir.

Bir bilgisayar modeli her zaman bazı temel bilimsel yasalarla başlar. Örneğin amacı havayı tahmin etmek olan bir model yapmak istiyorsak, atmosferik gazların hareketini yöneten, ısının akışını tanımlayan ve nem ile yoğunlaşmayı tanımlayan yasalarla başlarız vb. Bu seviyede, model sadece mevcut, ilgili bilimsel veriyi toplar. Kesin bilgi yoksa (örneğin bulutların oluşumunda olduğu gibi); bilinen yasalar, henüz bilinmeyen yasaların ne olabileceğine dair bilgiye dayalı tahminlerle desteklenir. Tüm bunlar bir araya getirildikten sonra ilgili veriler (örneğin çeşitli hava istasyonlarındaki sıcaklıklar) eklenebilir.

Bu noktada bilgisayar çalışmaya hazırdır. Atmosfer kutulara bölünmüş ve her kutudaki kanunların işleyişi hesaplanmıştır. Sıcaklık yükseliyor mu düşüyor mu, hava içeri mi yoksa dışarı mı çıkıyor? Tüm kutular için bu yapıldıktan sonra, büyük bir hesaplama gerçekleşir. Örneğin bir kutudan çıkan hava komşu kutulara eklenir ve bu böyle devam eder. Yeni düzenleme ile bilgisayar, yeni parametrelerle yeniden hesaplamaya hazır hâle gelir. Tipik olarak bilgisayar, hava durumu tahminini almak için yirmi dakikalık aralıklarla işlem yapacaktır.

Bunun gibi bilgisayar modelleri bilim ve mühendislikte her yerde bulunur hâle geldi. Mesela artık uçak tasarımlarını rüzgâr tünellerinde değil bilgisayar modeli kullanarak test ediyoruz. Geleceğe baktığımızda, bilgisayarlarda modellenen bu tür karmaşık sistemlerin daha fazlasını görmeyi bekleyebiliriz. Bu

bilimde büyük bir ilerlemeyi temsil ederken, aynı zamanda bazı riskler de taşır. Söz gelimi iklim değişikliği hakkındaki mevcut tartışmaların çoğu, karmaşık iklim modellerinin sonuçları etrafında toplanıyor. Bunlar o kadar karmaşık modeller ki, gezegende içlerindeki her şeyi anlayan tek bir kişi olmadığını söylemek abartı olmaz. Bu, model sonuçları bilimsel kamuoyuna sunulduğunda beraberinde bazı tartışmaları da getirir. Çünkü her zaman bazı belirsiz varsayımların; sonuçları yanlış veya yanıltıcı hâle getirecek şekilde hatalı olup olamayacağına dair rahatsız edici sorular yer alır. Herhalde zaman geçtikçe ve modeller geliştikçe ve daha da önemlisi doğru tahminler yaptıklarını gördükçe bu tür şüpheler azalacaktır.

Kuşkusuz mevcut araştırmaların birkaç alanına ilişkin bu üstünkörü bakış, bilimle ilgili önemli bir noktayı ortaya koymaktadır: Dışarıda keşfedilecek bir evren olduğu sürece; maddenin temel yapısının incelenmesi, kozmosun tasarımı veya vücudumuzdaki hücrelerin çalışması gibi birbirinden uzak alanlarda sorulacak sorular ve yapılacak araştırmalar olacaktır. Bilimin sonuna asla ulaşamayacağız ve bu yoldaki her yeni dönemeç ve dönüş, yaşadığımız dünyaya dair heyecan verici yeni anlayışlara yol açacak.

Devrim mi Süreklilik mi?

Entelektüel tarihe uygulandığında “devrim” kelimesine itimat etmiyorum. Her olay, ne kadar yeni olursa olsun, emsallerine ve öncüllerine sahiptir ve bu nedenle bir sürekliliğin parçası olarak görülebilir. Bu nedenle on dokuzuncu yüzyılın sonundan bu yana bilimin gelişimine bakmanın yolu, onu daha önce gelenlerin bir tür büyümesi ve detaylandırılması olarak görmektir. Yine de “daha fazla”nın, “farklı” hâle geldiği bir noktaya varılabilir ve geçen yüzyılda bir yerlerde, bilimin bu sınırı aştığını iddia ediyorum. Bugünün bilimi bir asır öncesinden o kadar farklı ki, niteliksel olarak da gerçekten farklı olduğu düşünülebilir.

Aslında bu değişimi yaratan iki ana faktörü işaret edebiliriz. Bunlardan biri; araştırma hattını dolu tutmanın ekonomik büyümeyi sürdürmenin en iyi yolu olduğu fikrinden hareketle, II. Dünya Savaşı'nı izleyen devasa hükümet finansmanı akışıdır. Diğeri ise; doğanın benzeri görülmemiş karmaşıklık seviyelerinde incelenmesine izin veren modern elektroniğin ve özellikle dijital bilgisayarın gelişmesidir. Gelecekte tarihçiler kuşkusuz yirminci yüzyılın son yarısına ait bir tarihe işaret edecek ve "Her şeyin değiştiği yer burası." diyecekler.

Bilimsel dünya görüşünün gelişiminin insanlık üzerinde hem pratik hem de entelektüel anlamda büyük bir etkisi olduğu su götürmez bir gerçektir. Hikâyemize dönüp baktığımızda, bilimin rolü ve etkisi hakkında düşünmenin en az üç farklı yolunu görebiliriz. Biri entelektüeldir, bilimin insanlığın evrendeki rolüne bakışını nasıl değiştirdiğini ve dönüştürdüğünü ele alır. Bilim tarihine bu şekilde bakmamız, bizi bilim ve din arasındaki zorlu sınıra götürür. İkinci bir bakış açısı, bilimsel bilginin insan yaşamının maddi koşullarını nasıl değiştirdiğiyle ilgilidir. Ve son olarak, bu tarihe bilimin kendi iç gereksinimlerinin bakış açısından bakabiliriz ve onu bilimsel yöntemin geliştirilmesinde salt entelektüel bir uygulama olarak görebiliriz. Bu bakış açılarının her birini kısaca ele alalım.

Bilim ve Din

İnsan toplulukları, Carl Sagan'ın "Tekinsiz Bir Dünya" dediği ve tanrıların iradeleri tarafından yönetilen bir dünyada başladı. Bilimsel bilgi arttıkça bilim ve din arasındaki sınır değişti. Dünyanın çoğu şahsi olmayan doğa yasaları ile açıklanırken, daha az bir kısmı tanrıların iradesi ile açıklandı.

Bu değişim her zaman barışçıl değildi. (Galileo'nun davasını düşünün.) Ancak yirminci yüzyılda iki düşünce alanı arasında istikrarlı ve geçici bir *anlaşma* gelişti. Temel fikir, bilimin doğal dünya hakkında belirli türden soruları yanıtlamanın yolu olduğu, dinin ise farklı bir insani gerçeklik hakkındaki farklı soruları yanıtladığıdır. İki alanda sorulan soru türleri ve bunları yanıtlama yöntemleri farklıdır. Steven Jay Gould tarafından uydurulan kalitesiz ama faydalı bir ifadeyi kullanmak gerekirse, bunlar “örtüşmeyen yargıçlardır”. Daha az resmi bir dilde, bilimin kayaların çağı, dinin ise Çağlar Kayası* ile ilgili olduğunu belirterek bu farkı yakalayabiliriz.

Bu şekilde bakıldığında, varoluşun tamamen ayrı alanlarıyla uğraştıkları için bilim ve din arasında çatışma için bir neden yoktur. Çatışma ancak bir alandaki kişiler, görüşlerini ve yöntemlerini diğerlerine dayatmaya çalıştığında ortaya çıkabilir. Bu süreç disiplin ihlali olarak adlandırılabilir. Günümüzde bu tür iki ihlal alanını tespit edebiliriz: Birincisi; kimi yaratılışçıların, evrim öğretisine kendi inançlarını dayatma girişimidir. Diğerisi ise bilimsel ateistlerin sınırı diğer tarafa doğru zorlama ve Tanrı'nın olmadığına dair kabullerini dayatma girişimleridir. Sanırım her iki girişim de başarısızlığa mahkûmdur.

İnsanın Evrendeki Yeri

İnsanlığın yurdu olan Dünya'nın evrenin hareketsiz merkezi olduğu ve insanlığın yaratılışta diğer canlılardan farklı bir yeri olduğu düşüncesiyle başladık. Bu rahatlatıcı görüş, bilimin ilerleyişi tarafından nazikçe ele alınmadı. Önce Kopernik Devrimi, Dünya'nın yalnızca Güneş'in etrafında dönen bir gezegen olduğunu tespit etti. Daha sonra Güneş'in sadece yıl-

* Tükenmez bir güç veya destek kaynağı, anlamında İncil'in bazı çevirilerinde kullanılan ifade. Hristiyan inancında; Tanrı veya inancın kendisine atıfta bulunmaktadır. - yhm

dızlarla dolu bir galaksideki bir yıldız olduğunu öğrendik. Son olarak da Edwin Hubble, bize galaksimizin sayısız galaksiden sadece biri olduğunu öğretti.

Dünyanın bu indirgeme süreci devam ederken, Charles Darwin insanların gezegenimizdeki diğer canlılardan pek de farklı olmadığını savundu. Aslında yirminci yüzyıl bilimi, insanların biyokimyasal düzeyde yeryüzündeki diğer canlılara benzer olduğu gerçeğini ortaya koymuştur.

Öyleyse özel bir gezegende yaşamıyorsak ve kimyamız diğer canlılardan çok da farklı değilse, insanları özel kılan herhangi bir şey var mı? Aslında bu sorunun cevabı Bölüm 8'deki karmaşıklık tartışmasında bulunabilir. İnsan beyni aslında doğadaki en karmaşık ve birbirine bağlı sistem olabilir. Bu karmaşıklıktan kaynaklanan bilinç gibi olayların, evrende nadir olması muhtemeldir. Bu durumda insanın ve gezegenimizin özel ve benzersiz bir şey olduğu söylenebilir.

Maddi Refah

Bu, muhtemelen bilimin sosyal sonuçlarının tartışılmasının en kolay yönüdür. Çünkü çoğu insanın bilimin faydalarını düşündüklerinde akıllarına gelen konu budur. Ateşin icadından mikroçipin icadına kadar, insanın doğanın işleyişine dair anlayışı, şartlarını iyileştirmek için kullanılmıştır. Geleneksel olarak, geçmişte -buhar makinesi ve elektrik lambası gibi- büyük ilerlemeler, bilim insanları yerine tamirciler diyebileceğimiz kişilerden geldi. Geçmişte, bir şeyi yararlı bir şey üretmek adına kullanmak için doğa kanunlarını anlamak gerekli değildi. Gerçekten de -tam tersinden ziyade-, buhar makinesinin icadının termodinamik biliminin gelişimini tetiklediğini iddia edebiliriz.

Vannevar Bush'u yirminci yüzyılın ortalarında değişen her şeyin sembolü olarak kabul edebilirsiniz. Bugün, temel araş-

tırmalarla başlayan ve yerel süpermarketinizin raflarında biten araştırma hattında faydalı cihazlar geliştirilmektedir. Bu, teknolojinin hayatlarımızı etkileme biçiminde derin (ve çoğu zaman dikkate alınmamış) bir değişiktir.

Ancak bilim ve teknolojinin ürünleri her zaman saf birer fayda olmamıştır. Örneğin, Alfred Nobel'in dinamiti icat ediş; Amerika'nın eyaletler arası otoyol sistemi gibi devasa inşaat projelerinin gerçekleştirilmesini mümkün kıldı. Fakat aynı zamanda savaşı çok daha yıkıcı hâle de getirdi. Çekirdeğin enerjisinden yararlanma yeteneğ; elektriğimizin önemli bir bölümünü, küresel ısınmaya katkıda bulunmadan üretmemizi sağlarken diğer yandan nükleer silahların üretilmesine de kapı araladı. Bilimsel keşifler yapıldıktan sonra kontrol bilim insanlarından topluma geçer. Dahası, belirli bir araştırma hattının pratik uygulamalar yolunda ne üreteceğini tahmin etmenin genellikle imkânsız olduğu basit bir gerçektir. Araştırmayı tamamen durdurmanın ötesinde – zaten bugünkü dünyada bu pratik olarak imkânsızdır-, bilimsel ilerlemenin iki uçlu doğasının farkında olmamız ve ortaya çıkan her yeni durumla ilgilenmemiz gerekiyor.

Bilimsel Yolculuk

Bu kitapta, Taş Devri insanların astronomisinin ortaya çıkışından günümüzün modern teknolojik toplumlarındaki biçimine kadar, bilimin gelişiminin izini sürdük. Uzun bir yol oldu, ancak önemli olan birkaç kilometre taşı var.

Bunlardan ilki; dünyanın düzenli ve öngörülebilir olduğunun, bugün dünyayı gözlemleyebileceğimiz ve gördüklerimizin çoğunun yarın da orada olacağını umabileceğimizin ortaya çıkmasıydı. İngiltere'deki Stonehenge ve Wyoming'deki Şifa Çemberi gibi yapılardan bahsederek bu gelişmeyi sembolize ettik. Bu, daha sonra bilimin tamamının inşa edildiği temeldir.

Bir sonraki önemli gelişme, filozofların dünyayı natüralist terimlerle düşünmeye başladıkları ve gördüklerini tanrıların iradelerinden ziyade kişisel olmayan (ve öngörülebilir) yasaların işleyişiyle açıkladıkları antik Yunanistan'da gerçekleşti. Bu gelişme ile insanlık yukarıda yeni bir dünya algısı geliştirmeye başladı ve antik çağın bilgi birikimi ilk bin yılda Müslüman âlimler tarafından korundu, genişletildi ve geliştirildi.

Modern bilimin doğuşu Avrupa'da birkaç yüzyıla yayıldı ve 17. yüzyıl İngiltere'sinde Isaac Newton'un çalışmaları ile doruğa ulaştı. İlk kez doğanın araştırılması için tam gelişmiş bilimsel yöntem mevcut hâle geldi ve bunu; fizik, kimya ve biyolojideki hızlı gelişmeler izledi. On dokuzuncu yüzyılın sonunda bilimsel dünya görüşünün temelleri atılmıştı. Dünya'nın evrenin merkezi olmadığını ve insanların gezegenimizdeki yaşamın geri kalanına biyokimya bağlarıyla bağlı olduğunu anladık.

Yirminci yüzyıl bilimin de işine yarayacak şekilde dünyanın muazzam genişlemesine tanık oldu. Milyarlarca galaksiden oluşan bir evrende yaşadığımızı ve bu evrenin genişlediğini keşfettik. Ayrıca tarih boyunca incelediğimiz madde türlerinin, evrenin içerdiklerinin yüzde 5'inden daha azını oluşturduğunu fark ettik. Evrenin büyük ölçekli yapısını keşfederken; atomlardan çekirdeklere, temel parçacıklara, kuarklara ve (belki de) sicimlere kadar hayal edebileceğimiz en küçük şeyleri araştırdık. Aynı zamanda canlı sistemleri çalıştıran temel kimyasal süreçleri öğrendik ve DNA'nın karmaşıklıklarını çözme sürecine girdik.

Hiç kimse bu yeni araştırma konularının nereye varacağını veya bundan bir yüzyıl sonra dünyanın nasıl görüneceğini gerçekten tahmin edemez. O hâlde bilimin takip ettiğimiz mevcut hikâyesi, gerçekten de geleceğin hayal etmesi güç gelişmelerinin bir çeşit önsözü olarak düşünülmelidir.

Tarih İçinde Bilim

James Trefil

Tarih İçinde Bilim'de James Trefil; bilimsel ilerlemenin önemli eşiklerini, başlattıkları büyük sosyal ve entelektüel değişimlerle birlikte ele alırken farklı kültürlerdeki köklerinden günümüze, bilimin tarihsel serüvenine dair çok yönlü, kapsamlı ve tematik bir inceleme sunuyor.

Modern bilimdeki atılımın temelinde yatan unsurların titizlikle tartışıldığı *Tarih İçinde Bilim*; Klasik Yunan ve İskenderiye bilginlerinin erken dönem girişimleri ve Müslüman âlimlerin parlak buluşlarıyla sağlam bir temel inşa ettikten sonra Isaac Newton'ın kuvvetlerini, atom teorisini ve on dokuzuncu yüzyıl dünyasındaki başlıca gelişmeleri keşfetmeye devam ediyor. Günümüzün ileri bilimsel çalışmalarını da inceleyen eser, bilimin gelecekteki yönelimlerine ilişkin ufuk açıcı öngörüler sunmayı da ihmal etmiyor.

Bilim tarihini, farklı coğrafyalar ve karşılaştırmalı tarih perspektifinden yeniden ele alan bu yoğun ve dinamik çalışma; bilimsel gelişimin tarihsel izini sürmek isteyenler için eşsiz bir giriş kitabı.



K T İ P E	TARİH İÇİNDE BİLİM JAMES TREFIL	 9 786258 486322
KİTAP NO	DİZİ ADI	
598	KÜLTÜR	