

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>

WILLIAM BYNUM



BİLİMİN *kısa* TARİHİ



BÜYÜK PATLAMADAN DİJİTAL ÇAĞA



BİLİMİN KISA TARİHİ

WILLIAM BYNUM

İngiliz tıp tarihçisi. Kariyerinin çoğunu Londra Üniversitesi Tıp Tarihi bölümünde geçirmiştir. Ünlü bir tarihçi olan Roy Porter ile işbirliği halindedir. Halen Londra Üniversitesi Fahri Profesörüdür. Daha önceki eserleri şunlardır: *The History of Medicine: A Very Short Introduction*, *Science and the Practice of Medicine in the Nineteenth Century*, *Great Discoveries in Medicine*, *The Anatomy of Madness: Essays in the History of Psychiatry*, *People and Ideas*, *The Western Medical Tradition: 1800-2000*, *Medicine and the Five Senses*, *William Hunter and the Eighteenth-Century Medical World*.

TUFAN GÖBEKÇİN

Üniversite hayatına Orta Doğu Teknik Üniversitesinde Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümünde başlayan Tufan Göbekçin, ilk kitap çevirilerini de üniversite yıllarında yaptı. Sonrasında İstanbul Üniversitesinde sırasıyla Tiyatro Eleştirmenliği ve Dramaturji Bölümü ile İngiliz Dili ve Edebiyatı Bölümünden mezun oldu. Üniversite yıllarında tanıştığı çeviri dünyasından kopamayarak, çeşitli alanlarda 60'ın üzerinde kitabın çevirisini gerçekleştirdi.

Edebiyat, felsefe ve bilim kitaplarında çevirmen ve editör olarak görev yaptı. Tiyatro her zaman temel ilgi alanlarından biri oldu.

Bilimin Kısa Tarihi

© 2016, ALFA Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.

A Little History of Science

© 2012, William Bynum

Bu kitabın ilk baskısı Yale University Press tarafından yapılmıştır.

Kitabın Türkçe yayın hakları AnatoliaLit Telif Hakları Ajansı aracılığıyla Alfa Basım Yayım Dağıtım Ltd. Şti.'ne aittir. Tanıtım amacıyla, kaynak göstermek şartıyla yapılacak kısa alıntılar dışında, yayıncının yazılı izni olmaksızın hiçbir elektronik veya mekanik araçla çoğaltılamaz. Eser sahiplerinin manevi ve mali hakları saklıdır.

Yayıncı ve Genel Yayın Yönetmeni M. Faruk Bayrak

Genel Müdür Vedat Bayrak

Yayın Yönetmeni Mustafa Küpüşoğlu

Çeviren Tufan Göbekçin

Kitap Editörü Merve Akıncı Almaz

Kapak Tasarımı Füsün Turcan Elmasoğlu

Sayfa Tasarımı Güneş Kozak

ISBN 978-605-171-971-9

1. Basım: Mayıs 2019

Baskı ve Cilt

Melisa Matbaacılık

Çiftahavuzlar Yolu Acar Sanayi Sitesi No: 8 Bayrampaşa-İstanbul

Tel: 0(212) 674 97 23 Faks: 0(212) 674 97 29

Sertifika no: 12088

Alfa Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.

Alemdar Mahallesi Ticarethane Sokak No: 15 34410 Cağaloğlu-İstanbul

Tel: 0(212) 511 53 03 (pbx) Faks: 0(212) 519 33 00

www.alfakitap.com - info@alfakitap.com

Sertifika no: 43949

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

WILLIAM BYNUM



BİLİMİN *kısa* TARİHİ



BÜYÜK PATLAMADAN DİJİTAL ÇAĞA



Çeviren
Tufan Göbekçin

ALFA ARAŞTIRMA

Alex ve Peter için...

İÇİNDEKİLER

1	Başlangıç	7
2	İğneler ve Sayılar	14
3	Atomlar ve Boşluk	25
4	Tıbbın Babası: Hipokrat	32
5	"Bilenlerin Üstadı": Aristoteles	40
6	İmparatorun Doktoru: Galen	48
7	İslamda Bilim	55
8	Karanlıktan Çıkmak	60
9	Felsefe Taşı Arayışı	66
10	İnsan Vücudunun Gizemini Çözmek	74
11	Evrenin Merkezi Neresidir?	82
12	Eğik Kuleler ve Teleskoplar: Galileo	91
13	Döne Döne: Harvey	99
14	Bilgi Güçtür: Bacon ve Descartes	107
15	"Yeni Kimya"	117
16	Yukarı Çıkan...: Newton	125
17	Parıltılı Kıvılcımlar	135
18	Saat Gibi İşleyen Evren	143
19	Dünyayı Düzenlemek	153
20	Hava ve Gazlar	161
21	Maddenin Parçacıkları	170
22	Kuvvetler, Alanlar ve Manyetizma	179
23	Dinozorları Kazıp Çıkarmak	188

24	Gezeganimizin Tarihi	197
25	Dünyadaki En Büyük Gösteri	206
26	Hayatın Küçük Kutucukları	218
27	Öksürük, Hapşırık ve Hastalık	227
28	Motorlar ve Enerji	239
29	Elementler Tablosu	247
30	Atomun İçine Doğru	257
31	Radyoaktivite	266
32	Oyunu Değiştiren: Einstein	276
33	Hareketli Kıtalar	285
34	Neleri Miras Alırız?	293
35	Nereden Geldik?	304
36	Mucize İlaçlar	314
37	Yapıtaşları	324
38	“Yaşam Kitabını” Okumak: İnsan Genom Projesi	332
39	Büyük Patlama	340
40	Dijital Çağımızda Bilim	351
	Dizin	359

1. BÖLÜM



Başlangıç

Bilim özeldir. Dünyayı ve kendimiz de dahil olmak üzere dünyadaki her şeyi anlamamanın en iyi yoludur.

İnsanlar binlerce yıldır çevrelerinde gördükleri şeyler hakkında sorular sorar. Ulaştıkları yanıtlar sıkça değişir. Bilimin kendisi de değişir. Bilim dinamikdir; bir kuşağın diğer kuşağa aktardığı fikirler ve keşifler temelinde yükselir ve yepyeni keşifler yapıldığında çok büyük sıçramalar yapar. Değişmeyen şey, bilim yapanların merakı, hayal gücü ve zekâsıdır. Bugün daha çok şey bilebiliriz ama 3000 yıl önce dünya hakkında derinlemesine düşünen insanlar da en az bizim kadar zekiymiş.

Birçok insanın aklına bilim deyince laboratuvarlardaki mikroskoplar ve test tüpleri gelse de bu kitap sadece bununla sınırlı değildir. İnsanlık tarihinin büyük bir kısmında bilim, dünyayı anlamak ve kontrol etmek için büyü, din ve teknolojiyle bir

arada kullanılmıştır. Bilim her sabah güneşin doğuşunu gözlemlemek kadar basit de olabilir, yeni bir kimyasal elementi tanımlamak kadar karmaşık da olabilir. Örneğin büyü geleceği öngörmek için yıldızlara bakılarak da yapılabilir kara kedinin uğursuzluk getirmesi gibi bir hurafe de olabilir. Din, tanrıları hoşnut etmek için hayvan kurban etmeyi ya da dünya barışı için dua etmeyi salık verebilir. Teknoloji ateş yakmayı bilmeyi veya yeni bir bilgisayar üretebilmeyi kapsayabilir.

Bilim, büyü, din ve teknoloji Hindistan, Çin ve Ortadoğu'da nehir kenarlarına yerleşen en eski insan toplulukları tarafından kullanılmıştır. Vadilerin bereketli toprakları, her yıl kalabalık bir topluluğu beslemeye yetecek kadar ekin ekilmesini sağlamıştır. Bu sayede bu toplulukların bazı üyeleri bir alana odaklanmak ve o alanda sürekli pratik yapıp uzman olmak için yeterli vakte sahip olmuştur. İlk "bilim insanları" (o zamanlar öyle adlandırılmasalar da) büyük olasılıkla din adamlarıdır.

Başlangıçta teknoloji (yani "yapmak") bilimden (yani "bilmek"ten) daha önemliydi. Başarılı bir biçimde ekin yetiştirebilmek, kıyafet dikebilmek veya yemek pişirebilmek için öncelikle neyi nasıl "yapmak" gerektiğini bilmek şarttır. Bazı bitkilerden uzak durmak ve bazılarını da yetiştirmek için *neden* bazı böğürtlenlerin zehirli olduğunu veya bazı bitkilerin yenilebilir olduğunu bilmeye gerek yoktur. Güneşin neden her sabah doğup her akşam battığını bilmek şart değildir. Çünkü bunlar her gün kendiliğinden gerçekleşir. Ama insanlar sadece çevrelerindeki dünya hakkında bir şeyler öğrenmekle

yetinmez; aynı zamanda meraklıdır ve bilimin kalbinde de merak yatar.

Günümüzde Irak sınırları içinde yer alan Babil'deki uygarlık hakkında, diğer tüm uygarlıklardan daha çok şey biliyoruz. Bunun basit bir nedeni var: Babil halkı kil tabletlere yazılar yazdı. Yaklaşık 6000 yıl önce yazılan bu kil tabletlerin binlercesi günümüze ulaştı ve bize Babillilerin dünyaya bakışını anlattı. Babilliler son derece organizeydi; hasatlar, erzaklar ve mali kaynakların kayıtlarını özenle tutmuşlardı. Din adamları zamanlarının büyük bir bölümünü antik yaşamın olgularını ve figürlerini araştırarak geçirmişti. Aynı zamanda arazileri araştıran, mesafeleri ölçen, gökyüzünü gözlemleyen ve hesaplama teknikleri geliştiren "bilim insanları" oldukları da söylenebilir. Günümüzde onların keşiflerinden bazılarını halen kullanıyoruz. Bizim gibi onlar da hesap tutmak için çentik işaretlerini kullandı. Dört düşey çizgi çizdikten sonra çapraz bir çizgi çekerek beşe tamamlanır. Bu çentik hesabını karikatürlerdeki hapisane hücrelerinin duvarlarında görebilirsiniz. Mahkûmlar içeride kaç yıl kaldıklarını bu şekilde hesaplar. Daha da önemlisi, bir dakikada altmış saniye, bir saatte altmış dakika olmasını gerektiğini söyleyenler Babillilerdir. Ayrıca bir çemberde 360 derece ve bir haftada yedi gün bulunduğunu söyleyenler de onlardır. Başka sayılar da pekâlâ iş görebilirdi. Ama Babillilerin sistemi benimsendi ve bugüne kadar varlığını korudu.

Babilliler astronomi –yani gökyüzünü inceleme- konusunda iyiydi. Yıllar boyunca geceleri gökyüzünü

gözlemleyerek yıldızlar ve gezegenlerin konumlarındaki örüntüleri fark etmeye başladılar. Dünyanın her şeyin merkezi olduğuna ve bizimle yıldızlar arasında güçlü –büyülü– bağlantılar bulunduğuna inandılar. İnsanlar dünyayı evrenin merkezi olarak kabul ettiği müddetçe onun diğerleri gibi bir gezegen olduğunu düşünmedi. Gökyüzünü on iki parçaya böldüler ve her parçaya belirli takımyıldızlarla (veya “burçlarla”) ilgili bir isim verdiler. Babilliler, gökyüzündeki noktaları birleştirerek çeşitli objelerin ve hayvanların resmini çıkardı; örneğin bir takımyıldızını teraziye, bir başkasını akrebe benzettiler. Bunun sonucunda yıldızların üzerimizdeki etkisini inceleyen astrolojinin temeli olan ilk Zodyak, yani burçlar kuşağı ortaya çıktı. Antik Babil’de astroloji ve astronomi birbiriyle yakından bağlantılıydı ve bu bağ yüzyıllar boyunca sürdü. Günümüzde birçok insan, burçlar kuşağının hangi bölümünde doğduğunu bilir (mesela ben boğa burcuyum) ve hayatları hakkında tavsiye almak için gazete ve dergilerdeki yıldız fallarını okur. Ancak astroloji modern bilimin parçası değildir.

Babilliler Antik Ortadoğu’daki birçok güçlü gruptan sadece biriydi. MÖ 3500 kadar eski tarihlerde Nil Nehri kıyılarına yerleşen Mısırlılar, bunların içinde en çok tanıdığımız uygarlıktır. Gelmiş geçmiş hiçbir uygarlık bir tek doğal güce bu kadar bağımlı olmamıştır. Mısırlılar varlığını Nil’e borçluydu. Her yıl taşan kudretli nehir, kenarındaki arazileri zengin alüvyonlarla tazeliyor ve bir sonraki yılın ekinleri için hazır hale getiriyordu ve Mısır çok sıcak ve kurak bir ülkedeydi. Mısırlılar birçok resmin

yanı sıra hiyeroglif adı verilen bir tür resimli yazı da dahil olmak üzere bugünden bakıp hayranlık duyabileceğimiz ve dersler çıkarabileceğimiz birçok miras bıraktı. Mısır ilk önce Yunanlar, daha sonra Romalılar tarafından fethedildikten sonra hiyeroglifleri okuma ve yazma yeteneği ortadan kayboldu ve neredeyse 2000 yıl boyunca anlamlarını hiç kimse çözemedi. 1789'da bir Fransız asker, Mısır'ın kuzeyindeki Rosetta yakınlarında küçük bir kasabada bir enkaz yığınının arasında yuvarlak kil tabletler buldu. Üç dilde yazılmış bir bildirgeydi: hiyeroglifler, Yunanca ve "demotik" adı verilen bir diğer Mısır alfabesi kullanılmıştı. Londra'ya getirilen Rosetta Taşı bugün British Museum'da halen görülebilir. Bir çığır açılmıştı! Yunanca bilen bilginler, hiyeroglifleri çevirerek gizemli Mısır yazılarının anlamını çözebildi. Bu sayede Antik Mısırlıların inançları ve pratikleri hakkında bilgiler edinmeye başlayabildik.

Mısırlıların astronomisi, Babil'deki astronomiye benzerdi ama ölümden sonraki hayata büyük ilgi duyan Mısırlılar yıldızları gözlemlerken daha çok pratik kaygılar gütmüştü. Takvim sadece en uygun ekim zamanını veya Nil'in taşma olasılığını haber verdiği için değil, aynı zamanda dini bayramları planlamalarına imkân tanıdığı için son derece önemliydi. Mısırlıların "doğal" yılı 360 gündü: On günlük üç haftada oluşan on iki ay vardı ve mevsimlerin kaymasını önlemek için yılın sonuna ekstradan beş gün ekleniyordu. Mısırlılar, evrenin dikdörtgen bir kutu şeklinde olduğuna inanmıştı. Dünya bu kutunun dibindeydi ve Nil Nehri dünyanın tam ortasından geçiyordu. Yılın başlangıcı, Nil'in

taştığı tarihe denk düşüyordu ve sonunda bunu en parlak yıldız olan Sirius'un gökyüzünde yükselmesiyle ilişkilendirdiler.

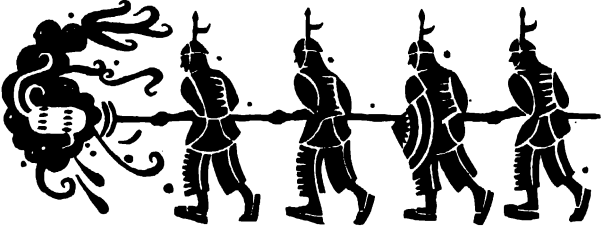
Babil'de olduğu gibi, Mısır'da da Firavunların saraylarında din adamlarının önemli bir yeri vardı. Firavunların ilahi olduğuna ve öldükten sonra yaşayabildiğine inanılıyordu. Aslında dev anıt mezarlar olan piramitlerin inşa edilmesinin bir nedeni de buydu. Firavunlar, akrabaları ve diğer önemli kişiler öteki dünyadaki yeni bir hayatı beklemek için hizmetkârlar, kediler, köpekler, eşyalar ve erzaklarıyla birlikte bu dev yapıların içine yerleştirildi. Mısırlılar önemli kişilerin vücutlarını muhafaza etmek için (ne de olsa ölümden sonraki hayata çürümüş ve kokmuş bir halde başlayamazlardı) cesetleri mumyalamanın yollarını geliştirdi. Bu öncelikle iç organların çıkarılmasını gerektiriyordu (beyni burun deliklerinden çekip çıkarmak için uzun bir kanca kullanılıyordu) ve çıkarılan organlar özel kaplara konuyordu. Vücudun geri kalanını korumak için çeşitli kimyasal maddeler kullanılıyordu. En sonunda ketene sarılan ceset, mezarındaki ebedi istirahatgâhına yerleştiriliyordu.

Mumyalama işlemini gerçekleştirenler kalp, akciğer, karaciğer ve böbreklerin neye benzediğine dair iyi bir fikre sahip olmalıydı. Ne yazık ki vücuttan çıkardıkları organları tarif etmedikleri için organların işlevi hakkında neler düşündüklerini bilmiyoruz. Ancak Mısırlıların tıp ve cerrahiye bakışını bize anlatan çeşitli tıbbi papirüsler günümüze ulaştı. O dönemdeki yaygın inanç doğrultusunda, Mısırlılar da hastalıkların temelinde dinsel, büyü-

sel ve doğal faktörlerin bir karışımının bulunduğu- na inanmıştı. Şifacılar hastalarına ilaçlarını verirken büyülü sözler de söylüyordu. Bununla birlikte Mısırlılar tarafından geliştirilen ilaçların birçoğu, görünüşe göre hastalıkların dikkatlice gözlemlenmesine dayanıyordu. Yaralanmalar veya ameliyat sonrasında uygulanan bazı ilaçlar, yarayı mikrop- lardan uzak tutabilecek ve daha çabuk iyileştirebi- lecek nitelikteydi. Üstelik mikropların ne olduğunu öğrenmemize daha binlerce yıl vardı.

Tarihin bu aşamasında hesaplama, astronomi ve tıp en önde gelen “bilimsel” etkinlik alanlarıydı. Hesaplama önemliydi çünkü yeterli miktarda ekin ekebilmek, diğer insanlarla ticaret yapabilmek, ye- terli sayıda asker toplamak veya piramitleri inşa ederken yeterli sayıda işçi çalıştırabilmek için say- mayı bilmek gerekiyordu. Astronomi önemliydi çün- kü güneş, ay ve yıldızlar gün, ay ve mevsimlerle ya- kından ilişkiliydi ve bunların konumlarını dikkatle gözlemlemek takvimler için temeldi. Tıp önemliydi çünkü hastalanan veya yaralanan insanlar doğal olarak yardım arıyordu. Ancak bu alanların hep- sinde büyü, din, teknoloji ve bilim iç içe geçiyordu. Bu Antik Ortadoğu uygarlıklarında insanların neyi neden yaptıkları veya sıradan halkın gündelik ha- yatının nasıl olduğu hakkında çokça tahmin yürüt- memiz gerekir. Okuma yazması olanlar ve tarihsel kayıtları tutanlar çoğunlukla güçlü kişiler olduğun- dan, sıradan halk hakkında bilgi edinebilmek her zaman zordur. Yaklaşık olarak aynı dönemde ama uzak Asya’da ortaya çıkan diğer iki antik uygarlık için de aynı şey geçerlidir: Çin ve Hindistan.

2. BÖLÜM



İğneler ve sayılar

Babil ve Mısır'dan doğuya doğru ilerlediğinizde, Hindistan ve Çin'de Himalaya dağlarının her iki tarafında antik uygarlıkların ortaya çıktığı topraklara ulaşırsınız. Bundan beş bin yıl kadar önce İndus Nehri ve Sarı Nehir boyunca kurulan şehir ve kasabalarda yerleşim vardı. O günlerde Hindistan ve Çin uçsuz bucaksız bölgelerdi, hatta bugünkünden bile daha genişti. Her ikisi de baharat yolunun üzeriydi ve hem karayoluyla hem de denizyoluyla çok geniş ticaret ağlarının bir parçasıydı. Bu iki uygarlığın insanları yazı ve bilimi çok yüksek bir seviyeye taşımıştı. Bilim ve ticaret birbirini beslemişti; bilim ticarete fayda sağlarken, ticaretten elde edilen servet de araştırmalar yapabilme lüksüne olanak tanımıştı. Aslında 1500 yılına kadar bu iki uygarlıktaki bilim en az Avrupa'daki kadar ileriye geliyordu. Hindistan bize rakamları ve matematik aşkını sundu. Kâğıt ve

barutun yanı sıra deniz yolculukları için vazgeçilmez bir araç olan pusula Çin'den geldi.

Günümüzde Çin dünyada önemli bir güç. Orada üretilen kıyafetler, oyuncaklar ve elektronik eşyalar tüm dünyaya satılıyor; mesela spor ayakkabılarınızın etiketine bakın. Ancak batıdakiler buengin ülkeye yüzyıllar boyunca alaycı ve kuşkucu bir biçimde yaklaştı. Çinliler kendi yollarında ilerledi; ülkeleri görünüşe göre hem gizemli hem de değişmeden kaldı.

Çin'in her zaman dinamik bir ülke olduğunu ve biliminin de sürekli değiştiğini biliyoruz. Ancak yüzyıllar boyunca değişmeden kalan bir şey vardı: Yazı sistemi. Çin'deki yazı sisteminde "ideograf" adı verilen objeleri temsil eden küçük resimler kullanıldı. Bizim gibi alfabeye kullananlara garip gelse de bu yazı sisteminde küçük resimleri yorumlamayı bilmek, *çok ama çok* eski Çince metinleri daha güncel metinler kadar kolay okuyabileceğiniz anlamına gelir. Yazmayı çok daha kolay hale getiren kâğıdın icadından dolayı da Çin'e teşekkür borçluyuz. Bilebildiğimiz en eski kâğıt örneği yaklaşık olarak MS 150 yılına aittir.

Çin'i yönetmek hiçbir zaman kolay olmadı ama bilim imdada yetişti. Belki de gelmiş geçmiş en büyük mühendislik projesi olan Çin Seddi'nin inşası, MÖ 5. yüzyılda Doğu Zhou Hanedanlığı döneminde başladı. (Çin tarihi, güçlü hükümdarları ve saraylarıyla çeşitli hanedanların hüküm sürdüğü dönemlere ayrılır.) Çin Seddi kuzeyden gelen barbarları dışarıda, Çinlileri de içeride tutmak için inşa edilmişti! Tamamlanması yüzyıllar aldı. Sürekli genişletildi ve

tamir edildi. Günümüzdeki uzunluğu 8851 kilometre uzunluğundadır. (Uzunca bir süre Çin Seddi'nin uzaydan bakılınca görülebileceği düşünülmüştü ama bu doğru değildir. Çin'in kendi astronotu bu yapının yerini belirleyemedi.) Bir diğer dikkat çekici mühendislik başarısı olan Büyük Kanal, 5. yüzyılda Sui Hanedanı döneminde açıldı. Yol boyunca kimi doğal suyollarını da kullanan 1794 kilometre uzunluğundaki Büyük Kanal, kuzeyde iç kesimlerde kalan Beijing (Pekin) şehrini güney sahilindeki Hangzhou şehrine ve oradan da deniz yoluyla dış dünyaya bağlar. Bu abidevi eserler, sadece Çinli mimar ve mühendislerin ustalığını değil, aynı zamanda bu eserlerin inşası için ihtiyaç duyulan muazzam işgücünü de çarpıcı bir biçimde hatırlatır. El arabasını icat edenler de Çinlilerdi ama yine de kazmak, taşımak ve inşa etmek için emekçilere ihtiyaç vardı.

Çinliler evreni yaşayan bir organizma gibi gördü. Evrendeki kuvvetler her şeyi birbirine bağlıyordu. Temel kuvvet veya enerjiye, "Çi" olarak telaffuz edilen Qi adı verildi. Diğer iki temel kuvvet *yin* ve *yang*'dı. Dışıl prensip olan *yin* karanlık, bulutlar ve nemle ilişkilendirilirken eril prensip olan *yang* güneş ışığı, ısı ve sıcaklıkla ilişkilendirildi. Çin felsefesine göre hiçbir şey tam olarak *yin* veya tam olarak *yang* olamaz; iki kuvvet her zaman çeşitli derecelerde birleşir. Hepimizde biraz *yin*, biraz *yang* vardır ve bunların tam olarak nasıl birleştiği, kim olduğumuzu ve nasıl davrandığımızı belirler.

Çinliler evrenin beş elementten oluştuğuna inandı: su, metal, ağaç, ateş ve toprak. Bu elementler çevremizde gördüğümüz sıradan su veya ateş

değildir; birleşerek dünyayı ve gökkubbeyi oluşturan prensiplerdir. Elbette her birinin farklı karakteristikleri vardır ama aynı zamanda Transformer'lar gibi birbirine kenetlenen güçleri vardır. Örneğin ağaç, toprağı alt edebilir (ağaçtan yapılmış bir kürekle toprağı kazabilirsiniz); metal, ağacı yontabilir; ateş, metali eritebilir; su, ateşi söndürebilir ve toprak, suyun önüne set çekebilir. (Gerçekten de Çin'de icat edilmiş Taş Kâğıt Makas oyununu düşünün.) Bu elementler, yin ve yang kuvvetleriyle birlikte zaman ve doğanın döngüsel ritmini, mevsimleri, doğum ve ölüm döngülerini ve güneş, yıldızlar ve gezegenlerin hareketlerini üretir.

Her şey, bu elementler ve kuvvetlerden oluştuğu için bir bakıma canlı ve bir bütündür. Dolayısıyla maddenin temel yapıtaşı olarak "atom" kavramı Çin'de asla geliştirilemezdi. Oradaki doğa filozofları da "bilimsel" olmak adına her şeyi sayılarla ifade edemezdi. Aritmetik çok pratikti: Alışveriş yaparken meblağları toplamak, ürünleri tartmak gibi işlemler için kullanılıyordu. Tellere geçirilmiş boncukları kaydırarak hesaplama yapmayı kolaylaştıran abaküs, ilk olarak 1500'lerin sonundaki yazılarda geçse de muhtemelen çok daha önce icat edilmişti. Abaküs sayı saymanın yanı sıra toplama, çıkarma, çarpma ve bölme işlemlerini de hızlandırdı.

Rakamlar günlerin ve yılların uzunluğunu hesaplamak için de kullanıldı. MÖ 1400 gibi erken bir tarihte Çinliler yılın $365\frac{1}{4}$ gün olduğunu biliyordu ve birçok erken uygarlık gibi ayları hesaplamak için ayı kullanmıştı. Tüm antik halklar gibi Çinliler de güneşin gökyüzündeki başlangıç noktasına

dönmesine kadar geçen süreyi bir yıl olarak hesapladı. Jüpiter gibi gezegenlerin ve yıldızların hareketlerindeki döngüler, doğadaki her şeyin döngüsel olduğu fikrine çok uygundu. "Yüce, Nihai, Büyük Başlangıç" olarak bilinen evrenin ortaya çıkış tarih hesaplanmaya çalışıldı. Tüm evrenin tam bir döngü yapmasının 23.639.040 yıl alacağı hesaplandı. Bu, evrenin çok yaşlı olduğu anlamına geliyordu. (Ama günümüzde evrenin bundan da eski olduğunu biliyoruz.) Çinliler evrenin yapısına da kafa yordu. İlk yıldız haritalarının bazıları, Çinlilerin eğimli bir uzayda var olan şeyleri iki boyutlu bir haritada temsil edebildiğini gösterir. Geç Han Hanedanı döneminde (MS 25-220) yaşayan Xuan Le güneş, ay ve yıldızların rüzgârların etkisiyle uzay boşluğunda süzülmesine inandı. Bu, gökyüzünde gök cisimlerini taşıyan katı kürelerin bulunduğu inanan antik Yunanların bakışından çok farklıydı ve bugün bizim sahip olduğumuz bakışa çok daha yakındı. Olağandışı olayları büyük bir dikkatle gözlemleyen Çin'deki yıldız gözlemcilerinin çok eski tarihlerden beri tuttuğu kayıtlar, modern gökbilimciler için halen faydalıdır.

Çinliler dünyanın çok yaşlı olduğuna inandığı için fosillerin bir zamanlar yaşamış bitki ve hayvanların katılaşmış kalıntıları olduğunu fark etmekte hiç zorlanmadı. Taşlar, katılık ve renklerine göre gruplandırıldı. Yeşim taşına özellikle kıymet verildi ve ustalar yeşim taşından güzel heykeller yaptı. Depremler Çin'de yaygındır ve hiç kimse depremlerin neden gerçekleştiğini açıklayamasa da MS 2. yüzyılda Zhang Heng adındaki çok bilgili bir kişi,

yer sarsıldığında iki yana sallanan bir ağırlık kullanılarak sarsıntıları kaydetti. Bu günümüzde düz bir çizgi çizen ve yer sarsıldığı zaman kımıldamaya başlayan sismograf adını verdiğimiz ölçüm aracının çok eski bir versiyonuydu.

Manyetizma pratik amaçlar doğrultusunda kullanıldı. Çinliler demiri manyetize etmeyi öğrendiler; yüksek derecelere kadar ısıtılan demir kuzey-güney istikametindeyken soğumaya bırakıldığında manyetik hale geliyordu. Çin, batıdan çok daha önce pusulalara sahipti ve bu pusulalar hem denizcilikte hem de falcılıkta kullanılıyordu. En yaygın modeli "ıslak" olanıydı: manyetize edilmiş bir iğne, su dolu bir kâsenin içine bırakılıyordu. Pusula iğnelerinin kuzeyi işaret ettiğini söylemeye alışkın olsak da, Çinliler için güneyi işaret ediyordu. (Elbette pusulalar güneyi de işaret eder. İğnenin diğer ucunda güney yer alır. Herkes üzerinde anlaştıktan sonra hangi yönü seçtiğinizin hiçbir önemi yoktur.)

Çinliler, usta kimyacılardı. En iyilerinin birçoğu Taoısttı; yani MÖ 6. yüzyılla 5. yüzyıl arasında yaşamış Lao Tsu'nun izinden giden bir dini cemaatin üyesiydi. (Tao, "yol" anlamına gelir.) Diğerleri, Konfüçyüs veya Buddha'nın izinden gitti. Bu dini liderlerin felsefeleri, takipçilerinin evrenin araştırılmasına ilişkin tutumlarını etkiledi. Din insanların kendi çevrelerine bakışını her zaman etkiler.

Çinliler kimya alanında o döneme göre çok ileri-ydi. Örneğin, alkol ve diğer maddeleri damıtabilirler ve çözeltilerden bakırı ayırıp çıkarabildiler. Kömür, sülfür ve potasyum nitratı karıştırarak barutu ürettiler. Bu ilk kimyasal patlayıcıydı ve hem

havai fişeklerin hem de silahların icadına zemin hazırladı. Deyim yerindeyse barut, kimyasal dünyanın yin ve yang'ını gözler önüne serdi. Saraydaki muhteşem havai fişek gösterilerinde göze hoş gelen biçimde patlasa da doğudaki savaşlarda daha 10. yüzyılda silahları ve topları ateşlemek için kullanılmaya başlandı. 1280'lerde Avrupa'da baruttan söz edildiği bilinse de bu güçlü maddenin yapımına ilişkin tarif ve talimatların bu kıtaya nasıl ulaştığı tam olarak belli değildir. Sonrasında barut aşama aşama her yerdeki savaşları daha ölümcül hale getirmiştir.

Çin'de "yaşam iksirini" arayan simyacılar da ortaya çıktı. İnsan ömrünü uzatabilecek ve hatta insanı ölümsüz kılacak maddeler araştırıldı. (9. Bölümde simya hakkında daha çok bilgi bulabilirsiniz.) Başarılı olunamadı. Tam tersine birçok imparator deneysel, zehirli iksirleri içmemiş olsaydı daha uzun yaşayabilirdi. Ancak bu büyülü madde arayışı, olağan hastalıkları tedavi etmek için kullanılabilecek birçok ilacı ortaya çıkardı. Avrupa'da olduğu gibi Çin'de de hekimler hastalıkları tedavi etmek için bitkilerin özlerini kullandı ama aynı zamanda sülfür, cıva ve diğer maddelerden bileşimler de üretti. Yüksek ateşi iyileştirmek için pelinotu [artemisia] kullanıldı. "Yaşamsal sıvıların" akışını kolaylaştırmak için bu bitkinin özütü cildin belirli noktalarında yakıldı. Bu tarif ve yöntem, yaklaşık 1800 yıl önce ilaçlar hakkında yazılan bir kitapta keşfedildi. Modern bir laboratuvarda test edildi ve günümüzde tropikal ülkelerde başlıca ölüm nedenlerinden biri olan sıtmaya karşı etkili olduğu

saptandı. Sıtmanın semptomlarından biri yüksek ateştir.

Çin’de MÖ 2. yüzyılda tıp kitapları yazılmaya başlanmıştır ve Antik Çin tıbbı günümüzde dünya genelinde varlığını sürdürür. Cildin belirli bölgelerine iğneler saplanarak uygulanan akupunktur tedavisi hastalıkları iyileştirmek, stresi azaltmak ve ağrıları hafifletmek için yaygın olarak başvurulmuş bir yöntemdir. Vücutta “Qi” adı verilen yaşam enerjisinin aktığı çeşitli kanallar bulunduğu fikrini temel alır. Akupunkturcular bu kanalları açmak veya tıkamak için iğneleri kullanır. Bazı ameliyatlarda, ağrıyı bloke etmek için hastanın vücuduna iğneler saplamanın dışında çok az şey yapılır. Günümüzde Çinli bilim insanları tıpkı batıdaki meslektaşları gibi çalışsa da geleneksel Çin tıbbı dünya genelinde halen birçok takipçiye sahiptir.

Geleneksel Hint tıbbı için de aynı şey geçerlidir. *Ayurveda* adı verilen bu geleneksel tıp, MÖ 200 yıllarıyla MS 600 yılları arasında Antik Sanskritçe dilinde yazılmış aynı adlı eserleri temel alır. Buna göre vücutta *dosha* [doşa] adı verilen üç tür akışkan bulunur. *Vata* kuru, soğuk ve hafiftir; *pitta* sıcak, ekşi ve keskindir; *kapha* soğuk, ağır ve tatlıdır. Bunlar vücudumuzun fonksiyonlarını yerine getirmesi için gereklidir. Birinin veya birkaçının çok fazla veya çok az olması ya da yanlış yerde bulunması durumunda hastalık ortaya çıkar. Hastalığı teşhis etmeye çalışırken hastanın cildini muayene etmek ve nabzını dinlemek de önemlidir. İlaçlar, masaj ve özel diyetler bu dengesizliği düzeltebilir. Hastaları sakinleştirmek ve ağrıları hafifletmek için afyon

üretiminde kullanılan haşhaş bitkisinin suyu kullanılır.

Bir diğer Antik Hint tıp eseri *Susruta*, ameliyata odaklanır. Anlatılan ameliyatlardan bazıları, o kadar erken bir dönem için dikkat çekici biçimde inceliklidir. Örneğin katarakt (gözün merceğinde görmeyi güçleştiren puslanma) sorunu yaşayan hastalarda, cerrah gözyuvarına nazıkçe bir iğne batırıp kataraktı yana iter. Hintli cerrahların hastaların kendi cildinden parçalar alıp hasar gören burnu onarması, muhtemelen plastik cerrahinin ilk örneğidir.

Bu ayurvedik tıp, Hintli uygulayıcılarla ilişkilendirilir. Yaklaşık 1590 yılında Hindistan'a yerleşen Müslümanlar da ilk Müslüman hekimler tarafından yorumlanan Antik Yunan tıbbını temel alan kendi tıp anlayışlarını da beraberinde getirdi. *Yunani* [Grek] adı verilen bu tıp ayurvedik sistemle yan yana gelişti. Günümüzde Hindistan'da her ikisi de hepimizin aşına olduğu batı tıbbıyla birlikte kullanılmaya devam eder.

Hindistan'ın kendi bilimsel gelenekleri de vardı. Hindistan'daki yıldız gözlemcileri, Yunan gökbilimci Batlamyus'un çalışmalarından ve Hintli Budist misyonerler tarafından Çin'den getirilen bazı bilimsel eserlerden yararlanarak gökyüzü, yıldızlar, güneş ve ay hakkında bir anlayış geliştirdi. Ujjain şehrinde bir gözlemevi vardı ve adını bildiğimiz ilk Hintli bilim insanlarından biri olan Varahamihira (y. 505) orada çalıştı. Eski astronomi eserlerini derledi ve kendi gözlemlerini ekledi. Çok daha sonraları 16. yüzyılda Delhi ve Jaipur'da da gözlemevleri

kuruldu. Hint takvimi de oldukça doğrudu ve Çinliler gibi Hintliler de dünyanın çok yaşlı olduğuna inanmıştı. Astronomi döngülerinden biri 4.320.000 yıl uzunluğundaydı. Hintliler de hayatı uzatan bir iksir arayışına katıldı. Sıradan metallere altın üretmenin yolunu da bulmaya çalıştılar. Ancak Hint bilimi tarafından yapılan en büyük katkı matematik alanındaydı.

1, 2, 3 şeklinde devam eden “Arabik” dediğimiz rakamlar, Ortadoğu aracılığıyla Hindistan’dan geldi. “Sıfır” fikri de ilk olarak Hindistan’da ortaya çıktı. Halen kullandığımız rakamların dışında, Hintli matematikçiler temel “basamak” fikrini de geliştirdi. Örneğin 170 sayısında 1 yüzler basamağıdır, 7 onlar basamağıdır ve sıfır ise birler basamağıdır. Bu bize o kadar doğal gelir ki hiç düşünmeyiz; ama basamaklar olmasaydı büyük sayıları yazmak çok daha karmaşık olurdu. En ünlü Antik Hintli matematikçi Brahmagupta, 7. yüzyılda prizmaların ve diğer geometrik şekillerin hacimlerini hesaplama-ya çalıştı. “0” rakamından söz eden ilk kişi oldu ve 0’la çarpılan her sayının “0” olduğunu biliyordu. Bir diğer Hintli matematikçi Bhaskara (d. 1115) bir sayı 0’a *bölündüğü* zaman sonucun sonsuz olacağını bulduğunda aradan neredeyse 500 yıl geçmişti. Bu kavramlar olmadan dünyanın modern matematiksel açıklamaları imkânsız olurdu.

Hindistan ve Çin’deki geleneksel tıp sistemleri, batı tıbbıyla halen rekabet halinde olsa da bilim-
de durum farklıdır. Hintli ve Çinli bilim insanları, dünyanın dört bir yanındaki meslektaşlarıyla aynı fikirler, araçlar ve amaçları paylaşıyor. İster Asya’da

ister başka herhangi bir yerde, bilim artık batıda gelişen evrensel bilimdir.

Ancak Hindistan'dan rakamları ve Çin'den kâğıdı aldığımızı unutmayın. "9'lar" çarpım tablosunu yazın. Doğudan gelen çok eski armağanları kullanırsınız.

3. BÖLÜM



Atomlar ve Boşluk

Yaklaşık olarak MÖ 454 yılında Yunan tarihçi Herodotos (y. MÖ 485-425) Mısır'ı ziyaret etti. Nil Nehri'nin yukarısında kalan Teb şehrindeki piramitler ve 18 metrelik dev heykeller, bizim gibi onu da hayrete düşürmüştü. Her şeyin ne kadar eski olduğuna inanamamıştı. Mısır'ın ihtişamı gerilerde kalmıştı ve Persler tarafından istila edilip yağmalanmasının üzerinden uzun zaman geçmişti. Herodotos halen yükseliş aşamasında olan çok daha genç, daha dinç bir toplumda yaşıyordu. Yüzyıl sonra Büyük İskender'in (MÖ 356-323) komutası altında Mısır'ı fethedeceklerdi.

Herodotos zamanında Yunanca düşünen ve yazan insanlar, Doğu Akdeniz'in gelişmekte olan kısmına egemen oldu. Kör şair Homeros'un eserleri yazıya döküldü. Yunanların inşa ettikleri dev atın içine gizlenip Truvalıları yenilgiye uğratmasını ve

Truva Savaşının beyni olan Odysseus'un evine dönmek için yaptığı fantastik yolculuğu anlatan öyküler de bunların arasındaydı. Yunanlar gemi yapımı, ticaret ve düşünce alanında yetenekliydi.

İlk Yunan düşünürlerden biri, günümüzde Türkiye'nin kıyılarında yer alan Milet şehrinde yaşayan bir tüccar, gökbilimci ve matematikçi olan Thales'ti (y. 625-545). Yazdıklarının hiçbirisi günümüze doğrudan ulaşamasa da, daha sonraki yazarlar ondan alıntılar yapar ve onun hakkında fikir veren anekdotlar anlatır. İçlerinden biri, Thales'in yıldızlara bakmaktan önüne bakmayı unutup bir kuyuya düştüğünü anlatır. Bir başka öyküde, Thales üstünlüğünü kanıtlar: Çok zeki olduğu için zeytin hasadının çok iyi olacağını öngörebilir. Hasattan önce henüz hiç kimse ihtiyaç duymazken bütün zeytin sıkma makinelerini kiralar ve hasat vakti gelince büyük bir kâr oranıyla kiraya verir. Thales ilk dalgın profesör değildi ve daha sonra göreceğimiz gibi bilimini uygulayarak para kazanan tek kişi de olmadı.

Thales'in Mısır'ı ziyaret ettiği ve Mısırlıların matematiğini Yunanlara getirdiği anlatılır. Bu da tıpkı tam güneş tutulmasını doğru tahmin etmesi gibi bir hikâye olabilir (Thales bunu öngörebilecek kadar astronomi bilgisine sahip değildi). Büyük olasılıkla birçok doğa olayını açıklama şekliydi buydu. Nil Nehri'nin taşarak araziyi verimli hale getirmesi ve dünyanın kabuğunun içindeki suların aşırı ısınarak depremlere yol açması gibi açıklamalar getiren Thales için su temel öğeydi. Dünyayı dev bir okyanusun üzerinde yüzen disk gibi zihninde canlandırdı. Bunlar bize çok komik gelse de asıl

önemli olan, Thales'in olayları doğaüstü nedenler yerine doğal nedenlerle açıklamak istemesiydi. Mısırlılar Nil Nehri'nin tanrılar yüzünden taşıdığını düşünmüştü.

Yine Milet'ten çıkan Anaksimandros (y. MÖ 611-547) Thales'in aksine evrendeki en önemli öğenin ateş olduğuna inandı. Sicilya'dan Empedokles (y. MÖ 500-430) dört element fikrini ortaya attı. Hava, toprak, ateş ve suyun dört temel element olduğu fikri, bize daha tanık gelir. Çünkü ortaçağın sonuna kadar neredeyse 2000 yıl boyunca olağan düşünce şekli haline gelmiştir.

Bu, dört element şemasının mutlak bir biçimde herkes tarafından kabul gördüğü anlamına gelmez. Antik Yunan'da ve daha sonra Roma'da atomistler adıyla bilinen filozoflar grubu, dünyanın atom adı verilen küçük parçalardan oluştuğuna inandı. İlk atomistlerin en ünlüsü, MÖ 420 dolaylarında yaşamış Demokritos'tu. Demokritos'un düşüncelerini, başka yazarların ondan yaptığı bölük pörçük alıntılardan biliyoruz. Demokritos, evrende birçok atom olduğunu ve bunların her zaman var olduğunu düşünmüştü. Atomlar parçalanabilirdi ama yok edilemezdi. Görülmeyecek kadar küçük olsalar da şekilleri ve boyutları farklıydı. Bu, atomlardan oluşan şeylerin farklı tat, doku ve renklere sahip olmasını açıklıyordu. Ancak bu daha büyük şeyler, yalnızca insanlar tattığı, dokunduğu ve gördüğü için vardı. Demokritos'a göre bizim madde ve uzay dediğimiz "atomlar ve boşluk" dışında hiçbir şey yoktu.

Atomizm hiç popüler değildi. Demokritos ve takipçilerinin canlı varlıkların bir tür deneme yanılma

yoluyla “evrimleştiğine” dair görüşü daha da az kabul gördü. Bunun eğlenceli bir versiyonuna göre, bir zamanlar bitkiler ve hayvanların parçaları bol miktarda bulunuyordu. Bunlar potansiyel olarak her kombinasyonda birleşebilirdi; örneğin filin hortumu balığa veya gülün taç yaprağı patatese gidebilirdi ama sonunda bütün parçalar bugün gördüğümüz şekilde birleşti. Bir köpeğin bacağı yanlışlıkla kediyle birleşse bile, o hayvan yaşayamazdı ve dolayısıyla köpek ayaklarına sahip bir kedi hiç yoktu. Bir süre sonra bütün köpek ayakları köpeklerde ve neyse ki bütün insan ayakları da insanlarda toplandı. (Evrimin bir diğer Antik Yunan versiyonu, biraz iğrenç olsa da daha gerçekçi görünür. Buna göre bütün canlıların çok kadim bir balçıktan aşama aşama gelişip ortaya çıktığı varsayılır.)

Atomizm evrende nihai bir amaç veya büyük tasarımı görmez ve her şeyin şans ve gereklilik sonucu gerçekleştiğini öngörür. Bu nedenle de çoğu kişi tarafından sıcak karşılanmadı. Çok kasvetli bir bakıştı ve Yunan filozofların birçoğu amaç, doğruluk ve güzelliği aradı. Demokritos ve diğer atomistlerle aynı dönemde yaşayan Yunanlar, onların tüm argümanlarını dinlemiş olmalıydı. Atomistler hakkında bildiklerimiz, daha sonra gelen filozofların alıntıları ve tartışmalarından ibarettir. Roma döneminde yaşamış bir atomist olan Lucretius (y. MÖ 100-55) *De rerum natura* (“Şeylerin Doğası Üzerine”) adını taşıyan güzel bir bilimsel şiir yazdı. Bu şiirde gökyüzünü, dünyayı ve insan toplumlarının evrimi de dahil olmak üzere dünya üzerindeki her şeyi atomizme göre açıkladı.

Neredeyse bin yıllık bir dönemde onlarca Antik Yunan bilim insanı ve matematikçinin isimlerini ve bazı katkılarını biliyoruz. Aristoteles en büyükelere biriydi. Doğaya bakışı öylesine etkiliydi ki ölümünden sonra da uzunca bir süre egemen oldu (5. Bölümde Aristoteles'e döneceğiz). Ancak Aristoteles'ten sonra yaşayan üç kişi, bilimin süregelen gelişimine çok önemli katkılarda bulundu.

Öklid (y. MÖ 330-260) geometriye kafa yoran ilk insan değildi (Babililer bu konuda oldukça iyiydi). Ancak bu konudaki temel varsayım, kural ve işlemleri bir tür ders kitabında bir araya getiren ilk insandı. Geometri, matematiğin uzamla ilgilenen çok pratik bir dalıdır; noktalar, çizgiler, yüzeyler ve hacimlerle ilgilenir. Öklid, paralel çizgilerin asla kesişmemesi ve üçgenin iç açılarının 180 derece olması gibi geometrik fikirleri açıkladı. *Geometrinin Öğeleri* adındaki önemli kitabı, Avrupa genelinde takdir gördü ve öğretilti. Öklid'in "basit geometrisini" bir günde öğrenebilirsiniz. Net ve yalın güzelliğini takdir edeceğinizi umuyorum.

Üç büyük isimden ikincisi olan Eratosthenes (y. MÖ 284-192) dünyanın çevresini geometriyi kullanarak çok basit ama akıllıca bir yöntemle ölçtü. Yaz gündönümünde, yani yılın en uzun gününde güneşin Syene şehrinde tam tepede olduğunu biliyordu. O gün Syene'nin yaklaşık 5000 stadion [günümüzde 1 milin yaklaşık onda biri olan Yunan uzunluk ölçüsü] kuzeyinde olan İskenderiye'de güneşin açısını ölçtü. Bu ölçümlerden yola çıkarak geometrik bir hesaplama yaptı ve dünyanın çevresinin yaklaşık 250.000 stadion yani 25.000 mil olduğu sonucuna

ulaştı. Peki doğru sonuca yaklaşmış mıydı? Bugünkü bilgiler ışığında dünyanın çevresinin (ekvator çizgisinde) tam olarak 24.901,55 mil olduğunu düşünürsek, Eratosthenes çok yakın bir sonuca ulaşmıştı. Eratosthenes'in dünyanın yuvarlak olduğunu düşündüğüne özellikle dikkat edin. Christopher Columbus ve Amerika'ya yaptığı yolculuk hakkında anlatılan öykülere rağmen, dünyanın düz olduğu ve dünyanın kıyısına kadar yelken açılabileceği fikrine her zaman inanılmamıştı.

Üç büyük ismin sonuncusu da Büyük İskender tarafından Mısır'ın kuzeyinde kurulan İskenderiye şehrinde çalıştı. Klaudyos Batlamyus (Claudius Ptolemaios, y. 100-178) antik dünyanın birçok bilim insanı gibi çok geniş ilgi alanlarına sahipti. Müzik, coğrafya ve ışığın doğası ve davranışı konularında yazdı. Ancak ona kalıcı şöhreti kazandıran eser, Araplar tarafından *Büyük Bileşim* [*Almagest*] adı verilen çalışması oldu. Yıldız haritaları; gezegenler, ay, güneş ve yıldızların hareketlerine ilişkin hesaplamalar ve evrenin yapısına ilişkin açıklamaların yer aldığı bu eserde, Batlamyus birçok Yunan gökbilimcinin gözlemini bir araya getirip genişletti. Yaşadığı dönemdeki herkes gibi dünyanın evrenin merkezinde olduğunu ve güneş, ay, gezegenler ve yıldızların dünya etrafında döndüğünü varsaydı. Çok iyi bir matematikçiydi ve birkaç düzeltme yaparak, kendisinin ve daha önceki birçok kişinin fark ettiği gezegen hareketlerine açıklama getirdi.

Gerçekte durum bunun tam tersiyken, güneşin dünya etrafında döndüğünü açıklamak çok zordur. Batlamyus'un kitabı, İslam topraklarında ve Avru-

pa'da ortaçağ gökbilimcileri için temel kaynaktı. Arapçaya çevrilen ilk kitaplardan biri oldu ve büyük beğeni toplayan eser daha sonra Latinceye de çevrildi. Batlamyus birçoklarının gözünde Hipokrat, Aristoteles ve Galen'le eşdeğer olsa da biz bu üç isme birer bölüm ayıracağız.

4. BÖLÜM



Tıbbın Babası HİPOKRAT

Bir dahaki sefere doktora gittiğinizde, mezuniyet töreninde Hipokrat Yemini edip etmediğini sorun. Bütün modern tıp okulları şart koşmasa da bazıları öğrencilerine halen bu yemini ettirir. Yaklaşık 2000 yıl önce yazılmış olan bu yeminin bize halen söyleyecekleri var. Bunların ne olduğunu birazdan göreceğiz.

Bu ünlü yemin Hipokrat'ın adıyla anılsa da muhtemelen kendisi tarafından yazılmamıştır. Hipokrat adıyla yazılan altmış kadar risalenin (belirli bir konu hakkında yazılmış kitapçığın) yalnızca birkaçı bizzat kendisi tarafından kaleme alınmıştır. Hipokrat'ın nasıl biri olduğuna dair çok az şey biliyoruz. Günümüzde Türkiye'den çok uzakta olmayan Kos Adası'nda yaklaşık MÖ 460 yılında dünyaya

geldi. Hekimlik yaptı, tıp öğretti (para karşılığında) ve büyük ihtimalle hepsi hekim olan iki oğul ve bir damadı vardı. Bir aile geleneği olarak tıbbın uzun bir tarihçesi vardır.

Hipokrat Külliyyatı (bütün eserleri) belki de 250 yıl kadar bir zaman diliminde birçok kişi tarafından kaleme alınmıştır. Külliyyattaki çeşitli kitapçıklar farklı bakış açıları geliştirir ve birçok farklı konuyu ele alır. Hastalıkların teşhis ve tedavisi, kırık kemikler ve çıkık eklemlerin tedavisi, salgın hastalıklar, sağlıklı kalmanın yolları, sağlıklı beslenme ve çevrenin sağlığınıza etkisi gibi konuların ele alındığı kitapçıklar, hekimlerin hem hastalara hem de meslektaşlarına nasıl davranması gerektiğini de anlatır. Kısacası Hipokratik eserler, bugün uyguladığımız şekliyle tıbbi bir bütün olarak kapsar.

İşlenen konuların kapsamı kadar dikkat çeken bir nokta da bu kitapçıkların çok uzun zaman önce yazılmış olmalarıdır. Hipokrat çok uzaklardaki küçük bir adada Sokrates, Platon ve Aristoteles'ten önce yaşamıştı. Matbaa makinelerinin olmadığı ve sözcüklerin parşömen, deri, kil ve diğer yüzeylere zahmetli bir biçimde elle yazıldığı düşünüldüğünde, o kadar uzun zaman önce yazılan eserlerin günümüze kadar ulaşması hayret vericidir. Mürekkep uçabilir, savaşlar kitapçıkların yok olmasına yol açabilir, böcekler ve hava koşulları sayfalara zarar verebilir. Genellikle konuya ilgi duyan kişiler tarafından çok daha sonra yazılmış kopyalara sahip oluruz. Yazıların ne kadar çok kopyası çıkarılırsa, içlerinden bazılarının günümüze ulaşma şansı da o kadar fazla olur.

Hipokratik eserler, Batı tıbbının temelini oluşturduğu için Hipokrat'ın halen özel bir yeri vardır. Üç genel prensip, tıp pratiğine yüzyıllardır yön verir. Bu prensiplerin ilki, tıbbımızın ve tıp biliminin temelini oluşturur: İnsanların rasyonel açıklamalara sahip "doğal" nedenlerden dolayı hasta olduğuna dair sağlam bir inancı şart koşar. Antik Yunan'da ve komşu topraklarda Hipokratiklerden önce hastalığın doğaüstü bir boyutunun olduğu varsayılıyordu. Tanrıları rencide ettiğimizde ya da doğaüstü güçlere sahip biri bize büyü yaptığında veya gücendiğinde hasta olduğumuza inanılıyordu. Hastalıkların nedeni cadılar, büyücüler ve tanrılersa hastalıkların neden ortaya çıktığını ve en iyi tedavi yönteminin ne olduğunu bulma işini, din adamlarına veya büyücülere bırakmak en iyisiydi. Bugün bile birçok kişi büyülü ilaçlar kullanır ve inanç yoluyla iyileştiren şifacılar halen aramızdadır.

Hipokratikler din adamı-şifacı değildi; hastalıkların doğal ve normal bir olay olduğuna inanan hekimlerdi. *Kutsal Hastalık Hakkında* adını taşıyan bir kitapçık, bunu çok net bir biçimde ortaya koyar. Bu kısa eser, o zaman da bugünkü kadar yaygın bir hastalık olan epilepsi hakkındadır. Hem Büyük İskender hem Jül Sezar'ın bu hastalığa yakalandığını düşünüyoruz. Epilepsi hastaları nöbetler geçirir ve bilincini kaybeder. Bu nöbetler sırasında kaslarında seğirmeler, vücutlarında kıvrılmalar görülür. Bazen altlarını ıslattıkları da olur. Nöbet aşama aşama geçtiğinde vücutlarının ve zihinsel fonksiyonlarının kontrolünü yeniden sağlarlar. Günümüzde epilepsi hastaları bunu elverişsiz olsa bile

“normal” bir durum olarak görür. Ama bir kişinin epilepsi nöbeti geçirdiğini görmek, çok rahatsız edici olabilir. Epilepsi nöbetleri öylesine dramatik ve gizemlidir ki Antik Yunanlar bunun ilahi bir nedenden kaynaklandığını düşünmüş ve epilepsiye “Kutsal Hastalık” adını vermiştir.

Kutsal Hastalık Hakkında adlı kitapçığın yazarı, kesinlikle aynı fikirde değildi. Hipokratik yazar, ünlü açılış cümlelerinde bunu açıkça ifade etti: “Kutsal denen hastalığın diğer hastalıklardan daha ilahi veya kutsal olduğuna inanmıyorum. Tam tersi, spesifik özelliklerinin ve belli bir nedeninin bulunduğu inanıyorum. Ancak diğer hastalıklardan tamamen farklı olduğu için cehalet ve şaşkınlık içindeki insanlar bunu sanki ilahi bir ziyaretmiş gibi algılamıştır.” Yazarın teorisine göre epilepsinin nedeni, beyindeki bir balgam tıkanıklığıydı. Bilim ve tıptaki birçok teori gibi bunun da yerini daha iyi teoriler aldı. Ancak ilk ifade çağlar boyunca bilimin yol gösterici ilkesi haline geldi: Sırf olağandışı, gizemli ya da açıklanması zor olduğu için bir hastalığın doğaüstü bir nedeninin olduğu söylenemez. Şu anda nedenini anlamayabiliriz ama azimle ve çok çalışarak anlayabiliriz. Bu argüman, Hipokratikler tarafından bize bırakılan en kalıcı miraslardan biridir.

İkinci Hipokratik prensip, hem sağlık hem de hastalığa vücudumuzdaki “humor” adı verilen sıvıların neden olduğudur. (İnsanların iyi veya kötü bir halde olduğunu anlatırken bu “humor” ifadesi çok eskiden beri kullanılır.) Bu anlayış en net biçimde Hipokratik’in damadı tarafından yazılmış olabilecek

İnsan Doğası Hakkında adlı kitapçıkta ortaya konur. Diğer birçok Hipokratik eser, hastalık nedeni olarak iki humordan söz eder: balgam ve sarı safra. *İnsan Doğası Hakkında* adlı kitapta bunlara iki tane daha eklenir: kan ve siyah safra. Yazar, bu dört sıvının sağlığımızda temel roller oynadığını ileri sürer. Bunların dengesi bozulduğunda (içlerinden birinin çok fazla ya da çok az olması durumunda) hastalık ortaya çıkar. Hasta olduğunuzda kendi be-densel sıvılarınızı büyük olasılıkla görmüşsünüzdür. Ateşimiz çıktığında terleriz, soğuk algınlığı veya göğüs hastalıklarına yakalandığımızda bur-numuz akar ve öksürerek balgam çıkarırız. Mide-miz bulandığında kusarız ve ishal olduğumuzda sıvılar diğer uçtan dışarı atılır. Sıyrık veya kesik, ciltte kanamaya neden olabilir. Günümüzde daha az yaygın olsa da cildin sarıya dönmesine yol açan sarılık hastalığına vücut sıvılarını üreten organları etkileyen birçok hastalık sebebiyet verebilir. Antik Yunan'da yaygın olan sıtma hastalığı da bunlardan biridir.

Hipokratikler dört sıvının her birini vücudun belli bir organıyla ilişkilendirdi: kan kalple, sarı safra karaciğerle, siyah safra dalakla ve balgam da beyinle. *Kutsal Hastalık Hakkında* adlı kitabın ya-zarı, epilepsiye beyindeki balgam tıkanıklığının yol açtığını ileri sürdü. Sadece soğuk algınlığı veya is-hal gibi vücut sıvılarında açık değişikliklere neden olan hastalıklar değil, tüm hastalıklar bu sıvılar-daki değişikliklerle ilişkilendirildi. Her sıvının ken-dine has özellikleri vardı: kan sıcak ve nemli; bal-gam soğuk ve nemli; sarı safra sıcak ve kuru; siyah

safra soğuk ve kuruydu. Bu tür semptomlar, hastalarda gerçekten görülebilir: kanayıp iltihaplanmış bir yara sıcaktır ve nezle olup burnumuz aktığında üşüyüp titreriz. Hipokratik görüşleri yaklaşık 600 yıl sonra geliştiren Galen aynı özellikleri (sıcak, soğuk, nemli ve kuru) yediğimiz gıdalar veya içtiğimiz ilaçlarla da ilişkilendirecekti.

Bütün hastalıkların tedavisi, vücut sıvılarını her hasta için en iyi olacak şekilde restore etmekten geçer. Bu nedenle Hipokratik tıp her sıvıyı “doğal” haline döndürmek için gerekli talimatları yerine getirmekten daha karmaşıktır. Her bireysel hastanın kendi sağlıklı sıvı dengesi vardır. Dolayısıyla hekimin hastası hakkında her şeyi bilmesi gerekir; nerede yaşadığını, ne yediğini ve geçimini nasıl sağladığını bilmek durumundadır. Sadece hastasını iyi tanıdığı takdirde, büyük olasılıkla nelerin gerçekleşeceğini söyleyebilir veya bir *prognoz* ortaya koyabilir. Hasta olduğumuz zaman çoğumuz bizi nelerin beklediğini ve nasıl daha iyi olabileceğimizi bilmek isteriz. Hipokratik hekimler, nelerin gerçekleşebileceğini öngörmeye büyük önem verdi. Doğru öngörülerde bulunmak, şöhretlerini artırdı ve onlara daha fazla hasta getirdi.

Hipokratiklerin öğrendiği ve ardından da öğrencilerine (genellikle oğullarına veya damatlarına) öğrettiği tıp, hastalıkların ve izledikleri seyrin dikkatlice gözlemlenmesini temel aldı. Deneyimlerini çoğu zaman “aforizmalar” adındaki küçük özetler şeklinde yazıya döktüler. Aforizmalar, daha sonraki hekimler tarafından en yaygın kullanılan Hipokratik eserlerden biri oldu.

Hipokratiklerin sağlık ve hastalığa üçüncü önemli yaklaşımı, “doğanın iyileştirici gücü” anlamına gelen Latince *vis medicatrix naturae* ifadesiyle özetlendi. Hipokrat ve takipçileri, hastalık sırasındaki humor hareketlerini vücudun kendi kendini iyileştirme çabasının işaretleri olarak yorumladı. Terleme, balgam atma, kusma ve iltihaplanma, vücudun humorları dışarı atması (veya mutfak metaforlarını sıkça kullandıkları için “pişirmesi”) olarak görüldü. Vücut aşırılıklardan kurtulmak ya da hastalık tarafından değiştirilen kötü humorları düzeltmek veya arıtmak için bunu yapıyordu. Hekimin işi, bu doğal iyileşme sürecinde doğaya yardım etmektir. Hekim doğanın efendisi değil, hizmetkârıydı ve hastalık süreçleri, hastalık sırasında nelerin gerçekleştiği yakından gözlemlenerek öğrenilebilirdi. Çok daha sonraları bir doktor, bu eğilimi açıklamak için “kendi kendini sınırlayan hastalık” ifadesini geliştirdi ve hepimiz birçok hastalığın kendi kendine geçtiğini biliyoruz. Doktorlar bazen kendi aralarında bu tür hastalıkların tedavi edilirse bir haftada geçtiğini ama tedavi edilmezse yedi gün sürdüğünü söyleyerek şakalaşır. Hipokratikler olsa buna kesinlikle hak verirdi.

Hipokratikler tıp ve cerrahi, hijyen ve salgın hastalıklar konusunda birçok eser bırakmanın dışında günümüzde doktorlar için halen esin kaynağı olmaya devam Hipokrat Yemini’ni de miras bıraktı. Hipokratik kitapçıkların bazıları, genç öğrencilerle ustaları arasındaki veya doktorların kendi arasındaki ilişkiler hakkındadır. Ancak kitapçıkların birçoğu doktorların hastalara karşı sergilemesi ge-

reken uygun davranışı işler. Hastalarından asla istifade etmemeleri, onlardan duydukları sırların de-dikodusunu yapmamaları veya zehir uygulamamaları gerekir. Bütün bunlar bugün tıp etiğinde halen önemini korur ama Hipokrat Yemini'ndeki bir ifade özellikle ebedi görünür: *Yeteneğim ve muhakeme gücüm ölçüsünde gücümü hastalarımın iyiliğine kullanacağım; asla kimseye zarar vermeyeceğim veya haksızlık etmeyeceğim.* "Kimseye zarar vermek" halen her doktorun amacı olmalıdır.

5. BÖLÜM



“Bilenlerin Üstadı”

ARİSTOTELES

Aristoteles, “Bütün insanlar doğası gereği bilmek ister,” der. Siz de her zaman daha fazlasını bilmek için yanıp tutuşan birini muhtemelen tanıyorsunuzdur. Aristoteles’in gözünde merak önemini her zaman korumuş olsa da merakını yitirmiş ve her şeyi bildiğini iddia eden kişilerle de karşılaşabilirsiniz. Aristoteles’in umudu, insanların kendileri ve dünya hakkında bilgi edinmek için çaba sarf edeceği yönündedir. Ancak ne yazık ki bunun her zaman böyle olmadığını biliyoruz.

Aristoteles tüm hayatını öğrenmeye ve öğretmeye adanmıştı. Trakya’daki Stagira şehrinde (günümüzde Yunanistan sınırları içinde yer alan Halkidhiki’de) MÖ 384 yılında dünyaya geldi. Bir doktorun oğluydu ama yaklaşık on yaşından itibaren hamisi Proksenos

tarafından yetiştirilip eğitildi. Yaklaşık on yedi yaşındayken Platon’un meşhur Akademisinde öğrenim görmek için Atina’ya gitti. Orada yirmi yıl kaldı. Aristoteles’in doğal dünyaya yaklaşımı Platon’un yaklaşımından tamamen farklı olsa da Aristoteles, öğretmenine çok düşküncü ve MÖ 347 yılındaki ölümünün ardından Platon’un eserini seyerek kaleme aldı. Bazıları, batı felsefesi tarihinin Platon’a düşülen dipnotlardan ibaret olduğunu söyler. Çünkü Platon filozofların halen üzerinde düşündüğü soruların birçoğunu gündeme getiren kişidir. Güzelliğin doğası nedir? Gerçeğin veya bilginin doğası nedir? Nasıl iyi olabiliriz? Toplumlarmızı en iyi şekilde nasıl organize edebiliriz? Yaşadığımız kuralları kimler koyar? Dünyadaki şeylerle deneyimimiz, onların “gerçekte” ne olduğuna dair bize neyi anlatır?

Aristoteles de bu felsefi soruların birçoğuna kafa yordu ama bu soruları “bilimsel” diyebileceğimiz bir şekilde yanıtlama eğilimi gösterdi. O da Platon gibi bir filozoftu ama “bilim insanı” olarak nitelendirebileceğimiz bir *doğa* filozofuydu. Felsefenin onu en çok heyecanlandıran dalı, mantıktı; nasıl daha net düşünebileceğimiz sorusunun yanıtını aradı. Yerde ve gökte kendi dünyasıyla meşgul oldu ve doğal şeylerin nasıl değiştiğini düşündü.

Aristoteles’in yazdıklarının büyük bir kısmı kayıp olsa da bazı ders notlarına sahip olduğumuz için şanslıyız. Aristoteles, Platon öldükten sonra muhtemelen bir yabancı olarak kendini güvende hissetmediği için Atina’dan ayrıldı. Günümüzde Türkiye’nin sınırları içinde yer alan Assos şehrinde birkaç yıl

geçirdi. Assos'ta bir okul kurdu, yerel yöneticinin kızıyla evlendi ve karısının ölümünün ardından köle bir kızla evlenip Nikomakhos adında bir oğul sahibi oldu. Aristoteles biyolojik araştırmalarına burada başladı ve Midilli adasında devam etti. MÖ 343 yılında çok önemli bir görev üstlendi. Makedonya'da (günümüzde Yunanistan'ın kuzeyinde ayrı bir ülke) Büyük İskender'e öğretmenlik yaptı. Öğrencisinin felsefi anlamda duyarlı bir hükümdar olmasını umdu ama başarılı olmadı. Yine de Büyük İskender bilinen dünyanın büyük bir kısmını egemenliği altına alınca, Aristoteles Atina'ya güven içinde geri dönebildi. Aristoteles, Platon'un Akademisine gitmek yerine, Atina'nın hemen dışında yeni bir okul kurdu. Okula yürüyerek giden Aristoteles'in öğrencileri Peripatetik yani "yürüyen, gezgin" (Yunanca *peripatos*) olarak anılmaya başlandı. Aristoteles'in kendisinin ne kadar çok yer değiştirdiğini düşününce bu uygun bir isimdi. Büyük İskender'in ölümünden sonra Aristoteles Atina'daki desteğini kaybedince son kez göç etti. Yunanistan'daki Chalcis şehrine yerleştikten kısa süre sonra hayatını kaybetti.

Aristoteles bir bilim insanı olarak nitelendirildiğini duysaydı, buna şaşırabilirdi. Kelimenin gerçek anlamıyla bir filozoftu; bilginin âşığıydı. Ama hayatını çevresindeki dünyadan anlam çıkarmaya çalışarak geçirdi ve bunun için günümüzde bilimsel olarak nitelendirebileceğimiz yollara başvurdu. Dünya, canlılar ve gökyüzü hakkındaki vizyonu 1500 yılı aşkın bir süre boyunca anlayışımızı etkiledi. Galen'le birlikte, bütün antik düşünürlerin arasından sıyrıldı. Elbette daha öncekileri temel

aldı ama koltuk filozofu değildi. Bizzat maddi dünyayla ilgilenip onu anlamaya çalıştı.

Aristoteles’in bilimini üç parçaya ayırabiliriz: canlı dünya (insanlar da dahil olmak üzere hayvanlar ve bitkiler); değişimin veya hareketin doğası (bu alandaki çalışmalarının büyük bir kısmı *Fizik* adlı eserinde yer alır) ve gökyüzünün yapısı veya dünyanın güneş, ay, yıldızlar ve diğer gök cisimleriyle ilişkisi.

Aristoteles bitkiler ve hayvanların nasıl oluştuğunu ve nasıl fonksiyon gösterdiğini araştırmaya çok zaman ayırdı. Doğum, yumurtadan çıkma veya çimlenmeden itibaren onların nasıl geliştiğini ve ardından nasıl büyüdüğünü öğrenmek istedi. Tavukların yumurtada nasıl geliştiğini parlak bir biçimde tarif etti. Kuluçkadaki yumurtaları birer gün arayla kırıp baktı. Gördüğü ilk yaşam işareti, nabız gibi atan küçük bir kan beneği idi. Bu daha sonra tavuğun kalbi haline geliyordu. Aristoteles kalbin hayvanlardaki temel organ olduğuna kanaat getirdi. Kalbin duygunun merkezi olduğuna inandı. Zihinsel hayat dediğimiz şeyi de kalple ilişkilendirdi. Platon (ve Hipokratikler) bu psikolojik fonksiyonları beyinde konumlandırdı ve haklı çıktı. Yine de korku, gerginlik ve sevgi dolu anlarda kalplerimiz daha hızlı çarptığı için Aristoteles’in teorisi saçma değildir. Aristoteles insan gibi daha gelişmiş canlıların fonksiyonlarını, çeşitli yetiler veya işlevlere sahip “ruhun” etkinlikleri üzerinden açıkladı. İnsanlarda ruhun altı temel yetisi vardı: beslenme ve üreme, duyum, arzu, hareket, hayal gücü ve akıl yürütme.

Bütün canlılar bu kabiliyetlerin bazılarına sahiptir. Örneğin bitkiler büyüyüp üreyebilir; karınca gibi böcekler hareket edip hissedebilir. Daha büyük ve daha zeki hayvanlar daha fazla yetiye sahiptir ama Aristoteles'e göre yalnızca insanlar akıl yürütebilir. Yani insanlar düşünebilir, analiz edebilir ve bir eylem akışına karar verebilir. Bu nedenle de Aristoteles'in doğa ölçeği (*scala naturae*) veya varlık zincirinde insanlar en üstte yer alır. Bu bütün canlıların yerleştirilebileceği bir tür merdivendir. Basit bitkilerden başlar ve yukarıya doğru çıktıkça gelişme kaydeder. Bitkiler ve hayvanlar başta olmak üzere doğayı inceleyen farklı doğabilimciler, sonraki bölümlerde göreceğimiz gibi bu konuyu tekrar tekrar işlemiştir.

Aristoteles, bitki veya hayvanların çeşitli parçalarının (yaprak, kanat, mide veya böbrek gibi) ne işe yaradığını çözümlenmekte hayli mesafe katetti. Her parçanın yapısının belirli fonksiyonu üstlenmek üzere tasarlandığını varsaydı. Kanatlar uçmak için, mide yiyecekleri sindirmek için ve böbrekler idrarı işlemek için tasarlanmıştı. Buna *teleolojik* akıl yürütme denir: *Telos* ereksel nedendir ve bu düşünce tarzı bir şeyin neye benzediğine veya ne işe yaradığına odaklanır. Bir fincan veya bir çift ayakkabıyı düşünün. O şekilde olmalarının nedeni, spesifik bir erek doğrultusunda üretilmeleridir. Fincan içilecek sıvıları koymak için, ayakkabılar yürürken ayakları korumak için üretilir. Bu kitapta teolojik akıl yürütmeyle, sadece bitkilerin veya hayvanların çeşitli parçalara neden sahip oldukları açıklanırken değil, aynı zamanda daha genel anlamda fiziksel dünyaya ilişkin açıklamalarda da tekrar kullanılacağız.

Bitkiler çimlenir, hayvanlar doğar; hepsi büyürler ve ölürler. Mevsimler muntazaman gelip geçer. Bir şeyi havaya bırakırsanız yere düşer. Aristoteles bunlar gibi değişiklikleri açıklamak istedi. İki fikir onun için çok önemliydi: “potansiyelite” ve “aktüalite”. Öğretmenler veya anne babalar, çocuklara potansiyelini açığa çıkarmasını söyleyebilir. Bu genellikle bir sınavda mümkün olabilecek en iyi notu almak ya da bir yarışta mümkün olabildiğince hızlı koşmak anlamına gelir. Bu, Aristoteles’in fikrinin sadece bir parçasıdır; Aristoteles her şeyde farklı türden bir potansiyel görür. Aristoteles’e göre bir yığın tuğla, ev haline gelme potansiyeline sahiptir; bir taş kütleli de heykel olma potansiyeline sahiptir. İnşaat ve heykeltıraşlık, bu cansız objeleri potansiyel olmaktan çıkarıp “aktüaliteye”, yani tamamlanmış bir şeye dönüştürür. Aktüalite, potansiyelin hedef noktasıdır ve bir şeyin kendi “doğal halini” bulmasıdır. Örneğin yere düşen bir şey (elma ağacından düşen bir elma gibi) topraktaki “doğal” haline ulaşmayı amaçlar. Elma birdenbire kanatlanıp uçamaz çünkü dünyamızdaki her şey gibi elma da toprağa ulaşmak ister ve uçan bir elma çok doğadışı olurdu. Yere düşen elma değişmeye devam eder: Biri onu yerden alıp yemezse çürür. Bu onun büyüme ve çürüme döngüsünün bir parçasıdır. Sadece düşmek suretiyle bir tür aktüaliteye kavuşur. Kuşlar bile gökyüzünde kanat çırpıttıktan sonra toprağa döner.

Her şeyin “doğal” dinlenme yeri topraksa ay, güneş, gezegenler ve yıldızlar için ne düşünülebilir? Onlar da ağaçta asılı duran meyveler veya uçuşumun kenarındaki asırmış kavalalar gibi havada olabilir

ama asla yeryüzüne düşmez. İyi ki de düşmez. Aristoteles'in buna yanıtı basittir. Ayın aşağısında, değişim her zaman gerçekleşir. Bunun nedeni dünyanın dört elementten oluşmasıdır: hava, ateş, toprak ve su. (Bu elementlerin özelliklerine gelecek olursak; ateş sıcak ve kurudur, hava sıcak ve nemlidir, toprak soğuk ve kurudur, su ise soğuk ve nemlidir.) Ancak ayın yukarısında her şey beşinci, değişmeyen bir elementten oluşur: *quintessence* ("beşinci öz"). Gök cisimleri her zaman kusursuz bir dairesel hareket halindedir. Aristoteles'in evreni sabit bir uzayla doludur ama bu evrende sabit bir zaman yoktur. Güneş, ay ve yıldızlar, her şeyin merkezinde yer alan dünyanın etrafında ezelden beri döner. Burada güzel bir paradoks vardır; merkezde yer alan dünya, evrende değişim ve çürümenin gerçekleşebildiği tek yerdir.

Dünyanın çevresindeki bütün bu harekete ilk başta neden olan şey nedir? Aristoteles *nedenlerle* çok ilgiliydi. Nedenleri dörde ayırarak açıklamaya çalıştı. Onlara maddi, formel, etkin ve ereksel nedenler adını verdi. İnsan etkinliklerinin ve bu dünyada gerçekleşen şeylerin bu şemaya oturtulabileceğini ve daha iyi anlaşılabilceğini düşündü. Bir kaya parçasından heykel yapmayı düşünün. Taşın kendisi *maddi* nedendir; heykelin yapıldığı madde-dir. Heykeltıraş her şeyi *formel* olarak düzenleyerek heykele belli bir şekil verir. *Etkin* neden, şekil vermek için taşı yontma eylemidir. *Ereksel* neden ise heykeltıraşın zihnindeki fikirdir; mesela bir köpek veya at şekli olabilir. En başında tüm etkinlik buna göre planlanmıştır.

Bilim, her zaman nedenlerle ilgilenmiştir. Bilim insanları, neyin neden gerçekleştiğini bilmek ister. Bir hücrenin hiç sonu gelmeyecek biçimde bölünmeye başlayıp kansere yol açmasının nedeni nedir? Yaz boyunca yeşil kalan yaprakların sonbaharda kahverengi, sarı, kırmızıya dönmesinin nedeni nedir? Maya katılan ekmek hamuru neden kabarır? Bu ve daha birçok soru, çeşitli "nedenler" üzerinden yanıtlanabilir. Yanıtlar bazen çok basittir, bazen çok karmaşıktır. Bilim insanları çoğunlukla Aristoteles'in etkin neden olarak adlandırdığı nedenlerle uğraşır ama maddi ve formel nedenler de önemlidir. Ereksel nedenler farklı konuları gündeme getirir. Günümüzde bilim insanları bilimsel deneylerde süreçleri açıklamakla yetiniyor. Daha geniş açıklamaları veya ereksel nedenleri bulamaya çalışmıyor. Bu daha çok din veya felsefenin işi.

Ancak MÖ 4. yüzyılda Aristoteles bu ereksel nedenlerin resmin bir parçası olduğuna inanmıştı. Evrene bir bütün olarak bakarak, bütün bu hareket sürecini başlatan bir ereksel neden bulunması gerektiğini ileri sürmüştü. Bunu "hareket etmeyen hareket ettirici" nitelendirmişti. Daha sonraki birçok din (örneğin Hristiyanlık, Musevilik ve İslam) bu gücü kendi Tanrılarıyla ilişkilendirdi. Aristoteles'in böylesine etkili bir düşünür olarak kabul görmesinin bir nedeni de buydu. Aristoteles bilime yaklaşık 2000 yıl egemen olan bir dünya görüşü yarattı.

6. BÖLÜM



İmparatorun Doktoru GALEN

Galen (y. 129-210) çok zeki biriydi ve bunu ifade etmekten hiç çekinmedi. Sürekli yazdı ve kendi görüşlerini ve başarılarını anlattı. Antikçağın diğer yazarlarından daha çok eser bıraktı. Birçok eserinin günümüze ulaşması, insanların Galen'in görüşlerine ne kadar değer verdiğinin bir göstergesidir. Bugün okuyabileceğiniz yirmi kalın cildin dışında Galen daha birçok eser verdi. Sonuçta Galen hakkında, diğer antik düşünürlerin birçoğundan daha fazla bilgi sahibiyiz. Galen'in kendisi hakkında yazmaya bayılmasının da hiçbir sakıncası yok.

Galen günümüzde Türkiye'de yer alan ama o dönemde Roma İmparatorluğu sınırları içinde kalan Bergama (Pergamum) şehrinde dünyaya geldi. Varlıklı bir mimar olan babası, yetenekli oğluna çok

düşkündü. Ona Yunan dilinde felsefe ve matematiği kapsayan sağlam bir eğitim verdi. Gördüğü bir rüyada oğlunun doktor olması gerektiği söylenmişti. Bu etkileyici rüyayı görmeseydi neler olabileceğini kim bilebilir? Galen bunun üzerine tıp eğitimi almaya başladı. Babasının ölümüyle kendisine yüklü bir miras kaldı ve birkaç yılını seyahat edip öğrenerek geçirdi. Mısır'da İskenderiye'deki ünlü kütüphanede ve müzede vakit geçirdi.

Bergama'ya dönünce gladyatörlerin doktorluğunu yaptı. Vatandaşları eğlendirmek için birbiriyle dövüştürülmek ya da aslan ve başka hayvanlarla karşı karşıya gelmek için seçilen gladyatörlerin bakımı önemli bir işti. Çünkü zavallı adamların dövüşmeye devam edebilmesi için gösterilerin arasında yaraları tedavi edilmeliydi. Galen kendi anlatımına göre son derece başarılıydı. Yaraları ameliyat etmekte çok deneyimliydi. Zengin kesimde de ciddi bir şöhrete kavuşmuştu ve yaklaşık olarak MS 160'ta Roma İmparatorluğunun başkenti Roma'ya gitti. Anatomi (insan ve hayvanların bedensel yapılarının incelemesi) ve fizyoloji (bu yapıların işlevinin incelemesi) üzerine yazmaya başladı. İmparator Marcus Aurelius'la birlikte bir askeri sefere de çıktı. İmparator ünlü *Düşünceler* serisinin yazarıydı ve iki adam uzun sefer boyunca felsefe tartıştı. Marcus Aurelius, Galen'i takdir etti ve Galen de imparatorun desteğinden faydalandı. Önemli hastalar akın akın Galen'e muayene olmaya geldi. Galen'in anlattığına göre hepsini mümkün olabilecek en iyi şekilde tedavi etti.

Galen'in tıp alanındaki kahramanı, beş yüzyıl aşkın bir süre önce ölmüş olsa da Hipokrat'tı. Galen,

ustasının mirasını tamamladığını ve genişlettiğini düşündü ve birçok açıdan tam olarak bunu yaptı. Hipokrat'ın eserlerinin birçoğunu yorumladı ve kendi görüşlerine en uygun Hipokratik eserlerin Hipokrat'ın kendisi tarafından yazılmış olduğunu varsaydı. Sözcüklerin değişen anlamlarına çok dikkat eden usta bir dilbilimci olan Galen'in Hipokrat yorumları halen değerini korur. En önemlisi de Hipokratik sıvı öğretisini bin yılı aşkın bir süre boyunca kullanılan haline getirdi. Ne büyük bir etki!

Sıvıların dengesi ve dengesizliği fikri, Galen'in tıp pratiğinde merkezi önemdeydi. Hipokrat gibi Galen de dört sıvının –kan, sarı safra, siyah safra ve balgam– özel olarak sıcak veya soğuk ve nemli veya kuru olduğuna inandı. Bir hastalığı tedavi etmek için aynı yoğunlukta “zıt” ilaç seçilmeliydi. Örneğin üçüncü derecede sıcak ve nemli olan hastalıkları, üçüncü derecede soğuk ve kuru ilaçla tedavi etmek gerekti. Yani burnu akan ve üşüyen hastalara kuruluk ve sıcaklık sağlayan ilaçlar ve gıdalar verildi. Sıvılar dengelenerek sağlıklı “nötr” durum yeniden tesis edildi. Bu çok mantıklı ve basitti ama gerçekte her şey daha karmaşıktı. Doktorlar hastalarını çok iyi tanımak ve ilaçlarını özenle uygulamak zorundaydı. Galen diğer doktorların sıkça yaptığı yanlışları çabucak tespit ettiği için onun teşhis ve tedavilerinin daha iyi olduğunu herkes biliyordu. Çok rağbet gören açıkgöz bir doktordu. Sağlık ve hastalığın fiziksel yönleri kadar ruhsal yönlerine de ilgi gösterdi. Yakışıklı bir erkek dansçı şehre her geldiğinde zayıflayan ve gerginleşen genç bir kadına “aşk hastalığı” tanısı koymuştu.

Galen, doktorların halen yaptığı gibi hastanın nabzını dinleme pratiğini geliştirdi. Kan dolaşımı hakkında hiçbir fikre sahip olmamasına rağmen, hastanın nabzının –yavaş veya hızlı, güçlü veya zayıf, düzenli veya düzensiz– hastalık teşhisi konarken ne kadar faydalı olabileceğine dair bir kitapçık yazdı.

Galen, anatomiye Hipokratiklerden daha çok ilgi duydu. Ölü hayvanların bedenlerini açtı ve bulabildiği insan iskeletlerini inceledi. Antik toplumlarda cesetleri kesip incelemek uygun görülmediği için Galen bunu yapamamıştı. (Ancak daha önce yaşamış birkaç doktora, mahkûmların bedenlerini halen hayattalarken inceleme izni verilmiş olabileceğini düşünüyoruz.) Galen insan anatomisini domuz ve maymun gibi hayvanları kesip parçalara ayırarak ve tesadüf eseri karşılaştığı çürüyen bir cesedi veya cilt, kas ve kemiğin yapısını gösteren ciddi yaraları inceleyerek öğrendi. Bilim insanları araştırmalarında hayvanları halen kullansa da bu bilgileri nasıl elde ettiklerini açıklamaya özen göstermek zorundadır. Galen elindeki bilgilere nasıl ulaştığını çoğu zaman açıklamadığı için bu nokta muğlaktır.

Galen'e göre anatomi kendi başına önemli bir konuydu ama vücuttaki organların neye yaradığını anlamak için de temeldi. En etkili kitapçıklarından biri olan *Vücutun Parçalarının Kullanımı Üzerine*, "parçaların", yani organların yapısını ve insan vücudunun işleyişinde üstlendikleri rolü inceler. Tahmin edebileceğiniz gibi her parçanın bir işe yaradığını, aksi halde vücutta olmayacağını varsayar. (Galen'in insan vücudundaki apandisi görüp görmediğini merak ediyorum. Sindirim organlarımızın

bu küçük parçası, muhtemelen çok ama çok uzun zaman önce bitkileri sindirmemize yardımcı olsa da artık hiçbir işleve sahip değildir.)

Tüm bedensel fonksiyonların merkezinde Antik Yunanların *pneuma* dedikleri şey vardır. Bu sözcüğü dilimize çevirmek kolay değildir: “Ruh” diye çevrilse de aynı zamanda “hava, nefes” anlamı da taşır. Günümüzde kullanılan birçok tıp terimine de kaynaklık eder (örneğin zatürrenin tıbbi adı “pnömoni” bu sözcükten gelir). Galen’e göre vücut üç tür *pneuma* içerir ve bunların her birinin işlevini anlamak, insan vücudunun işleyişini anlamakta merkezi önemdedir. En temel *pneuma*, karaciğerle ilişkilendirilir ve sindirimle ilgilidir. Karaciğer, gıdaları yenip sindirildikten sonra mideden alıp kana dönüştürür ve ona “doğal ruhu” aşılar. Bu kan karaciğerden damarlar aracılığıyla tüm vücuda yayılır ve kaslarla diğer organları besler.

Bu kanın bir kısmı karaciğerden anatoplardamar (*vena cava*) aracılığıyla kalbe aktarılır ve orada rafine edilerek ikinci *pneuma* türüyle, yani “yaşamsal ruhla” karışır. Bu süreçte kalp ve akciğerler birlikte çalışır. Kanın bir kısmı kalbin sağından çıkan akciğer atardamarı aracılığıyla akciğere aktarılır. Orada akciğeri besler ve aynı zamanda soluduğumuz havayla karışır. Bu arada kalpteki kanın bir kısmı, kalbin orta kısmından (septum) sağdan sola aktarılır. Bu kan parlak kırmızıdır; çünkü yaşamsal ruh aşılanır. (Galen atardamarlardaki kanla toplardamarlardaki kanın farklı renkte olduğunu ayırt etmişti.) Kan kalbin sol tarafından aort aracılığıyla dışarı aktarılır. Aort adı verilen büyük atar-

damar, kalbin sol karıncığından (ventrikül) aldığı kanla vücudu ısıtır. Galen kanın bireyin hayatındaki önemini anlamış olmasına rağmen, William Harvey'in neredeyse 1500 yıl sonra keşfettiği gibi kanın *dolaştığını* anlamamıştı.

Galen'in şemasında kalpteki kanın bir kısmı da beyne gider ve orada üçüncü pneuma türüyle, yani "hayvansal ruhla" karışır. Bu, ruhun en rafine türüdür. Beyne en özel fonksiyonlarını kazandırır. Sinirler aracılığıyla vücuda yayılıp kaslarımızı kullanarak hareket etmemizi ve duyularımızı kullanarak dış dünyayı deneyimlememizi sağlar.

Galen'in her biri önemli organlarla (karaciğer, kalp, beyin) ilişkilendirilen üç parçalı ruh sistemi, bin yılı aşkın bir süre kabul gördü. Galen bu sistemi esasen sağlıklı olduğumuz zaman vücudumuzun işleyişini açıklamak için kullandı. Hastaları tedavi ederken Hipokratiklerin geliştirdiği dört sıvı sistemi temel almaya devam etti.

Galen tıbbın birçok yönü hakkında yazdı: İlaçlar ve özellikleri, akciğer gibi özel organların hastalıkları, hijyen veya sağlığı korumanın yolları, zihin ve beden arasındaki ilişki de bunların arasındaydı. Galen'in düşünce tarzı çok sofistikeydi. Bir doktorun hem filozof hem araştırmacı olması gerektiğine inandı. Doktor hem düşünür hem deneyci olmalıydı. Galen tıbbın her şeyden önce rasyonel bir bilim olması gerektiğini savundu. İyi ve güvenilir bilgiye ulaşmanın en iyi yollarına çok dikkat etti. Kendilerini eğitilmiş bilim insanları olarak gören sonraki doktorlar da Galen'in engin deneyimlerine dayanan pratik tavsiyelerini ve onlarla harmanladığı geniş

vizyonunu hoş karşıladı. Tarih boyunca hiçbir batılı doktor, Galen kadar uzun süreli bir etkiye sahip olmadı.

Galen'in uzun gölgesinin birçok nedeni vardır. İlk olarak Galen, Aristoteles'e çok değer verdi; öyle ki çoğu zaman birlikte anıldılar. Tıpkı Aristoteles gibi Galen de hem derin bir düşünür hem de dünyanın enerjik bir araştırmacısıydı. İkisi de bu dünyanın tasarlandığına inanmıştı ve Tasarımcıyı övmüştü. Galen Hristiyan değildi ama tek Tanrıya inanıyordu ve erken Hristiyan yorumcular onu kolaylıkla Hristiyanlığın saflarına kattı. Galen'in güveni, her şeye bir yanıtının olduğu anlamına geliyordu. Uzun bir zaman diliminde birçok kitap kaleme alan çoğu kişi gibi o da her zaman tutarlı değildi ama görüşleri konusunda her zaman netti. Daha sonradan "kutsal Galen" olarak anılmaya başlandı. Kendisi bundan gurur duyardı.

7. BÖLÜM



İslamda Bilim

Galen, Roma İmparatorluğunun çöküşünü görece kadar yaşamadı ama MS 307 yılına gelindiğinde İmparatorluk ikiye bölünmüştü. Yeni imparator Konstantin (280-337) iktidarın merkezini Constantinople şehrine, modern Türkiye'deki adıyla İstanbul'a taşıdı. Orada İmparatorluğun doğusuna, bugünkü adıyla Ortadoğu'ya daha yakın olacaktı. Yunanca ve Latince el yazmalarındaki ilim ve bilgelik ve de bu el yazmalarını anlayabilen âlimler, doğuya göç etmeye başladı.

Ortadoğu'da büyük peygamber Muhammed'in (570-632) öğretilerini temel alan yeni bir din ortaya çıkmıştı. İslam daha sonra Ortadoğu ve Kuzey Afrika'nın büyük bir kısmına egemen olup İspanya ve Doğu Asya'ya kadar uzanacaktı ama Muhammed'in ölümünden iki yüzyıl sonra yeni din büyük ölçüde Bağdat'la ve bölgedeki diğer yerleşim yerleriyle

sınırlıydı. Bütün Müslüman âlimler, İslamın temel dini metni olan Kur'an'ı inceledi. Ancak birçoğu Roma'nın 455 yılında istilaya uğramasının ardından getirilen el yazmalarına da ilgi gösterdi. Bağdat'ta azimli gençleri eski el yazmalarını çevirmeye ve incelemeye teşvik eden "Bilgelik Evi" kuruldu.

Eski el yazmalarının birçoğu halen orijinal dilinde Yunanca veya Latinceydi; çok azı Ortadoğu dillerine çevrilmişti. Aristoteles, Öklit, Galen ve diğer Antik Yunan düşünürlerinin tüm eserleri çevrildi. Orijinal versiyonlardan bazıları daha sonra yok olduğu için bu çok önemliydi. İslam dünyasının âlimleri olmasaydı bilimsel atalarımız hakkında bildiklerimizin yarısını bilemezdik. Daha da önemlisi, onların çevirileri Avrupa'da yaklaşık 1100 yılından sonra bilim ve felsefesinin temelini oluşturdu.

İslam dünyasında bilim, tıpkı Müslüman ülkeler gibi doğu ile batı arasında kaldı. Aristoteles ve Galen, Avrupa'da olduğu gibi İslam dünyasında da takdir gördü. Aristoteles İslam felsefesinde kendine yer buldu ve Galen tıp teorisi ve pratiğinin ustası oldu. Bu arada Hindistan ve Çin'den fikirler de batıya tanıtıldı. Çin'de icat edilen kâğıt, el yazmalarını üretmeyi çok daha kolay hale getirdi ama yine de elle yazılmaları gerekiyordu ve bolca yanlış yapılıyordu. Tüm Hintli matematikçilerin imzasını taşıyan 1'den 9'a kadar rakamlar, 0 fikri ve basamaklar Avrupa'ya ulaştı. Avrupalılar I, II ve III gibi Roma rakamlarını kullanarak hesaplamalar yapabiliyordu ama buna alışmış olsalar bile işlemler çok zordu. 4 x 12 işlemi, IV x XII işleminden daha kolay, değil mi? Avrupalılar İslami eserleri Latinceye çevirdi-

ğinde bu rakamlara “Arap” rakamları dedi. Doğrusu, “Hint-Arap” demeleri gerekirdi ama söylemesi bile zor! “Cebir” [algebra] sözcüğü de 9. yüzyılda yaşayan bir Arap matematikçinin çokça çevrilen bir kitabına adını veren *al-jabr* teriminden geliyordu. 14. Bölümde cebir konusunu daha ayrıntılı ele alacağız.

İslam dünyasının âlimleri, birçok keşif ve gözlem yaptı. Bir dağa tırmanırsanız ya da deniz seviyesinden yüksekte bir yere giderseniz hava inceldiği için nefes alıp vermenin zorlaştığını fark edersiniz. Peki ya ne kadar yükseğe çıkarsanız hiç nefes alamazsınız? Bir başka deyişle, atmosferin, yani gezegenimizi çevreleyen solunabilir hava kuşağının yüksekliği ne kadardır? 11. yüzyılda İbn Mu’adh bunu hesaplayanın akıllıca bir yöntemini geliştirdi. Alacakaranlığın –yani güneş battıktan sonra gökyüzünün halen aydınlık olduğu zaman zarfının– nasıl oluştuğu hakkında mantık yürüttü. Bunun atmosferdeki su buharının güneş ışınlarını yansıtması sonucunda gerçekleştiği kanaatine vardı. (İslam dünyasındaki birçok âlim, bu tür ışık problemlerine ilgi göstermişti.) Güneşin akşamları gökyüzünden hangi hızda kaybolduğunu gözlemledi ve alacakaranlıkta güneşin, ufku 19 derece altında olduğu sonucuna ulaştı. Bundan yola çıkarak atmosferin yüksekliğini 52 mil olarak hesapladı. Günümüzde doğru olduğunu düşündüğümüz 62 millik yükseklikten çok uzak bir tahmin değildi. Basit ama çok etkileyici.

Başka âlimler de ışığın aynadaki yansımasını veya suda kırılmasını inceledi. (Yarıya kadar suyla doldurduğunuz bir bardağın içine kaleminizi koyun; kırılmış gibi görünüyor, değil mi?) Birçok Yunan

filozof, görme eylemini açıklarken gözümüzden ışık çıktığını, bu ışığın baktığımız objeye çarptığını ve bize geri yansıdığını varsaymıştı. İslam dünyasındaki bilim insanları çoğunlukla daha modern bakışı benimsedi; gözün baktığımız şeylerden gelen ışığı aldığını ve beynin de bunu yorumladığını varsaydı. Onların da işaret ettiği gibi, aksi halde karanlıkta hiçbir şey göremeyişimizi nasıl açıklayabilirdik?

Bununla birlikte Ortadoğu'da karanlıkta görebilenler de çıktı: Gökbilimciler yıldızlara baktı ve batılı gökbilimcilerden daha iyi haritalar ve tablolar çıkardı. Onlar da dünyanın evrenin merkezi olduğunu düşünmüştü ama İslam dünyasındaki iki gökbilimci, İran'da al-Tusi ve Suriye'de İbn eş-Şatir, üç yüzyıl sonra Polonyalı gökbilimci Kopernik için önem taşıyan şemalar çizdi ve hesaplamalar yaptı.

Ancak Avrupa düşünce hayatında en büyük etkiyi yaratan İslam tıbbı oldu. Hipokrat, Galen ve diğer Yunan doktorların eserleri özenle çevrilip yorumlandı ama birçok Müslüman doktor da adını duyurdu. Batı dünyasında Rhazes adıyla bilinen Râzî (y. 854-y. 925) tıp dışında birçok konuda önemli eserler verdi. O dönemde çok korkulan çiçek hastalığının doğru bir tanımını yaptı. Bu hastalığın kurbanlarının büyük bir kısmı hayatını kaybediyordu ve kurtulanlar da hayatlarına yara izleriyle devam ediyordu. Râzî çiçek hastalığını kızamıktan ayırt etti. Çocuklar ve bazı yetişkinlerin halen yakalandığı kızamık da tıpkı çiçek hastalığı gibi ciltte kızarıklığa ve yüksek ateşe yol açar. Çiçek hastalığı neyse ki Dünya Sağlık Örgütünün öncülüğündeki uluslararası aşı kampanyası sayesinde artık

son bulmuştur. Son vaka 1977 yılında görülmüştür. Râzî yaşasaydı bundan mutluluk duyardı.

Batıda Avicenna adıyla bilinen İbn-i Sina (980-1037) en etkili Müslüman doktordur. İslam dünyasındaki seçkin âlimlerin birçoğu gibi o da çok çeşitli alanlara ilgi duydu. Tıbbın dışında felsefe, matematik ve fizikle ilgilendi. Bilim insanı kimliğiyle Aristoteles'in ışık konusundaki görüşlerini geliştirdi ve Galen'i birçok noktada düzeltti. *Tıp Kanunu (Canon of Medicine)* adlı eseri, Arapçadan Latinceye çevrilen ilk eserler arasında yer aldı. Neredeyse dört yüzyıl boyunca Avrupa'daki tıp okullarında ders kitabı olarak okutuldu. Bazı modern İslam ülkelerinde ne yazık ki güncelliğini yitirmesine rağmen ders kitabı olarak okutulmaya devam eder.

Üç yüzyılı aşkın bir süre en önemli bilimsel ve felsefi çalışmalar İslam ülkelerinde yürütüldü. Avrupa uyku halindeyken Ortadoğu (ve Müslüman İspanya) çalışıyordu. En önemli merkezler Bağdat, Şam, Kahire ve Kordoba'ydı (İspanya'da). Bu şehirlerin ortak bir özelliği vardı: Araştırmaya değer veren ve hatta kaynak ayıran ve her inançtan âlime hoşgörüyle yaklaşan aydınlanmış idareciler tarafından yönetiliyorlardı. Bu harekete Müslümanların yanı sıra Hristiyanlar ve Yahudiler de katkıda bulundu. Ancak bütün Müslüman idareciler, her kaynaktan bilgi edinmeye sıcak bakmadı; bazıları Kur'an'ın insanın bilmesi gereken her şeyi içerdiğini savundu. Bu gerilimler günümüzde de devam eder. Bilim her zaman yeniliğe açık olan kültürlerde güçlü olmuştur; çünkü dünya hakkında yapılan keşifler sürprizler doğurabilir.

8. BÖLÜM



Karanlıktan Çıkmak

Bilim insanlarının yeni şeyler bulmaya çalışmasını, bilimin de sürekli değişmesini bekleriz. Peki ama her şeyin zaten keşfedildiğini düşünseydik bilim neye benzerdi? En iyi bilim insanı olmak için başkalarının keşiflerini okumak yeterli olurdu.

Avrupa'da bu geriye bakma eğilimi, 476 yılında Roma İmparatorluğunun çöküşünden sonra norm haline geldi. O tarihte Hıristiyanlık, İmparatorluğun resmi dini haline gelmişti (Konstantin, Hıristiyanlığı benimseyen ilk imparator olmuştu) ve sadece bir tek kitap önemliydi: İncil. En etkili erken Hıristiyan düşünürlerden biri olan Aziz Augustinus (354-430) bunu şu sözlerle ifade etmişti: "Hakikat, insanların el yordamıyla bulmaya çalıştıklarında değil, Tanrı'nın gösterdiklerindedir." Bilgiyi "el yordamıyla" arayan bilim insanlarına yer yoktu. Antikçağdakiler bilim ve tıpta bilinmeye değer her

şeyi zaten keşfetmişti. Kaldı ki Cehennem yerine Cennete gitmeye odaklanmak çok daha önemliydi. “Bilim insanı” olmak, sadece Aristoteles ve Galen’in eserlerini okumak anlamına gelebilirdi. Beş yüzyıl boyunca, MS 500’den 1000’e kadar, bu bile zordu. Klasik dünyadan çok az Yunanca ve Latince metin ulaşmıştı. Üstelik okumayı bilenler de çok azdı.

455 yılında Roma’yı yağmalayan Germen kavimler, yanlarında faydalı şeyler de getirmişti. Toga [ihram] yerine pantolon giymek bunlardan biriydi (ama kadınlar bir süre daha beklemek zorundaydı). Arpa ve çavdar gibi yeni ekinler ve zeytinyağı yerine tereyağı da Germenlerin getirdiği yenilikler arasındaydı. Bu “karanlık” yarı-milenyumda teknolojik yenilikler de yok değildi. Ekinleri yetiştirmenin ve toprağı sürmenin yeni yolları geliştirildi. Kilise ve katedrallerin inşa edilmesi, zanaatkâr ve mimarları yeni tarzlarla denemeler yapmaya, taş ve kalasların ağırlığını yaymanın daha iyi yollarını bulmaya teşvik etti. Gittikçe daha büyük ve daha görkemli katedraller inşa ettiler ve o dönemde inşa edilen yapıların bazıları halen nefeslerimizi keser. “Karanlık Çağ” denen zamanların ışıktan tamamen yoksun olmadığını hatırlatır.

Ancak miladi takvimin ikinci milenyumuyla birlikte keşifler hız kazandı. Aziz Thomas Aquinas (y. 1225-74) en büyük ortaçağ teoloğuydu. Aristoteles’i çok takdir etti ve Hristiyan düşüncesini Aristotel-yen bilim ve felsefeyle harmanladı. Aristoteles –Galen, Batlamyus ve Öklit’le birlikte– ortaçağ zihnine şekil verdi. Yazılarının çevrilmesi, düzeltilmesi ve yorumlanması gerekiyordu. Bu etkinliklerin büyük

kısmı ilk başta manastırlarda gerçekleştirilse de daha sonradan yeni kurulmaya başlanan üniversitelere kaydı.

Antik Yunan'da da okullar vardı: Aristoteles öğretmeni Platon'un Akademisinde eğitim almıştı ve sonrasında kendi okulunu kurmuştu. Bağdat'taki Bilgelik Evi, insanların araştırmak ve öğrenmek için bir araya geldiği bir yerdi. Ancak Avrupa'daki yeni üniversiteler farklıydı ve birçoğu günümüze dek varlığını korudu. Birçok üniversite Kilise tarafından kurulmuş olsa da toplum gururu ve varlıklı destekçilerin bağışları sayesinde bazı şehir ve kasabalar kendi üniversitesini kurabildi. Papa, Güney İtalya'da birçok üniversitenin kurulmasına yetki verdi. Yaklaşık 1180 yılında kurulan Bologna Üniversitesi, kapılarını açan ilk üniversite oldu. Sonraki yüzyılda Padua, Montpellier, Paris, Cologne, Oxford ve Cambridge'teki üniversiteler onu takip etti. "Üniversite" sözcüğü, "bütün" anlamına gelen Latince sözcükten türetildi ve bu kurumların insan bilgisinin bütününe kapsayacağı varsayıldı. Genellikle dört okul veya "fakülteden" oluşuyorlardı: Hukuk, tıp, sanat ve tabii ki Aquinas tarafından "bilimlerin kraliçesi" olarak nitelendirilen teoloji. Ortaçağ fakülteleri ilk başta çoğunlukla Galen ve İbn-i Sina'nın eserlerini temel aldı. Tıp öğrencileri astroloji eğitimi de aldı çünkü yıldızların insanları iyi veya kötü yönde etkilediği inancı yaygındı. Bugün çok bilimsel olduğunu düşündüğümüz matematik ve astronomiyse genellikle sanat fakültesinde öğretilirdi. Aristoteles'in eserleri bütün fakültelerde okutuldu.

Ortaçağın bilim insanlarının çoğu ya doktor ya da din adamıydı ve birçoğu yeni üniversitelerde çalıştı. Tıp fakültelerinden mezun olanlara Tıp Doktoru (Doctor of Medicine) veya Tıp Lisans Diploması (Bachelor of Medicine) verildi. Bu diplomalar zaman içinde doktorları cerrah, eczacı ve diğer tıp uygulayıcılarından ayırdı. Doktor olmayanlar mesleklerini başka yollardan öğrendiler. Üniversite eğitimi, doktorların yenilikler geliştirmeye daha çok ilgi duymasını sağlamadı. Galen, İbn-i Sina ve Hipokrat'ın eserlerini temel almayı tercih ettiler. Ancak 1300'lerden itibaren anatomi öğretmenleri, öğrencilerine iç organları göstermek için cesetleri incelemeye başladı. Otopsiler bazen kraliyet ailesinin üyeleri üzerinde bazen de ölüm şüpheli olduğunda (ve bazen de bu koşulların ikisi kesiştiğinde) gerçekleştirildi. Ancak bunların hiçbirisi doktorları özellikle toplumu kırıp geçiren hastalıkların tedavisinde daha başarılı kılmadı.

Kara Ölüm adını verdiğimiz veba salgını, Avrupa'yı ilk olarak 1340'larda etkisi altına aldı. Büyük olasılıkla Asya'dan ticaret yollarını takip ederek gelmişti ve Avrupa'da kol gezdiği üç yılda nüfusun yaklaşık üçte birini öldürdü. Bu da yetmezmiş gibi on yıl sonra geri geldi ve sonraki dört yüzyıl boyunca ziyaretlerini ne yazık ki düzenli olarak sürdürdü. Bazı toplumlar veba kurbanları için özel hastaneler kurdu. (Hastaneler, tıpkı üniversiteler gibi ortaçağın bize armağanıdır.) Bazı yerlerde Sağlık İdareleri kuruldu. Veba, bulaşıcı olduğu düşünülen hastalıklara karşı karantina uygulamasını da başlattı. "Karantina" sözcüğü, 40 sayısından gelir (Venedikçe *quaranta*)

ve hasta veya şüpheli kişilerin tecritte tutulduğu gün sayısını belirtir. Bu süre zarfında iyileşenler veya hastalık işareti taşımayanlar serbest bırakılıyordu. Oyun yazarı William Shakespeare, İngiltere'deki bir veba yılında (1564) Stratford-upon-Avon'da dünyaya geldi ve kariyeri bu salgın hastalık yüzünden birçok kez kesintiye uğradı. Zira veba salgınları tiyatroların kapılarına kilit vurulmasına neden oluyordu. *Romeo ve Juliet* oyununun karakterlerinden Mercutio, savaş halindeki iki aileyi lanetlemek için "Veba girsin evlerinize!" der. O dönemdeki izleyiciler, bu lanetle neyin kastedildiğini gayet iyi anlamış olmalıdır. Çoğu doktor, vebanın yeni bir hastalık olduğunu düşündü. En azından Galen'in hakkında yazdığı hastalıklardan biri değildi. Dolaşısıyla Galen'in tavsiyeleri olmadan bununla başa çıkmak zorundaydılar. O dönemde diğer hastalıklar için sıkça başvurulanan kan alma yöntemi ve hastanın kusmasını veya terlemesini sağlayan ilaçlar işe yaramıyordu. Galen her şeyi bilemezdi.

Görünüşe göre Aristoteles de her şeyi bilmiyordu. Bir şeyin havada nasıl hareket ettiğine dair fikirleri, Oxford Üniversitesinde Roger Bacon (y. 1214-94), Paris Üniversitesinde Jean Buridan (y. 1295-1358) ve daha birçok kişi tarafından tartışmaya açıldı. Bu "impetus" [itilim] probleminin çözülmesi gerekiyordu. Ok ve yay örneğini düşünün. Ok havada süzülür çünkü yayı çekip hızla bırakırız ve oku havaya iteriz. Bir kuvvet uygularız ve ona *momentum* veririz (bu kavramı daha sonra ele alacağız). Bacon ve Buridan buna "itilim" adını verdi. Aristoteles'in buna doğru bir açıklama getirmedi-

ğini fark ettiler. Yayı ne kadar geri çekersek ok o kadar ileri uçar. Aristoteles'e göre elma yere düşüyordu, çünkü toprak onun "doğal" dinlenme yeri idi. Ok da eninde sonunda yere düşüyordu ve Aristoteles okun arkasında bir kuvvet olduğu için hareket ettiğini söylüyordu. Peki ama ok yaydan çıkarken bir kuvvet varsa, bu kuvvet neden tükeniyordu?

Bu ve benzeri problemler, Aristoteles'in her şeyi açıklayamadığı görüşünü doğurdu. Paris, Rouen ve Fransa'nın çeşitli şehirlerinde görev yapan bir din adamı olan Nicolas Oresme (y. 1320-82) gündüz ve gece hakkında kafa yordu. Güneşin yirmi dört saatte bir dünyanın etrafında dönmesi yerine, dünyanın bir günde kendi eksenini etrafında dönmesi pekâlâ mümkündü. Oresme, Aristoteles'in dünyanın evrenin merkezi olduğu veya güneş ve gezegenlerin dünyanın etrafında döndüğü inancına meydan okumadı. Ancak bunun çok yavaş bir yolculuk olabileceğini (belki de tam bir tur atmak bir yıl alabilir!) ve evrenin merkezindeki dünyanın kendi etrafında çok daha hızlı dönebileceğini düşündü.

Bunlar yepyeni fikirlerdi ama yedi yüzyıl önce insanlar yeni fikirlerin her zaman iyi olduğu kanaatinde değildi. Düzenli, derli toplu ve eksiksiz sistemler daha çok rağbet görüyordu. Birçok âlimin bugün "ansiklopedi" dediğimiz eserler yazmasının bir nedeni de buydu. Bu dev eserler, Aristoteles ve diğer eski üstatların eserlerini bir araya getirip sentezledi. Bu dönemin mottosu "Her şey yerli yerinde!" olabiliyordu. Ancak her şeyi yerli yerine yerleştirme çabası, halen çözülmeyi bekleyen problemler olduğunu açığa çıkardı.

9. BÖLÜM



Felsefe Taşı Arayışı

Alüminyum kola kutularını altına dönüştürmeyi bilseydiniz bunu yapar mıydınız? Büyük olasılıkla yapardınız ama herkes bunu yapabilseydi o kadar heyecan verici olmazdı. Altın çok yaygınlaşırdı ve değerini kaybederdi. Antik Yunan mitinde dokunduğu her şeyi altına çevirmeyi dileyen Kral Midas, hiç de akıllıca bir dilekte bulunmaz. Dileği yerine getirildikten sonra kahvaltı bile edemez çünkü dokunduğu ekmek anında altına dönüşür!

Kral Midas, altının özel olduğunu düşünen tek kişi değildi. İnsanlar kısmen muhteşem dokusu ve rengi nedeniyle, kısmen de nadir bulunduğu için altına her zaman değer verdi. Yalnızca krallar ve diğer zenginlerin altını vardı. Demir, kurşun, hatta gümüş gibi daha sıradan maddelerden altın elde etmeyi keşfedecek kişiyi büyük bir şöhret ve servet bekliyordu.

Bu şekilde altın üretmek, simya adındaki erken bilimin amaçlarından biriydi. İngilizcedeki "alchemy" (simya) sözcüğünün başındaki "a" ve "l" harflerini çıkardığınızda, "chemistry" (kimya) sözcüğünün bir versiyonunu elde edersiniz. Gerçekten de bu ikisi birbiriyle yakından bağlantılıydı. Büyü ve dini inançlarla karanlık bağlantılar taşıyan simyayı artık bilim kabul etmesek de bu uğraş geçmişte çok saygındı. 16. Bölümde göreceğimiz gibi Isaac Newton da boş zamanlarında simyaya merak sarmıştı. Bu uğurda teraziler, garip şekilli kaplar ve başka ekipmanlar satın aldı. Bir başka deyişle, bir kimya laboratuvarı kurdu.

Bir laboratuvarı ziyaret etmiş veya en azından resimlerde veya filmlerde görmüş olabilirsiniz. Laboratuvar, basitçe, çalışılan yer anlamına gelir. Uzun zaman önce laboratuvarlar simyacıların çalıştığı yerlerdi. Simyanın kökleri Antik Mısır, Çin ve Pers'e kadar uzanıyordu. Simyacıların amacı her zaman daha az kıymetli ("baz") metalleri altına çevirmek değildi. Aynı zamanda doğayla mücadele ettiler, çevremizdeki şeyleri kontrol edebilmeye çalıştılar. Simya büyüyü sıkça kullandı; işlemler sırasında sihirli sözcükler tekrarlandı veya işlemlerin tam olarak doğru sıralamaya göre yapıldığından emin olunmak istendi. Simyacılar maddeleri birbirine karıştırınca veya ısıtınca neler olduğunu görmek için denemeler yaptı. Fosfor veya cıva gibi şiddetli reaksiyonlar gösteren şeylerle çalışmaktan hoşlandılar. Tehlikeli bir uğraştı ama doğru malzemeleri bir araya getirip "felsefe taşı" üretmeyi başarırsanız sizi bekleyen kazancı düşünün! Bu "taş"

(özel bir tür kimyasal madde), kurşun veya tenekeyi altına dönüştürecekti ya da sonsuza kadar yaşamanızı sağlayacaktı. Tıpkı Harry Potter'daki gibi.

Harry Potter maceraları eğlencelidir ama hayal dünyasında gerçekleşir. Gerçek büyücü ve simyacıların düşlerini süsleyen güçlere olağan hayatta sahip olunamaz. Simyacılar bu güçlere kavuşamadı. İçlerinde yapamadığı şeyleri yapıyormuş gibi göstermeye çalışan birçok hilebaz çıktı. Ama birçok simyacı her şeyin mümkün görüldüğü bir dünyada yaşamış dürüst kişilerdi. Yürüttükleri çalışmalar sırasında bugün kimya adını verdiğimiz alanda birçok şey buldular. Örneğin bir karışımı ısıtıp farklı zamanlarda geriye bıraktığı kalıntıları toplama sanatını, yani damıtma işlemini geliştirdiler. Konyak ve cin gibi yoğun alkollü içecekler, damıtma işlemiyle alkol konsantre edilerek üretilir. Bu içkilere "ruh" [İngilizce "spirit"] denir. Aynı sözcük hayaletler için de kullanılır ve canlı, neşeli olduğumuz zamanlar bunu kendimiz için de kullanırız [İngilizce "spirited"]. Latince hem "ruh" hem de "nefes" anlamına gelen *spiritus* sözcüğünden gelir ve kısmen de olsa simyaya dayanır.

Geçmişte insanların çoğu büyüye inanıyordu (ve bazıları halen inanır). Geçmişteki birçok ünlü âlim, doğanın gizemlerini araştırırken büyülü güçleri de açığa çıkarmaya çalıştı. İçlerinde bilim ve tıbbı baştan sona değiştirebileceğine inanan dikkate değer biri vardı: Theophrastus Philippus Aureolus Bombastus von Hohenheim. Bu kadar uzun bir ismi hızlıca söylemeye kalkarsanız, kendisinin neden kısa bir isim kullanmayı tercih ettiğini kolayca an-

layabilirsiniz. Biz onu bu kısa ismiyle tanırız: Paracelsus.

Paracelsus (y. 1493-1541) İsviçre dağlarındaki küçük bir kasaba olan Einsiedeln'de dünyaya geldi. Babası doktordu ve ona doğal dünya, madencilik, mineraller, botanik ve tıp konularında eğitim verdi. Roma Kilisesine bağlı bir Katolik olarak yetiştirilmişti ama Martin Luther ve Protestan Reformunun etkisini hissettirdiği günlerdi. Paracelsus, Katoliklerin yanı sıra birçok Protestan arkadaş ve destekçiye de sahipti. Ama birçok da düşman edindi. Birçok önemli kilise adamıyla birlikte çalıştı. Her zaman çok dindar olmasına rağmen her şeyi gibi inancı da benzersizdi: Kimyayı temel alıyordu.

Paracelsus, İtalya'da tıp eğitimi aldı ve dur durak bilmeden dolaşmaya başladı. Bütün Avrupa'yı gezdi, belki İngiltere'ye de gitti ve kesin olarak Kuzey Afrika'da bulundu. Cerrah ve doktor olarak çalıştı, birçok zengin ve nüfuzlu hastayı tedavi etti ve anlaşıldığı kadarıyla başarılı oldu. Ancak her zaman parasızmış gibi göründü ve kötü giyindi. Üst sınıftan insanlar yerine sıradan insanlarla meyhanelerde veya tavernalarda içmekten hoşlandı ve düşmanları tarafından alkolik olmakla suçlandı.

Paracelsus'un bir tek resmi işi oldu. Doğduğu ülke olan İsviçre'nin Basel şehrindeki üniversitede görev yaptı. Diğer tüm profesörlerin yaptığı gibi Latince ders vermek yerine Almanca ders vermekte ısrar etti ve ilk yaptığı şey, Galen'in eserlerini pazaryerinde yakmak oldu. Galen, Hipokrat veya Aristoteles'e ihtiyacı yoktu. Yeni bir başlangıç yapmak istiyordu. Evrene bakışının doğru olduğundan

emindi. Ve Paracelsus'un bakışı daha önceki hiçbir şeye benzemiyordu.

Galen'in eserlerini yaktığı şenlik ateşinden kısa bir süre sonra, şehirden ayrılmak zorunda kaldı ve gezgin hayatına döndü. Kimi yerlerde birkaç ay, kimi yerlerde bir yıl kadar kaldı ama hiç yerinde duramadı ve yeni yerler denemek için bavulunu alıp çıkmaya her zaman hazırды. El yazmaları ve kimya aletlerinin dışında muhtemelen bir iki parça eşyasını alıp yollara düşüyordu. Seyahatler çok yavaştı; bazen yayan, bazen at sırtında, bazen at arabasında seyahat ediyordu ve yollar çoğu zaman çamurlu ve tehlikeliydi. Bu yaşam tarzını düşününce, bir şeyleri başarmış olması bile şaşırtıcıydı. Birçok hastayı tedavi etmenin yanı sıra kitaplar yazdı, çevresindeki dünyayı gözlemledi ve sürekli kimya deneyleri yaptı.

Kimya, Paracelsus'un tutkusuydu. Kendi çalışmalarına yön vermek için antikçağ eserlerine ihtiyacının olmadığını söylerken gerçekten samimiydi. Dört elemente; yani hava, toprak, ateş ve suya ayıracak vakti yoktu. Paracelsus için her şeyin nihai olarak ayrıştırılabileceği üç temel "prensip" vardı: tuz, sülfür ve cıva. Tuz her şeye şeklini veya katılığını verir, sülfür bir şeyin yanabilmesinin nedenidir ve cıva da bir şeyin duman veya sıvı halde bulunabilmesini sağlar. Paracelsus laboratuvarındaki deneyleri bu üç prensibe göre yorumladı. Asitlerin her şeyi eritebilmesine ve alkolün donabilmesine ilgi duydu. Maddeleri yakıp küllerini dikkatlice inceledi. Birçok sıvıyı damıtıp özlerini topladı ve geriye kalanları kaydetti. Kısacası, doğaya hâkim olmak için laboratuvarında çokça zaman geçirdi.

Paracelsus, kimya deneyleri sayesinde dünyanın işleyişini anlayabileceğine ve kimyanın hastalıklar karşısında birçok yeni tedavinin kaynağı olacağına inandı. Kendisinden önce doktorların kullandığı ilaçların çoğu bitkilerden elde ediliyordu. Paracelsus kendi tıp pratiğinde bitkisel ilaçları zaman zaman kullansa da hastalarına laboratuvarında incelediği ilaçları vermeyi tercih etti. Cıva bunların başında geliyordu. Aslında çok zehirli olan cıvayı cilt hastalıklarında merhem olarak kullandı ve bunun Avrupa genelinde yaygınlaşan frengi hastalığının en iyi tedavisi olduğuna inandı. Genellikle cinsel temas yoluyla bulaşan frengi [sifiliz] ciltte korkunç yaralar açan, insanların burunlarını yok eden ve çoğu zaman ölümle sonuçlanan bir hastalıktır. İtalya'da 1490'larda baş gösteren frengi salgını, yaklaşık olarak Paracelsus'un doğduğu tarihlerde birçok insanın ölümüne neden olmuştu. Paracelsus doktor olana dek frengi öylesine yaygınlaşmıştı ki frengi hastasıyla karşılaşmamış doktor yok gibiydi (ve doktorlar da sık sık bu hastalığa yakalanıyordu). Paracelsus bu yeni hastalık üzerine yazdı; semptomlarının birçoğunu açıkladı ve cıva tedavisini önerdi. Cıva dişlerin dökülmesine ve nefesin korkunç bir biçimde kokmasına yol açsa da cildi frenginin izlerinden temizliyordu. Doktorlar frengi ve ciltte döküntüye yol açan diğer hastalıkları tedavi etmek için cıvayı uzun yıllar kullandı.

Paracelsus daha birçok hastalığı tanımladı. Madencilerin uğradığı kazalar ve yakalandığı hastalıklar hakkında yazdı; korkunç çalışma koşulları altında uzun mesai saatleri boyunca çalışmanın neden

olduğu akciğer hastalıklarını konu edindi. Paracelsus'un yoksul madencilere duyduğu ilgi, sıradan halk arasında geçirilen bir hayatın göstergesiydi.

Paracelsus'tan önceki Hipokrat, Galen ve diğer doktorlar hastalığın vücuttaki dengesizliğin sonucu olduğunu düşünmüştü. Ama Paracelsus'a göre hastalık vücudun dışındaki bir etkenden kaynaklanıyordu. Paracelsus'un *ens* [Latince "varlık" veya "madde" anlamına gelen sözcük] adını verdiği bu "şey" vücuda saldırıp bizi hasta düşürüyordu ama arkasında çeşitli ipuçları bırakıyordu. Doktorlar da hastalığın ne olduğunu anlamak için bu ipuçlarını araştırıyordu. *Ens* bir sivilce veya apse de olabilirdi, böbrekteki bir taş da. Paracelsus'un hasta ve hastalığı birbirinden ayırması, çığır açıcı bir yenilikti. Bu düşünce şekli, daha sonra mikropların keşfiyle birlikte haklı çıktı.

Paracelsus bilim ve tıbbı, kendi atmış olduğu temelde yeniden inşa etmek istedi. İnsanların eski kitapları okumak yerine bizzat gözlemler ve deneyler yapması gerektiğini tekrar tekrar söyledi. Elbette kendi yazdığı kitapların okunmasını istedi. Kitaplarından bazıları ölümünün ardından yayımlandı. Mesajı gayet netti: "Galen'i okuyarak vakit kaybetmeyin, Paracelsus'u okuyun." Paracelsus'un dünyası sihirli güçlerle doluydu. Bu güçleri anlayıp bilim ve tıbbın hizmetine sokabileceğine inandı. Simya alanındaki rüyası, baz metalleri altına dönüştürmek değildi; doğanın *bütün* sihirli ve gizemli güçlerine hâkim olmak istedi.

Paracelsus'un, yaşadığı dönemde çok az takipçisi oldu ama ölümünün ardından takipçileri çoğaldı.

Kendilerine Paracelsusçu diyen bu grup, tıp ve bilimi değiştirme çabasını sürdürdü. Laboratuvarlarda deneyler yaptılar ve tıp pratiklerinde kimyasal ilaçlar kullandılar. Tıpkı Paracelsus gibi doğal sihir yoluyla doğanın güçlerini kontrol etmeye çalıştılar.

Paracelsusçular her zaman anaakımın dışında kaldı. Doktorların ve bilim insanlarının çoğu, antikçağın mirasını tamamen reddetmeye yanaşmadı. Yine de Paracelsus'un çağrısı gittikçe daha çok yankı buldu. İnsanlar dünyaya kendi gözleriyle bakmaya başladı. Paracelsus'un yine antikçağın otoritesine meydan okuyan anatomi ve astronomi konulu iki kitabı, ölümünden iki yıl sonra 1543'te yayımlandı. Evrene artık yepyeni gözlerle bakılıyordu.

10. BÖLÜM



İnsan Vücudunun Gizemini Çözmek

Bir şeyin nasıl yapıldığını gerçekten anlamak istiyorsanız açıp içine bakmak genellikle iyi bir fikirdir. Saat veya otomobil gibi kimi şeylerde söktüğünüz parçaları yeniden takmayı da bilerseniz sorun yaşamazsınız. Anlamak istediğiniz şey bir insan veya hayvan vücuduysa, hedefiniz aynıdır ama siz işe koyulmadan önce ölmüş olması gerekir.

Bildiğimiz gibi Galen birçok hayvanı kesip parçalara ayırmıştı çünkü hiçbir insan vücudunu kesip inceleyememişti. Domuz veya maymunların anatomisinin insanlarınkine çok benzer olduğunu varsaymıştı ve bazı açılardan haklıydı ama farklılıklar da vardı. 1300'lü yıllarda tıp okullarının anatomi öğretmeye başlamasıyla birlikte, tek tük de olsa insan vücutları parçalara ayrılıp incelenmeye

başlandı. İlk başlarda insan vücudunun Galen'in anlattığından farklı olduğunu görenler, insanların değişmiş olabileceğini düşündü. Galen yanılıyor olamazdı! Ancak anatomistler insan vücudunu daha yakından incelemeye başlayınca, gittikçe daha çok ayrıntı ortaya çıktı. İnsan vücudunda çözülme-yi bekleyen birçok gizem olduğu anlaşıldı.

Bu keşfi Andreas Vesalius (1514-64) adıyla tanıdığımız anatomist ve cerrah başlattı. Tam adı Andreas Wytinck van Wesel'di. Günümüzde Belçika'nın başkenti olan Brüksel'de dünyaya geldi. Babası Alman İmparatoru V. Charles tarafından istihdam edilen bir tıp doktoruydu. Zeki bir çocuk olan Andreas, sanat fakültesinde eğitim almak üzere Louvain Üniversitesine gönderildi ama daha sonra tıp eğitimi almaya karar verdi. Çok hırslı bir öğrenciydi ve en iyi öğretmenlerden ders almak için Paris'e gitti. Orada kaldığı üç yıl boyunca hepsi Galen'in takipçisi olan öğretmenlerini çok etkiledi. Yunan ve Latin dillerindeki yeteneğiyle ve vücudu kesip incelemeye düşkünlüğüyle ön plana çıktı. Alman İmparatorluğuyla Fransa arasında çıkan savaş yüzünden Paris'ten ayrılmak zorunda kalınca insan vücudunu kesip parçalara ayırma [diseksiyon] uygulamasını Louvain'deki tıp fakültesine tanıttı. 1537 yılında o dönemde dünyadaki en iyi tıp okulu kabul edilen İtalya'daki Pauda Üniversitesine geçti. Sınavları en yüksek dereceyle verdi ve hemen ertesi gün cerrahi ve anatomi dalında öğretim görevlisi tayin edildi. Padua'dakiler ellerindeki cevherin farkındaydı. Vesalius anatomi derslerini verirken kendi diseksiyon uygulamalarını temel aldı ve öğrencilerin sevgisini

kazandı. Ertesi yıl insan vücudunun parçalarının harikulade anatomik çizimlerini yayımladı. Bu çizimler öylesine iyiydi ki Avrupa'nın dört bir yanından doktorlar tarafından kopyalanıp kullanıldı. Vesalius eserinin çalınmasından hiç hoşnut olmadı.

Bir cesedi kesip incelemek hiç de iç açıcı değildir. Ölümden sonra vücut hızla çürüyüp kokmaya başlar. Üstelik Vesalius'un zamanında çürümeyi engellemenin hiçbir yolu yoktu. Koku tahammül edilemez boyutlara ulaşmadan cesedi hızlıca ve belli bir sıralamaya göre kesip incelemek gerekiyordu. İlk önce bağırsaklar çürüdüğü için karın bölgesinden başlanıyordu. Daha sonra kafa ve beyin, ardından da kalp, akciğer ve göğüskafesindeki diğer organlar geliyordu. Kollar ve bacaklar en çok dayanan kısımlar olduğu için sona bırakılıyordu. Bütün işlemlerin iki üç günde tamamlanması şarttı. Anatomi dersleri genellikle kış aylarında yapılıyordu. Soğuk havalar çürümeyi en azından geciktirdiği için doktorların biraz daha fazla vakti oluyordu.

Cesetleri korumanın yolları 1700'lerde bulundu ve tüm bedeni kesip incelemeye daha fazla vakit ayrılabilirdi. Tıp öğrencisiyken bir cesedi kesip incelemem sekiz ayımı almıştı ve bütün bu süre boyunca kıyafetlerime ve ellerime çürüyen ceset kokusu değil, koruyucu kimyasalların kokusu sindi. İhtiyar bir adamın vücudu üzerinde çalışmıştım ve o aylarda ona çok alışmıştım. Vesalius'un dönemindeki sıralamayı neredeyse aynen takip ettik. Tek fark, beynin en sona bırakılmasıydı. Bunun nedeni beynin çok karmaşık bir organ olması ve beyne sıra gelene kadar vücudun farklı parçalarını dikkatlice kesip

inceleyerek tecrübe kazanacağımızın düşünülmesi idi. İhtiyar adam vücudunu bilime bağışlamıştı. Bana kesinlikle çok şey öğretti.

Hızlı hareket etmek ve kokulara katlanmak zorunda olmasına rağmen insan vücudunu kesip incelemek Vesalius'un hayattaki en büyük tutkusuydu. Kaç cesedi özenle kesip incelediğini bilmiyoruz ama o dönemde insan vücudunun parçaları hakkında herkesten daha çok bilgi sahibi olduğuna göre bunu birçok kez yapmış olmalıydı. Vesalius, Padua'da dersler vermeye başladığı tarihle büyük eserinin yayımlandığı tarih arasındaki beş buçuk yıllık zaman zarfında çok yoğun çalıştı. 1543 yılında yayımlanan eser muazzam boyutlardaydı. Boyu kırk santimetre, ağırlığı neredeyse iki kilogramdı – tatillerde okumak için cebinize koyabileceğiniz bir kitap asla değildi. *De humani corporis fabrica* (İnsan Vücudunun Yapısı) adını taşıyan eser, güzel ve ayrıntılı resimlerle zenginleştirilmişti. Vesalius İsviçre'nin Basel şehrine giderek metnin baskıya hazırlanıp resimlerin çizilmesine nezaret etti.

Görsel malzemelerin çok bol olduğu bir dünyada yaşıyoruz. Dijital kameralar, arkadaşlarımıza fotoğraflar göndermemizi kolaylaştırdı. Dergi ve gazetelerin her sayfasında fotoğraflar var. Vesalius'un döneminde bunların hiçbirisi yoktu. Matbaa makinesi icat edileli yüz yıl bile olmamıştı. Çizimler ilk önce ahşap bloklara özenle oyulmak zorundaydı. Daha sonra bu ahşap bloklar, ıstampa gibi mürekkebe batırılıp kâğıda bastırılıyordu.

Vesalius'un kitabındaki resimler, görenleri hayrete düşürecek cinstendi. İnsan vücudu daha önce

hiç bu kadar doğru veya bu kadar ayrıntılı resmedilmemişti. Başlık sayfası bile bizi özel bir şeyin beklediğini anlatıyordu. Yüzlerce kişilik bir kalabalığın gözleri önünde bir kadının cesedinin kesilip incelenmesini gösteren bir resim kullanılmıştı. Kadının cesedinin yanında Vesalius duruyordu ve yüzü okuyucuya dönük olan tek kişi oydu. İzleyicilerin geri kalanı ya gördükleri manzara karşısında hayrete düşmüş ya da birbirleriyle dedikodu yapıyordu. Resmin sol tarafında bir maymun, sağ tarafındaysa bir köpek vardı. Bu, Galen'in anatomik çalışmalarında hayvanları kullanmak zorunda kalmasını anımsatmak içindi. Vesalius kendi kitabında insan anatomisini, insan vücudunu bizzat kendisi kesip inceleyerek anlatmıştı. Henüz otuz yaşında genç bir adam için son derece cüretkâr bir işe kalkışmıştı.

Ama Vesalius kendine güvenmek için her nedene sahipti. İnsan vücudunu herkesten daha derinlemesine tanıdığını biliyordu. Kitabındaki muhteşem resimler arasında vücudun kaslarını önden ve arkadan gösteren resimler vardı. Daha derinlerdeki kasları göstermek için yüzeye daha yakın olanlar parçalara ayrılmıştı. Bu "kas adamlar" binalar, ağaçlar, kayalar ve tepelerin önünde resmedilmişti. Vesalius'un kas adamlarından biri boynundan asılıydı; Vesalius'un çoğu zaman suçluların cesetlerini kullandığını hatırlatan bir örnekti. Vesalius bir keresinde asılarak idam edilen, kuşlar tarafından yenen ve geriye sadece iskeleti kalan bir suçluya rastlamıştı. Özel olarak incelemek istediği kemikleri tek tek toplayıp odasına götürmüştü.

Vesalius kesin olarak adını bilmesek de çok yetenekli bir ressamla çalışmıştı. Bilim, Rönesans yani “Yeniden Doğuş” adını verdiğimiz o dönemde sanatla yakından bağlantılıydı. Leonardo da Vinci (1452-1519), Michelangelo (1475-1564) ve daha birçok Rönesans ressamı, daha iyi resmedebilmek için cesetleri kesip incelemişti. İnsan vücudunun yapısını öğrenmek isteyenler yalnızca doktorlar değildi.

Vücudun yapısı (anatomi) Vesalius’u büyülemiş olsa da cesetler canlıların yerine getirdiği solunum, sindirim veya hareket gibi fonksiyonları (fizyoloji) yerine getiremez. Bu nedenle Vesalius’un kitabının uzun metni, eski ve yeni fikirlerin bir karışımıdır. Vesalius kitabında Galen’in bazı organ veya kasları yanlış açıkladığını sıkça vurgular ve yanlışları düzeltir. Örneğin Galen karaciğeri açıklarken, aslında beş ayrı lobdan veya kısımdan oluşan domuz karaciğerinden söz ediyordu. İnsan karaciğeri çok net biçimde tanımlanmayan dört kısma sahiptir. İnsanın el ve ayaklarındaki birçok kas, en yakın akrabamız olan kuyruklu ve kuyruksuz maymun türlerinden farklıdır. Galen’in kanın vücuttaki hareketine ilişkin teorisi, bir miktar kanın kalbin sağ tarafından sol tarafına geçmesini gerektiriyordu. Galen, kalbin iki büyük karıncığı (ventrikül) arasındaki duvarda küçük gözenekler bulunduğunu ve kanın bu gözeneklerden sızdığını ileri sürmüştü. Vesalius birçok insanın kalbini kesip inceledi ama hiçbirinde gözeneklere rastlamadı. Yirmi otuz yıl sonra William Harvey, kalp ve kan konusuna kafa yormaya başladığında, Vesalius’un elde ettiği bilgiler büyük önem taşıyacaktı. Ancak Vesalius’un

insan vücudunun işleyişini incelerken, Galen'in fikirlerinin birçoğundan yararlandı. Vesalius'un kitabındaki resimlere yazılarından çok daha fazla değer verilmiş olması belki de bu yüzdendir. Çok geçmeden kopyalanıp tüm Avrupa'da kullanılan resimler Vesalius'a şöhreti getirdi (ama çok fazla para kazandırmadı).

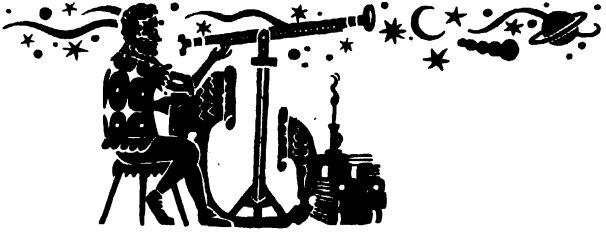
Vesalius yirmi yıl daha yaşamasına rağmen, büyük eserinin yayımlanması onun kariyerinin zirve noktasıydı. Ufak tefek düzeltmeler yaparak kitabın ikinci baskısını hazırladı ama ilk baskının üzerinden çok geçmeden saray doktoru oldu. Zamanını zengin ve nüfuzlu kişileri tedavi ederek geçirdi. Belki de söylemesi gereken her şeyi söylemiş olduğunu düşünmüştü.

Her zaman hatırlanmaya yetecek kadar çok şey söyledi ve yaptı. Resim, anatomi ve bugün bile hayranlık uyandıran baskı kalitesini bir araya getiren *İnsan Vücudunun Yapısı (De Fabrica)*, tüm zamanların en önemli kitaplarından biridir. Vesalius bu eseriyle birlikte bize iki ölümsüz miras bıraktı. İlk olarak, diğer doktorları insan vücudunun yapısını en ince ayrıntılarına kadar incelemeye devam etmeleri için yüreklendirdi. Daha sonraki anatomistler insan vücudunda Vesalius'un eksik bıraktığı kısımları keşfetti veya onun yaptığı yanlışları düzeltti. Vesalius'un başlattığı özenli inceleme ve resimli sunum karışımı, insan vücudunu sayfa üzerinde resmederek açıklayan başka kitapların hazırlanması için ilham kaynağı oldu. Vesalius'un kitabı, resimlerin yazıdan daha önemli olduğu ilk kitaptı ve sonuncu da olmadı. Doktor-

lar neyle karşı karşıya olduklarını daha yakından tanımak zorundaydı ve resimler bu konuda onlara çok yardımcı oldu.

İkinci olarak, Vesalius, Galen'e karşı geldi. Ama bunu Paracelsus gibi kaba bir biçimde yapmadı. Galen'den daha çok şey bilmenin mümkün olduğunu sakince kanıtladı. Bilginin kuşaktan kuşağa aktarılarak artabileceğini gösterdi. Yüzyılı aşkın bir süre devam edecek bir tartışmayı başlattı. Soru gayet basitti: Antikçağın insanlarından daha fazlasını bilebilir miyiz? Vesalius'tan önceki bin yıl boyunca bu soruya verilen yanıt olumsuzdu. Vesalius'tan sonra yanıt aşama aşama değişmeye başladı. İnsanlar şöyle düşünmeye başladı: "Bilinmeye değer her şey zaten keşfedildiyse zahmete girmeye ne gerek var? Ama kendim araştırırsam, belki de hiç kimsenin görmemiş olduğu bir şeyi görebilirim." Vesalius doktorları ve bilim insanlarını zahmete girmeye teşvik etti.

11. BÖLÜM



Evrenin Merkezi Neresidir?

Güneş her sabah doğudan doğar ve her akşam batıdan batar. Gün boyunca güneşin yavaş yavaş hareket ettiğini görebiliriz; gölgemiz güneşin nerede olduğuna bağlı olarak uzar veya kısalır, önümüze veya arkamıza düşer. Gün ortasında bir deneme yapın ve gölgenizin nasıl kaybolduğuna bakın. Hiçbir şey bu kadar açık olamaz. Çünkü her gün gerçekleşir. Bugün kaçırırsanız bile yarın yakalayabilirsiniz.

Elbette güneş her gün dünyanın etrafında dönmeyiz. İnsanları gayet açılmış gibi görünen bir şeyin aslında görüldüğü gibi olmadığına ikna etmenin ne kadar zor olduğunu tahmin edebilirsiniz. Şöyle düşünelim: Dünya bizim evrenimizin merkezidir çünkü güneş, ay ve yıldızlara buradan bakarız. Dünya bizim merkezimizdir ama asıl merkez değildir.

Antik dünyadaki bütün yıldız gözlemcileri dünyayı merkeze yerleştirmişti. Aristoteles'i hatırlıyor

musunuz? Ondan sonra, en etkili Yunan gökbilimci Batlamyus yıldızların konumunu gece gece, mevsim mevsim, yıl yıl dikkatle not etti. Bulutsuz bir gecede gökyüzündeki yıldızlara bakmak büyüleyici bir deneyimdir ve yıldız gruplarını veya takımyıldızları ayırt etmek çok eğlencelidir. Gökyüzünde hiç bulut yokken Büyükayı ve Orion takımyıldızının izini sürmek kolaydır. Büyükayı'dan da Kuzey Yıldızı bulunabilir. Bu, denizcilerin geceleri doğru istikamette yelken açmasına yardımcı olmuştur.

Dünyanın merkezde olduğu ve gök cisimlerinin kusursuz çemberler çizerek dünyanın etrafında döndüğü evren modelinde problemler vardı. Örneğin yıldızları ele alalım. Gece ilerledikçe konumları sadece yavaş yavaş değişir. Güneşin doğrudan ekvatorun üstünde olduğu, gece ve gündüz süresinin eşitlendiği bahar ekinoksu, gökbilimciler ve aslında herkes için daima önemli olmuştur. 20 veya 21 Mart'ta gerçekleşir ve Mart ayının 21. günü baharın resmi başlangıcıdır. Sorun şu ki, yıldızlar her bahar başlangıcında biraz farklı bir konumda olur. Halbuki dünyanın etrafında kusursuz çemberler çizse-ler böyle olmaması gerekirdi. Gökbilimciler buna "ekinoksların gerilemesi" adını verdi ve bunun neden gerçekleştiğini açıklamak için karmaşık hesaplamalar yapmak zorunda kaldı.

Gezegenlerin hareketi de bir muammaydı. Geceleyin çıplak gözle gökyüzüne baktığınızda gezegenler parlak yıldızlar gibi görünür. Antikçağda gökbilimciler yedi gezegen olduğunu düşünmüştü: Merkür, Venüs, Mars, Jüpiter ve Satürn'ün yanı sıra gezegen olarak tanımladıkları güneş ve ay. Bunlar

“sabit yıldızlar” adını verdikleri Samanyolu’ndaki yıldızlara oranla dünyaya daha yakındı. Gezegenleri gözlemlemek, sabit yıldızlardan daha çok probleme yol açtı çünkü dünyanın etrafında çember çizerek hareket ediyormuş gibi görünmüyorlardı. Gökbilimciler bu problemi çözmek için gezegenlerin etrafında döndüğü noktanın tam anlamıyla dünyanın merkezinde olmadığını söyledi. Bu noktaya “ekuant” adını verdiler. Bu ve bunun gibi hesaplamalar sayesinde evren modelini tamamen terk etmek zorunda kalmadan geceleri gökyüzünde görebildikleri hareketleri açıklayabildiler. Yani dünyanın her şeyin merkezinde olduğunu ve diğer gök cisimlerinin onun etrafında döndüğünü varsaymaya devam ettiler.

Her şeyin merkezine dünyayı değil de güneşi yerleştirip gezegenlerin güneşin etrafında döndüğünü (dünyanın da o gezegenlerden biri olduğunu) varsayarsanız ne olur? Bu görüş bize çok doğal geldiği için bunun ne kadar etkili bir adım olduğunun farkına varmak güçtür. Her gün gördüğümüz şeye aykırıdır; Aristoteles’in öğretisine ters düşer ve (daha da önemlisi) İncil’de anlatıldığına göre Yeşu, Tanrı’dan hareket halindeki güneşi durdurmasını istediği için Kilisenin öğretisine de uymaz. Ancak Polonyalı rahip Kopernik cesur bir adım attı ve güneşi her şeyin merkezine yerleştirdi.

Nicholas Kopernik (1473-1543) Polonya’da doğdu ve öldü ama hem hukuk hem tıp eğitimini İtalya’da aldı. Babası öldüğünde Nicholas 10 yaşındaydı. Zeki bir çocuk olan Nicholas’ın Polonya’daki Krakow Üniversitesinde eğitim almasının sorumluluğunu

dayısı üstlendi. Dayısı yine Polonya sınırları içinde Frauenburg Piskoposu olunca, Kopernik katedralde çalışmaya başladı. Bu sayede gelir güvencesine kavuştu ve İtalya'da eğitim alabildi. Polonya'ya döndüğü zaman gökyüzünü inceleme tutkusunu sürdürdü. Astronomi araçlarını kullanabileceği çatısız bir kule inşa etti. O tarihlerde hiç teleskop olmadığından bu araçlar yalnızca çeşitli gök cisimleri arasındaki açıları, ufku ve ayın evrelerini ölçmesine imkân tanıdı. Güneş, ay veya gezegenlerden birinin başka bir gezegenin önüne geçerek onu kısmen veya tamamen örtmesiyle gerçekleşen tutulmalar da çok ilgisini çekmişti.

Kopernik'in kendi geliştirdiği gökyüzü ve güneş sistemi (bugünkü adıyla) modelinin bin yıllardır yapılan gözlemleri daha iyi açıkladığına tam olarak ne zaman karar verdiğini bilmiyoruz. Ancak 1514 yılında kısa bir el yazması kaleme almış ve bunu güvendiği birkaç arkadaşına okutmuştu. Yayımlamaya cesaret edemediği bu el yazmasında "dünyanın merkezinin evrenin merkezi olmadığını" ve "bizim de diğer gezegenler gibi güneşin etrafında döndüğümüzü" bütün açıklığıyla ifade etmişti. Bunlar çok net sonuçlardı ve sonraki otuz yıl boyunca Kopernik, evrenin merkezinin dünya değil, güneş olduğu teorisi üzerinde sessizce çalıştı. Gökyüzünü incelemeye saatlerini harcarsa da asıl başarısı, diğer gökbilimcilerin gözlemlerini değerlendirmek ve onların karşılaştığı güçlükleri güneşi merkeze yerleştirip gezegenlerin onun etrafında döndüğünü varsayarak çözüme kavuşturmak oldu. Tutulmalar veya gezegenlerin tuhaf bir biçimde öne veya arkaya hareket

etmesi gibi birçok muamma yerli yerine oturdu. Üstelik insan hayatında önemli rol oynayan, bize ısı ve ışık sunan güneşi evrenin merkezine yerleştirmek, o olmadan dünya üzerinde yaşamın mümkün olamayacağını kabul etmenin bir yoluydu.

Kopernik'in modelinin çok önemli bir sonucu daha vardı: Yıldızların dünyaya uzaklığı daha önce Aristoteles ve diğer düşünürlerin varsaydığından çok daha fazlaydı. Aristoteles, zamanın sonsuz ama uzayın sabit olduğunu düşünmüştü. Kilise de zamanın sabit olduğunu (birkaç bin yıl önce Tanrı'nın her şeyi yarattığını) ve uzayın da sabit olduğunu öğretmişti; belki de sadece Cennet bir istisnaydı. Kopernik, Kilisenin zaman ve yaratılış hakkındaki görüşlerini benimsedi ama ölçümlerine göre dünyayla güneşin arasındaki mesafe, güneşin diğer yıldızlarla arasındaki mesafeden çok daha kısa olmalıydı. Güneşle gezegenler arasındaki yaklaşık mesafeleri ve dünyayla ay arasındaki mesafeyi de hesapladı. Evren insanların düşündüğünden çok daha büyüktü.

Kopernik, araştırmasının insanları şok edeceğini biliyordu ama yaşlandıktan sonra görüşlerini yayımlaması gerektiğine karar verdi. 1542 yılında *Gökcisimlerinin Dönüşleri Üzerine* [*De revolutionibus orbium coelestium*] adlı büyük eserini tamamladı. O tarihte artık hasta bir ihtiyardı. Kitabını yayımlatmak için görüşlerini bilen Rheticus adındaki rahip dostunu görevlendirdi. Rheticus işe koyuldu ama Almanya'daki bir üniversitede çalışmaya gitmek zorunda kaldı. Görevini bir başka rahip olan Andreas Osiander'e devretti. Osiander, Kopernik'in

görüşlerinin tehlikeli olduğuna inanıyordu ve 1543 yılında yayımlanan bu büyük kitaba kendi giriş kısmını ekledi. Kopernik'in görüşlerinin gerçeği yansıtmadığını ve bütün bunların gökbilimcilerin dünya merkezli evren fikrinde uzun zamandır karşılaştığı bazı güçlükleri çözmenin olası bir yolu olduğunu yazdı. Elbette kendi görüşlerini belirtmeye hakkı vardı ama Osiander hiç de dürüst olmayan bir şey yapmıştı. Bu önsözü sanki Kopernik'in kaleminden çıkmış gibi göstermişti. Hiçbir imza taşımadığı için insanlar Kopernik'in görüşlerinin bu yönde olduğunu varsaydı. Ölüm döşeğindeki Kopernik önsözün neden olduğu yanlış izlenimi düzeltmek için hiçbir şey yapamadı. Sonuç olarak, bu harikulade kitabın okurları neredeyse yüzyıl boyunca Kopernik'in gökyüzünde her gece gördüğümüz şeyleri açıklamanın yolları üzerine kafa yordüğünü ve dünyanın güneşin etrafında döndüğünü gerçekten kastetmediğini varsaydı.

Bu önsöz, insanların Kopernik'in kitabındaki devrimci mesajı görmezden gelmesini kolaylaştırdı. Ancak kitap birçok kişi tarafından okundu ve kitap-taki yorumlar ve hesaplamalar, yazarının ölümünden on yıllar sonra astronomiyi etkilemeye devam etti. İki önemli gökbilimci, Kopernik'in eserini daha da ileri taşıdı. Tycho Brahe (1546-1601), Kopernik'in evrenin çok büyük, yıldızların da çok uzak olması gerektiği ısrarından ilham aldı. 1560 yılında güneş tutulmasını gözlemlemek hayal gücünü harekete geçirdi ve soylu Danimarkalı ailesi hukuk eğitimi almasını istese de onu gerçekten tatmin eden tek şey gökyüzünü incelemektir. 1572 yılında geceleyin

gökyüzünde yeni ve çok parlak bir yıldız fark etti. Bu “yeni yıldız” [*nova stella*] hakkında yazdı ve gökyüzünün tamamen kusursuz ve değişmez olmadığını ileri sürdü. Danimarka açıklarındaki bir adada özenle hazırlanmış bir gözlemevi kurdu ve içini en gelişmiş araçlarla donattı. (Ama ne yazık ki teleskop halen icat edilmemişti.) 1577’de bir kuyruklu yıldızın izlediği yolu takip etti. O zamanlar kuyruklu yıldızlar genellikle kötü alametler olarak görülüyordu ama Tycho Brahe için bambaşka bir anlam taşıyordu: Gök cisimleri kendi kürelerinin içinde sabit olamazdı çünkü kuyruklu yıldız bu taşıyıcı kürelerin içinden geçiyordu.

Tycho Brahe yıldızlar ve gezegenlerin konumları ve hareketleri hakkında birçok önemli keşif yaptı ama sonunda gözlemevini kapatıp Prag’a taşınmak zorunda kaldı. 1597’de bu kez Prag’da bir gözlemevi kurdu ve üç yıl sonra Johannes Kepler’i (1571-1630) asistan olarak yanına aldı. Tycho Brahe, Kopernik’in güneşi merkeze alan evren modelini hiçbir zaman kabul etmemiş olsa da Kepler farklı bir bakışa sahipti. Tycho Brahe 1601 yılında öldüğünde tüm notlarını ve el yazmalarını Kepler’e bıraktı. Kepler onun hatırasına hürmet etti ve bazı eserlerini yayına hazırladı ama aynı zamanda astronomiye yepyeni bir yön verdi.

Kepler fırtınalı, kaotik bir hayat sürdü. Karısı ve küçük kızı öldü, annesi büyücülükten yargılandı. Kepler, Reformun ilk günlerinde çok dindar bir Protestandı ama yetkililerin çoğu Katolik olduğundan adımlarına dikkat etmek zorundaydı. Onun gözündeki gökyüzündeki düzen, Tanrı’nın yarattıkları-

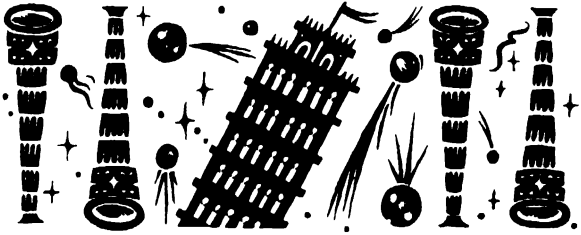
na duyduğu mistik takdiri doğruluyordu. Her şeye rağmen astronomiye yaptığı kalıcı katkı, çok keskin ve tavizsizdi. Genellikle anlaşılması güç olan yazıların arasında, halen Kepler Yasaları olarak bilinen üç anlayışı detaylandırdı. Bunlar son derece önemliydi.

İlk iki yasa birbiriyle yakından bağlantılıydı. Tycho Brahe tarafından kendisine bırakılan dikkatli gözlemler, bu yasaların keşfine katkıda bulundu. Kepler, Mars gezegeninin hareketlerine ilişkin gözlemleri uzunca bir süre inceledikten sonra gezegenlerin her zaman aynı hızda hareket etmediğini fark etti. Gezegenler güneşe yaklaştıkça daha hızlı, güneşten uzaklaştıkça daha yavaş hareket eder. Evrenin merkezindeki güneşten gezegene doğru düz bir çizgi çizerseniz, gezegen hareket ettikçe oluşan yayın alanı sabit kalır; gezegenin hızı ise sabit değildir. Bu, Kepler'in ikinci yasasıydı ve ilk yasanın bir sonucuydu: Gezegenlerin izlediği yörünge kusursuz bir çember değil, elipstir; yani bir tür basık çemberdir. O tarihte henüz yerçekimi üzerine düşünülmemiş olsa da Kepler gezegenlerin hareketleri üzerinde bir tür kuvvetin etkili olduğunu fark etmişti. Gezegenlerin güneşin etrafında dönerken yaptığı gibi, bir merkez etrafında dönen şeylerin izlediği doğal yolun elips olduğunu da fark etmişti. Kepler'in iki yasası, antikçağdan beri varlığını koruyan gökyüzündeki kusursuz dairesel hareket fikrinin yanlış olduğunu gösterdi.

Üçüncü yasa daha pratikti: Bir gezegenin güneşin etrafında tam bir tur atması için gerekli süreyle o gezegenin güneşten ortalama uzaklığı arasında

özel bir ilişki vardır. Bu sayede gökbilimciler gezegenlerin güneşten uzaklığını hesaplayabildi ve güneş sistemimizin ne kadar büyük olduğunu ama aynı zamanda yıldızlarla aramızdaki mesafe düşünüldüğünde ne kadar küçük olduğunu anlayabildi. Neyse ki yaklaşık olarak aynı tarihlerde bu mesafelere bakabilmemizi sağlayan bir bilimsel araç icat edildi. Teleskobu muazzam güce sahip bir araca dönüştüren kişiye tüm zamanların en ünlü gökbilimcisi Galileo Galilei oldu.

12. BÖLÜM



Eğik Kuleler ve Teleskoplar GALİLEO

Dünyadaki en tuhaf yapılardan biri, İtalya'nın Pisa şehrindeki katedralin 850 yaşındaki çan kulesidir. Onu Pisa Kulesi adıyla biliyor olabilirsiniz. Yan yatmış kuleyi devrilmesin diye tutuyormuş gibi pozlar vererek fotoğraf çektirmek eğlencelidir. Galileo'nun kuleyi kendi deneylerini gerçekleştirmek için nasıl kullandığına dair öyküler de vardır. Ağırlıkları farklı iki toptan hangisinin yere daha önce düşeceğini görmek için topları Pisa Kulesi'nden aşağı attığı anlatılır. Aslında Galileo deneyleri için kuleyi kullanmamıştır ama sonucun ne olacağını gösteren başka deneyler yapmıştır. 4,5 kiloluk bir topa 0,45 kiloluk bir topun yere aynı hızda düştüğünü belirlemiştir. Güneşin her gün dünya etrafında dönmesi gibi, bu deney de gündelik deneyimlerimize

aykırıymış gibi görünüyordu. Ne de olsa kuleden atılan bir tüyle top mermisi aynı hızla yere düşmez. Peki ama farklı ağırlıktaki toplar yere neden birlikte düşer?

Galileo Galilei (1564-1642) Pisa şehrinde dünyaya geldi. (Galilei soyadıydı ama kahramanımız her zaman ilk adıyla tanındı.) Babası müzisyendi ve Galileo da Floransa yakınlarında büyüdü. Delikanlılık yıllarında Pisa'ya dönüp tıp eğitimine başladı ve Pisa Üniversitesinde akıllı ve zeki bir öğrenci olarak adından söz ettirdi. 1592 yılında matematik dersleri vermek için Padua'ya gitti ve bizim bugün fizik diyeceğimiz alanda da dersler verdi. Birazdan tanıyacağımız William Harvey de tam o tarihlerde orada öğrenciydi ve ikisinin muhtemelen birbirini hiç görmemiş olması büyük talihsizlikti.

Galileo, hayatı boyunca ihtilafları kendine çekti. Fikirleri genel kabul gören görüşlere, özellikle de Aristoteles ve diğer antikçağ düşünürlerinin fizik ve astronomi görüşlerine her zaman meydan okur nitelikteydi. Galileo iyi bir Katolikti ama onun gözünde din, ahlak ve inanç hakkındaydı; bilimse gözlemlenebilir maddi dünyayla ilgileniyordu. Galileo'nun ifadesiyle İncil, bize Cennete nasıl gidebileceğimizi öğretiyordu ama gökyüzünün nasıl hareket ettiğini açıklamıyordu. Bu, Galileo'yu otoritesine veya görüşlerine meydan okumaya cüret edenlere karşı kendini canla başla savunan Katolik Kilisesiyle karşı karşıya getirdi. Kilise, matbaa makineleri sayesinde gittikçe daha çok basılan kitapları denetim altına almaya da başladı. Makul bulunmayanlar Yasaklı Kitaplar Listesine [*Index Librorum Prohi-*

bitorum] yerleştirildi. Yüksek mevkilerde birçok arkadaşları bulunan Galileo birçok kilise adamının desteğine sahipti. (Galileo'nun arkadaşları arasında prensler, piskoposlar, kardinaller ve hatta papalar bile vardı.) Ancak Galileo'nun fikirlerinin yüzyıllardır benimsenen öğretiyi zora sokmasına müsaade etmemeye kararlı olanlar da eksik değildi.

Galileo'nun ilk çalışması, hareket eden objeler üzerinde etkili olan kuvvetlerle ilgiliydi. Galileo en başından beri bir şeyleri gözlemleyip ölçmek ve mümkünse sonuçları matematiksel olarak ifade etmek isteyen biriydi. En ünlü deneylerinin birinde, eğimli bir yüzeyde bir topu dikkatlice yuvarlamış ve belirli mesafelere ne kadar sürede ulaştığını ölçmüştü. Tahmin edebileceğiniz gibi, top aşağı doğru indikçe hızlanır (yani ivme kazanır). Galileo, topun hızıyla hareket etmeye başladığı andan itibaren geçen süre arasında özel bir ilişki olduğunu gördü. Mesafe, aradan geçen sürenin karesi (yani rakamın kendisiyle çarpımı, örneğin 3x3) kadardı. Galileo iki saniye geçtikten sonra topun dört kat hızlı hareket ettiğini belirledi. (Aradan geçen sürenin karesi, daha sonraki bilim insanlarının çalışmalarında da karşımıza çıkar. Doğa, görünüşe göre, bir şeylerin karesini almaktan hoşlanır.)

Galileo bu ve bunun gibi birçok deneyde çok modern bir bilim insanı olduğunu gösterdi çünkü yaptığı ölçümlerin her zaman tamamıyla aynı olmadığını biliyordu. Bazen olmayacak bir anda gözümüzü kırparız, gördüğümüz şeyi kaydetmemiz zaman alır ya da ölçüm araçları kusursuz değildir. Yine de bunlar gerçek dünya hakkında yapabileceğimiz türden

gözlemlerdir. Galileo da her şeyin daima kusursuz ve kesin olduğu soyut bir dünyadan çok, her zaman karşımızda bulduğumuz dünyaya ilgi duymuştu.

Galileo hareket eden objeler üzerindeki çalışmasında Aristoteles ve sonrasındaki yüzlerce düşünürle karşılaştırıldığında dünyaya ne kadar farklı baktığını gösterdi. Ama dini grupların egemenliğindeki üniversitelerde Aristoteles halen önemini koruyordu. 1609 yılında Galileo antikçağın düşünce şekline daha da ciddi biçimde meydan okuyacak yeni bir aracın varlığından haberdar oldu. Bu araç çok geçmeden “teleskop” olarak adlandırılacaktı. Tıpkı telefon sözcüğünün “sesi uzağa iletmek”, mikroskop sözcüğünün “küçük şeyleri görmek” anlamına gelmesi gibi, teleskop sözcüğü de “uzakları görmek” anlamına gelir. Hem teleskoplar hem de mikroskoplar bilim tarihinde çok önemli bir rol oynamıştır.

Yaptığı ilk teleskop çok az oranda büyütme sağlasa da Galileo bundan çok etkilendi. İki merceği kombine ederek teleskobunu hızla geliştirdi. Günümüzde sıradan bir dürbünden bekleyebileceğimiz bir büyütme gücünü elde etti; yani görüntüyü yaklaşık 15 kat büyütebildi. Bu kulağa çok az gibi gelse de o dönemde bir sansasyon yaratmıştı. Teleskop kullanıldığında uzaktan gelen gemileri çıplak gözle görülebilir hale gelmeden çok önce tespit edebilmek mümkündü. Daha da önemlisi Galileo teleskobunu gökyüzüne çevirdi ve orada gördüklerine çok şaşırdı.

Aya baktığında insanların varsaydığı gibi kusursuz, pürüzsüz, dairesel bir küre olmadığını fark etti. Üzerinde dağlar ve kraterler vardı. Teleskobunu ge-

zegenlere çevirdiğinde hareketleri daha yakından gözlemledi ve gezegenlerden birinin [Jüpiter] tıpkı dünya gibi uydusunun bulunduğunu keşfetti. Bir başka gezegenin [Satürn] uydu gibi görünmeyen, iki büyük kütleyle sahip olduğu fark etti; bunlara bugün Satürn'ün Halkaları diyoruz. Galileo, Venüs ve Mars'ın hareketlerini çok daha net görebildi ve bu iki gezegenin yön ve hızlarının düzenli ve önceden tahmin edilebilir bir şekilde değişmediğine karar verdi. Güneşte her gün düzenli şekilde hareket eden karanlık bölgeler veya noktalar olduğunu gördü. (Gözlerini korumak için güneşe dolaylı olarak bakmayı öğrendi, bunu sizin de öğrenmeniz gerekir.) Bulutsuz bir gecede gökyüzüne çıplak gözle baktığınızda harikulade, puslu bir ışık lekesi gibi görünen Samanyolu'nun aslında dünyadan çok uzaklardaki binlerce yıldızdan oluştuğunu fark etti.

Galileo teleskobuyla bu ve bunun gibi birçok önemli gözlem yaptı. Bu gözlemlerini büyük yankı uyandıran *Yıldızların Habercisi* (1610) kitabında anlattı. Her açıklama, insanların gökyüzü hakkında düşündüklerinin doğruluğunu sorguladı. Kimilerine göre tüm bunlar Galileo'nun yeni "borusunun" (o zamanlar teleskoba sık sık böyle denirdi) oynadığı oyunların bir ürünüydü çünkü çıplak gözle görülemeyen şeylerdi. Galileo insanları teleskobun gösterdiği şeylerin gerçek olduğuna ikna etmeye çalıştı.

Çok daha sıkıntılı ve tehlikeli bir biçimde, Galileo'nun gözlemleri ayın, dünyanın etrafında ve dünya, ay ve diğer gezegenlerin de güneşin etrafında döndüğünü ileri süren Kopernik'in haklı olabileceğinin iyi bir kanıtıydı. O tarihte Kopernik'in kitabı yaklaşık

yetmiş yıldır baskıdaydı ve hem Protestanlar hem de Katolikler arasında Kopernik'in birçok takipçisi vardı. Katolik Kilisesinin resmi görüşü, Kopernik'in fikirlerinin gezegenlerin hareketlerini açıklamak için faydalı olduğu ama gerçek olmadığı yönündeydi. Aksi halde İncil'deki birçok pasaj çok karmaşık hale gelirdi ve her şeyi yeni baştan düşünmek gerekirdi.

Ancak Galileo astronomik bulgularını insanlara anlatmak istedi. Öğrendiği şeyleri öğretmek için Kilisenin iznini almak umuduyla 1615 yılında Roma'ya gitti. Aralarında Papa'nın bile bulunduğu birçok kişinin sempatisini kazandı ama Kopernik'in sistemi hakkında yazması veya bu konuda ders vermesi yasaklandı. Yine de tamamen pes etmedi ve 1624 ve 1630 yıllarında nabız yoklamak için tekrar Roma'ya gitti ama artık ihtiyarlamıştı ve hastaydı. Kopernik'in sistemini bir ihtimal olarak sunmaya özen gösterdiği sürece kendisinin güvende olacağına kanaat getirdi. *İki Büyük Dünya Sistemi Hakkında Diyalog* adını taşıyan astronomi kitabını üç kişinin arasındaki bir sohbet gibi kaleme aldı. Kişilerden biri Aristoteles'i, diğeri Kopernik'i temsil ediyordu ve üçüncüsüyse ev sahibi vazifesini üstleniyordu. Galileo böylelikle evren hakkındaki eski ve yeni görüşleri hangisinin doğru veya yanlış olduğunu söylemek zorunda kalmadan tartışabildi.

Şakalarla dolu bu harikulade kitap, Galileo'nun birçok eseri gibi İtalyanca kaleme alınmıştı. (Avrupa'nın genelinde yazarlar kitaplarını çoğunlukla Latince kaleme almaya devam etse de Galileo ana dilinde yazmayı tercih etmişti.) En başından itibaren Galileo'nun safı belliydi. Evvela Aristoteles ta-

raftarı olan karaktere Simplicio adını vermişti. Antikçağda aynı adı taşıyan bir Aristoteles yorumcusu olsa da bu ad İngilizcede olduğu gibi İtalyancada da "ahmak" anlamına gelen "simpleton" sözcüğünü çağrıştırıyordu ve söz konusu karakter çok zeki değildi. Kopernik taraftarı karakter, "bilge" ve "emin" sözcüklerini çağrıştıran Salviati adını taşıyordu ve en iyi sözler ve argümanlar açık arayla ona aitti.

Galileo, kitabını yayımlatmadan önce Kilisenin resmi onayını almak için çok çalıştı. Roma'da hangi kitapların yayımlanabileceğini belirleyen sansürcü, Galileo'ya sempati beslese de problemler yaşanabileceğini tahmin etti ve kararını geciktirdi. Galileo daha da ileri giderek kitabını Floransa'da yayımlattı. Roma'daki üst düzey kilise adamları kitabı okuyunca hiç hoşnut kalmadı ve ihtiyar yazarı Roma'ya çağırdı. Bu arada Kopernik'in sisteminin öğretilmesini yasaklayan eski bir fermanın kopyası aranıp bulundu ve 1633 yılında üç ay süren bir "dava" sürecinin ardından Galileo hatalı olduğunu kabul etmek ve kitabın kendi kibrinin ürünü olduğunu söylemek zorunda bırakıldı. Yazılı itirafnamesinde dünyanın hareket etmediğini ve evrenin merkezi olmadığını ifade etti. Mahkûm edildikten sonra Galileo'nun "Eppur si muove" ["Yine de dünya dönüyor"] diye mırıldandığı rivayet edilir. Galileo bunu yüksek sesle söylesin veya söylemesin, kesinlikle aklından geçirilmiş olmalıydı çünkü Kilise onun dünyanın doğası hakkındaki inançlarını değiştirmeyi başaramadı.

Kilise, Galileo'yu zindana atabilecek ve hatta ona işkence edebilecek yetkiye sahipti ama mahkeme jürisi, Galileo'nun çok olağandışı biri olduğunu

kabul etti ve onu ev hapsinde tutmaya karar verdi. Siena şehrindeki ilk “ev hapsinin” koşulları çok katı değildi; Galileo herkesin ilgi odağıydı. Kilise, Galileo’dan Floransa şehrinin dışındaki evine geri dönmesini istedi ve orada ziyaretçilerini dikkatlice denetledi. Çok geçmeden rahibe olan kızı hayatını kaybedince Galileo son yıllarını yalnız geçirdi. Ama çalışmaya devam etti; düşen cisimlerle ilgili problemleri ve her gün çevremizde gördüğümüz hareket türlerini üreten kuvvetleri inceledi. *İki Yeni Bilim Üzerine Diyaloglar* (1638) adını taşıyan büyük eseri, modern fiziğin temellerinden biri oldu. Galileo bu kitabında düşen cisimlerin ivmelenmesini yeniden ele aldı ve daha sonra Isaac Newton’ın yerçekimi konusundaki meşhur çalışmasını müjdeleyen bir biçimde ivmenin ölçülebileceğini göstermek için matematiği kullandı. Top mermileri gibi havaya fırlatılan şeylerin izlediği güzergâhı düşünmenin yeni bir yolunu sundu ve yere düşecekleri noktanın nasıl tahmin edilebileceğini gösterdi. Bu çalışmayla birlikte “kuvvet” –bir şeyi belli bir yönde hareket ettiren etki– kavramı fizik alanındaki yerini aldı.

“Bir nedeni olmayan asi” ifadesini duyduysanız, Galileo “bir nedeni *olan*” asiydi. Dünyanın işleyişini kendi dinamikleri üzerinden açıklayabilen bilgi dağarcığı anlamında bilim için mücadele etti. İsyankâr fikirlerinin bazıları daha sonra yanlış olduğu veya bir şeyi tam olarak açıklayamadığı için terk edildi. Ama bilim her zaman böyle ilerler ve bilimin hiçbir alanı tüm yanıtları içeren kapalı bir kitap değildir. Bütün modern bilim insanları gibi Galileo da bunu biliyordu.

13. BÖLÜM



Döne Döne HARVEY

“Döngü” [cycle] ve “dolaşım” [circulation] sözcükleri, Latince “daire” anlamına gelen sözcüğe dayanır. Döngü veya dolaşım, hareket etmeyi sürdürüp en sonunda başladığınız noktaya varmak anlamına gelir; bunun için başladığınız noktaya geri döndüğünüzü fark etmenize gerek yoktur. Doğada çok fazla kusursuz daire yoktur ama birçok dolaşım vardır. Dünya güneşin etrafında döner. Sular yeryüzünden buharlaşır ve tekrar yağmur olarak yeryüzüne düşer. Birçok kuş her yıl uzun mesafelere göç eder ve yavrulamak için aynı bölgeye döner; bu döngüyü her yıl tekrarlar. Aslında her yeni kuşakta döngünün tekrarlanmasıyla doğma, büyüme ve ölme şeklinde ilerleyen tüm doğal süreç bir tür dolaşımdır.

Vücutlarımızda da birçok döngü veya dolaşım vardır. Bunların en önemlilerinden biri, kalp ve kanla ilgilidir. Her kan damlası hayatımızın her saatinde vücudumuzu yaklaşık 50 kez dolaşır. Bu elbette ne yaptığımıza göre değişir: Koşuyorsak ve kalbimizin daha hızlı çarpması gerekiyorsa dolaşım süresi kısalmaya başlar ama uyurken kalplerimiz daha yavaş çarpar ve kan damlasının kalbe geri dönmesi daha uzun zaman alır. Bütün bunlar günümüzde okullarda öğretilse de her zaman bu kadar net değildi. Kan dolaşımımızı keşfeden kişi William Harvey (1578-1657) adındaki bir İngiliz doktordur.

Harvey'in babası çiftçiydi ve daha sonra başarılı bir tüccar oldu; Harvey'in altı erkek kardeşinden beşi bu mesleği sürdürdü. William Harvey meslek olarak tıbbı seçti. 1600 yılında Cambridge Üniversitesindeki tıp öğrenimini tamamladıktan sonra Padua Üniversitesine gitti. Birkaç yıl önce Vesalius da orada çalışmıştı ve o sıralarda astronomi ve fizik araştırmalarını yürüten Galileo da oradaydı.

Harvey'in Padua'daki tıp öğretmenlerinden biri, Fabrizio d'Acquapendente'ydı (1537-1619). Fabrizio çok önceleri Aristoteles tarafından başlatılan araştırma geleneğini sürdürdü ve Harvey'e ilham verdi. Öğretmen ve öğrenci, Aristoteles'ten iki önemli ders aldı. Öncelikle insanlar da dahil olmak üzere canlı varlıklarda vücudun organlarının form veya yapısı, yerine getirmeleri gereken işlevden kaynaklanır. Örneğin kemik ve kaslarımız bir araya gelip koşabilmemizi veya yerden bir şeyleri kaldıracabilmemizi sağlar. Görünüşe göre, tasarlandıkları şekilde işlevlerini yerine getirdiklerinde herhangi bir terslik olma-

dıkça bunu fark bile etmeyiz. Aristoteles bitkiler ve hayvanlardaki her şeyin belli bir amaca veya işleve sahip olduğuna da inanmıştı çünkü Yaratıcı hiçbir parçayı yok yere tasarlamış olamazdı. Gözlerimizin yapısı görebilmemizi sağlar. Vücudumuzun diğer parçaları, mide, karaciğer, akciğer ve kalp için de aynı şey geçerlidir. Her organın belli bir işlevi yerine getirmek için özel bir yapısı vardır. Vücudumuzun işleyişini anlamaya yönelik bu yaklaşıma “canlı anatomisi” denir. Bu, vücutlarımızın işleyiş “mantığını” anlamamıza çok yardımcı olmuştur. Kemikler serttir ve şekillerini korur çünkü yürürken veya koşarken vücutlarımızı desteklemek zorundadır. Kaslarımız daha yumuşak ve esnektir çünkü kasılıp gevşemeleri hareket etmemizi sağlar. Bunlar doktorların gözünde gayet netti. Ancak henüz o kadar netliğe kavuşmamış olan bir nokta vardı: Kalp ve kalbin kan ve damarlarla ilişkisi de aynı mantık kullanılarak anlaşılabilirdi. Diyebiliriz ki bedensel işlevler hakkındaki bu düşünce tarzında kalbin de kendi yerini bulması, Harvey’in kılavuzluğunda gerçekleşti.

İkinci olarak Aristoteles tavuk yumurtasının içindeki kırmızı benekte ilk yaşam işaretini, çarpan küçük kalbi gözlemledikten sonra kalp ve kanın hayatlarımızda merkezi rol oynadığını ileri sürmüştü. Aristoteles, Harvey’i kalbin yaşamın merkezinde olduğuna ikna etti. Kalp ve dolaşım, Harvey’in tıp kariyerinin merkezi haline geldi.

Harvey’in kendi öğretmeni Fabrizi de önemli bir şey keşfetmişti: Daha geniş damarların birçoğunda kapakçık vardır. Bu kapakçıklar her zaman kanın tek bir yönde –kalbe doğru– ilerlemesini sağlayacak

şekilde konumlanmıştır. Fabrizi bunların, kanın bacaklarımızda toplanmasını veya beyinden aşağıya çok hızlı bir biçimde akmasını önleme vazifesi gördüğünü düşünmüştü. Harvey, Padua'daki öğrenimini tamamladıktan sonra İngiltere'ye dönerken bütün bu derslerden faydalandı.

Harvey kariyerinde başarıdan başarıya koştu. Londra'da doktorluk yapmaya başladı, St. Bartholomew Hastanesinde işe girdi ve çok geçmeden cerrahlara anatomi ve fizyoloji dersleri vermesi istendi. İngiltere'nin iki kralının, I. James ve oğlu I. Charles'ın doktoru oldu. Ancak adının I. Charles'la anılması, özellikle kralın Püritenler adı verilen Protestan grup tarafından tahttan indirilmesinin ardından Harvey'e yaramadı. Bir keresinde Harvey'in evi saldırıya uğradı ve yakıldı. Bu yangında Harvey'in yayımlamayı umut ettiği kitaplara ait birçok el yazması da yok oldu. Harvey nefes, kaslar ve hayvanların döllenmiş yumurtalardan vücut bulması gibi birçok konuda araştırma yürüttüğü için bu bilim dünyası açısından büyük bir kayıptı. Kral Charles, bazı kraliyet hayvanlarının da Harvey'in deneylerinde kullanılmasına izin vermişti.

Harvey kandan her zaman büyülenmişti. Kan onun gözünde hayatın vazgeçilmez bir parçasıydı. Harvey de yumurtaları kırıp ilk yaşam işaretinin ritmik biçimde çarpan bir kan damlası olduğunu gördü. Henüz embriyo halindeyken (halen yumurtada veya ana rahminde gelişim aşamasındayken) incelediği diğer hayvanlar için de aynısı geçerliydi. Uzun zamandır kanla ilişkilendirilen kalp de Harvey için büyüleyiciydi. Kalp atışları durduğunda,

insanın veya hayvanın öldüğünü herkes biliyordu. Dolayısıyla kan hayatın başlangıcı için esastı ve hayat, kalp çarpmayı bıraktığı zaman son buluyordu.

Hayatımızın büyük bir kısmında kalbimizin çarptığını düşünmeyiz bile. Ama bazen sinirlendiğimizde veya korktuğumuzda ya da egzersiz yaparken kalbimizin çarptığını hissederiz. Kalbimiz göğüs duvarımızı dövüyormuş gibi sesler çıkarır: güp-güp, güp-güp, güp-güp. Harvey kalbin "hareketlerini", yani her kalp atışında aslında neler olduğunu anlamak istedi. Kalp her atışında kasılır ve daha sonra genişler; bu iki evre "sistol" [büyük tansiyon] ve "diastol" [küçük tansiyon] adıyla bilinir. Harvey, yılanlar ve diğer soğukkanlı hayvanlar (kendi vücut ısılarını düzenleyemeyenler) başta olmak üzere birçok canlı hayvanı kesip inceleyerek kalp atışlarını gözlemledi. Kalpleri bizimkinden çok daha yavaş attığı için kalp atışlarını gözlemek daha kolaydı. Kalbin içindeki kapakçıkların her kalp atışında düzenli olarak açılıp kapandığını gördü. Kasılma sırasında kalbin odacıkları arasındaki kapakçıklar ve kalbi kan damarlarına bağlayan kapakçılar açılır. Kalp gevşediğindeyse bunun tam tersi gerçekleşir. İç kapakçıklar açılırken, kalple kan damarları (akciğer atardamarı ve anaatardamar, yani aort) arasındaki dış kapakçıklar kapanır. Harvey, bu kapakçıkların tıpkı öğretmeni Fabri-zi'nin keşfettiği damar kapakçıkları gibi çalıştığını ve görünüşe göre kanın aynı yönde akmasını sağlamak gibi bir işlevleri olduğunu fark etti.

Harvey, düşüncelerinin başkaları tarafından anlaşılabilmesi için çeşitli deneyler yaptı. Bunlardan

biri çok basitti. Kolun etrafı sıkı bir bandajla sarıldığında (yani turnike yapıldığında) bandaj çok sıkıysa kola hiç kan gitmez ve el çok solgun hale gelir. Bandaj biraz gevşetilince kan geçiş yapabilir ama kalbe geri dönemez ve bu kez el çok kırmızı hale gelir. Bu, kanın belli bir basınçla kola geldiğini gösterir. Sıkı yapılan turnike kanı tamamen bloke eder. Turnikeyi gevşetmek, kanın atardamarlar yoluyla kola doğru akmasını sağlar ama kolda biriken kan toplardamarlar yoluyla geriye dönemez.

Harvey kalbe bu kadar çok baktıktan ve derinlemesine düşündükten sonra, kalbin işlevi hakkındaki anlayışımızda önemli bir sıçrama gerçekleştirdi. Kısa bir zaman diliminde kalpten geçen kanın, vücuttaki toplam kandan fazla olduğunu hesapladı. Üstelik her kalp atışında yeni kan pompalamak için yeterli kanı üretmek olanaksızdı; insan bedeni bu kadar kanı asla barındıramazdı. Dolayısıyla her kalp atışında kan kalpten çıkıp atardamarlar aracılığıyla yayılmalı ve toplardamarlar aracılığıyla yeni bir "dolaşım" döngüsü başlatmak için kalbe geri dönmeliydi.

1628 yılında Latince kaleme aldığı *Kalbin Hareketi* [*De motu cordis*] adındaki kısa kitabında şu ifadelere yer verdi: "Şahsen kanın adeta dairesel bir harekete sahip olduğunu düşünmeye başladım." Görünüşe göre Harvey kalbin kasılması ve gevşemesi üzerine bir şeyler yazmaya başlamış ve sonunda bu süreçlerin hangi işlevi üstlendiğini keşfetmişti: Kan kalbin sağ odacığından akciğere ve sol taraftan da en büyük atardamar olan aorta pompalanır. Aorttan daha küçük atardamarlara

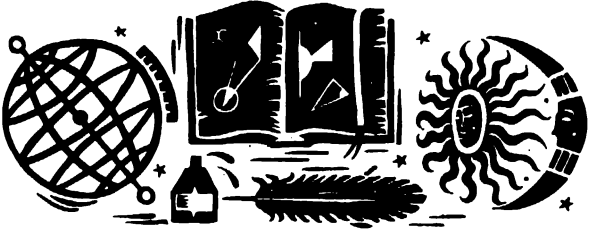
ayrılır ve ardından toplardamarlara aktarılır. Damarlardaki kapakçıklar, kanın doğru yönde akmasını sağlar. Kan en sonunda en büyük toplardamar [*vena cava*] yoluyla kalbin sağ tarafına döner.

Vesalius gibi Harvey de vücudun yapısı ve işlevlerini sadece başkaları tarafından yazılan kitaplardan değil, bizzat araştırmalar yaparak öğrenmek istediğini her zaman vurguladı. Ancak Vesalius'un aksine insan cesetleri üzerinde değil, çoğunlukla canlı hayvanlar üzerinde çalıştı. Kalp ve kan hakkındaki 2000 yıllık tıbbi öğretilere meydan okumaya kalkışmadı ama bulgularının tartışma yaratacağını biliyordu. Çünkü elde ettiği bulgular, Galen'in kalp ve kan teorisinin yanlış olduğunu gösteriyordu. Çoğunlukla görüşlerini çok aşırı bulan Galen'in taraftarlarının eleştirilerine maruz kaldı ve görüşlerini bu eleştirilere karşı savundu. Ama Harvey'in teorisinde önemli bir boşluk vardı. Kanın kalbe dönüş yolcuğunu başlatmak için en küçük atardamarlardan en küçük toplardamarlara nasıl aktarıldığı sorusunun yanıtını veremedi.

Bu muamma, Harvey'in ölümüne yakın bir tarihte İtalyan öğrencilerinden biri tarafından çözüldü. Marcello Malpighi (1628-94) 1590'lardan beri var olan ama kendi döneminde çok geliştirilen mikroskop adındaki yeni aracı kullanmakta ustalaşmıştı. Akciğer, böbrekler ve diğer organların hassas yapılarını kendisinden önceki herkese göre daha yakından inceleyebildi ve en küçük atardamarlarla en küçük toplardamarları birbirine bağlayan küçük kanalları keşfetti. Kılcal damarların keşfedilmesiyle birlikte Harvey'in "döngüsü" tamamlandı.

Harvey ıgır açan çalışmasıyla dikkatli bir şekilde gerçekleştirilen deneylerin neleri açığa çıkarabileceğini gösterdi. Görüşleri daha çok kabul grdk, biyoloji ve tıpta deney yönteminin kurucusu olarak tanındı. Başkalarını da diğer bedensel işlevleri bizzat araştırmaya teşvik etti; nefes alıp verirken akciğerde veya yediklerimizi sindirirken midede neler olduğu derinlemesine araştırıldı. Harvey kendisinden nceki Vesalius ve Galileo gibi bilimsel bilgilerin nasıl artırılabilceğini ve bundan bin (veya hatta elli) yıl önce yaşamış bizimle aynı ölçüde zeki insanlara kıyasla doğa hakkında daha çok bilgi sahibi olabileceğimizi gösterdi.

14. BÖLÜM



Bilgi Güçtür BACON VE DESCARTES

Kopernik ve Galileo arasındaki yüzyılda bilim dünyayı altüst etti. Dünya artık evrenin merkezinde değildi ve anatomi, fizyoloji, kimya ve fizikteki yeni keşifler, insanlara antikçağdakilerin her şeyi bilmediğini hatırlattı. Keşfedilmeyi bekleyen daha birçok şey vardı.

İnsanlar bilim hakkında da düşünmeye başladı. Bilim yapmanın en iyi yolu neydi? Yeni keşiflerin doğruluğundan nasıl emin olabilirdik? Ve konfor, sağlık ve mutluluğumuzu artırmak için bilimi nasıl kullanabilirdik? Özellikle iki kişi, bilim hakkında derinlemesine düşündü: biri İngiliz hukukçu ve siyasetçi Bacon, diğeri Fransız filozof Descartes'tı.

Francis Bacon'ın (1561-1626) babası Nicholas Bacon, mütevazı bir başlangıç yaptıktan sonra

hızla sivrilmiş ve Kraliçe I. Elizabeth döneminde güçlü bir devlet yetkilisi olmuştu. Eğitimin önemini bildiği için oğlunu Cambridge Üniversitesine gönderdi. Francis de hem Elizabeth'e hem de onun ölümünden sonra Kral I. James'e hizmet etti. İngiliz hukukunda uzmandı, birçok önemli duruşmaya katıldı ve Lordlar Kamarası Başkanı olduktan sonra o dönemin en önemli resmi görevlilerinden biri oldu. Aynı zamanda parlamento üyesi olarak da aktifti.

Bacon bilime çok meraklıydı. Kimya deneyleri yapmaya, bitkiler ve hayvanlardan hava ve manyetizmaya kadar doğadaki her türlü ilginç şeyi gözlemlemeye bolca zaman ayırdı. Bilimin neden önemli olduğu ve nasıl yapılması gerektiği hakkındaki incelikli ve ikna edici argümanları, yaptığı her keşiften daha önemliydi. Bacon insanları bilime değer vermeye çağırdı. Herkesin çok iyi bildiği gibi "Bilim güçtür" dedi ve bilim bu bilgiye ulaşmanın en iyi yoluydu. Elizabeth ve James'i laboratuvarlar kurmak ve bilim insanlarına çalışmalarını yürütecek yerler tahsis etmek için gerekli bütçeyi ayırmaya teşvik etti. Bacon'a göre bilim insanları birbirleriyle tanışıp fikir ve gözlemlerini paylaşabilmek için dernekler veya akademiler kurmalıydı. Bilim insanlara doğayı anlamanın ve anlayarak kontrol etmenin yolunu sunuyordu.

Bacon, bilimin ilerlemesinin en iyi yolunu net bir biçimde tarif etti. Bilim insanlarının kullandığı sözcükler kesin olmalı ve başkaları tarafından kolayca anlaşılabilirmeliydi. Bilim insanı zaten bildiğini düşündüğü şeyleri kanıtlamaya çalışmak

yerine, araştırmalarında açık fikirli olmalıydı. Her şeyden önemlisi de, ulaştığı sonuçlardan emin olabilmek için deney ve gözlemlerini tekrarlamalıydı. Buna *tümevarım* yöntemi denir. Örneğin kimyacı kimyasal maddeleri tekrar tekrar sayarak, tartarak veya karıştırarak nelerin gerçekleştiği konusunda gerektiği gibi emin olabilir. Bilim insanları gittikçe daha çok gözlem veya tümevarım yaptıkça, nelerin gerçekleşeceği konusunda daha emin hale gelebilir. Bu çıkarımlar kullanılarak genelleştirmeler yapılabilir ve bu genelleştirmeler doğanın işleyişini belirleyen yasaları gösterir. Bacon'ın fikirleri, birçok kuşak boyunca bilim insanlarına ilham verdi. Bugün de ilham kaynağı olmaya devam ediyor.

Fransız René Descartes'ın (1596-1650) fikirleri de farklı açılardan ilham kaynağı oldu. Descartes, hem Harvey hem de Galileo'nun çalışmalarını derinlemesine düşündü. Galileo gibi o da dinin doğal dünyanın incelenmesine karıştırılmaması gerektiğine tutkuyla inanan bir Katolikti. Harvey gibi insan ve hayvan vücutlarını inceledi ve vücudun işleyişinin Galen'in öğrettiklerinin çok ötesine geçtiğini açıkladı. Hem bilim hem de felsefenin yepyeni temellere oturması için Harvey veya Galileo'dan bile fazla çaba gösterdi. Bugün onu daha çok filozof olarak anımsasak da Bacon'a göre çok daha fazla uygulama yapan bir bilim insanıydı.

Descartes, Fransa'nın Touraine bölgesindeki La Haye kentinde dünyaya geldi. Zeki bir çocuk olarak, harikulade Fransız şaraplarının üretildiği Loire bölgesindeki meşhur La Flèche'ye gitti. Orada

Galileo'nun teleskobuyla yaptığı keşifleri, Koper-nik'in güneşi evrenin merkezine yerleştirdiğini ve en güncel matematiği öğrendi. Poitiers Üniversitesinde hukuktan mezun oldu ve daha sonra çok şaşırtıcı bir şey yaptı: Protestan ordusuna gönüllü yazıldı. Descartes'ın yetişkinlik hayatının tümünde savaş-lar Avrupa'yı kasıp kavurdu [30 Yıl Savaşları] ve kendisi neredeyse dokuz yıl boyunca bu savaşların bir parçasıydı. Descartes hiçbir zaman cephede sa-vaşmadı ama pratik matematik bilgisini kullanarak ve top mermilerinin düşeceği yerleri hesaplayarak askerlere yardım etmiş olabilir. Bu yıllarda hem Protestan hem de Katolik ordulara bağlı çalıştı ve anlaşıldığı kadarıyla her zaman önemli siyasi veya askeri olayların gerçekleştiği yerlerdeydi. Neler yaptığını veya o kadar seyahat etmek için parayı nereden bulduğunu bilmiyoruz. Belki de bir ajandı. Eğer ajansa, büyük olasılıkla her zaman sadık kal-dığı Katoliklerin hesabına çalışmış olmalıydı.

Maceralarının başında, 19 Kasım 1619 tarih-inde, sobayla ısıtılan sıcak bir odada yarı uyanık hal-deyken iki sonuca ulaştı. İlk olarak, gerçek bilgiye ulaşacaksa bunu kendi başına yapmak zorunday-dı. Aristoteles ve diğer otoritelerin öğretileri bunu sağlayamazdı. Baştan başlamalıydı. İkinci olarak, baştan başlamanın tek yolu her şeyden şüphe et-mektir! Gecenin ilerleyen saatlerinde bu fikrini des-teklediğini düşündüğü üç rüya gördü. O tarihe ka-dar hiçbir şey yayımlamamıştı ve her halükârda as-keri maceraları yeni başlamıştı. Ama bu belirleyici gün (ve gece) hem evreni ve evrendeki her şeyi açık-lamaya hem de başkalarının bilimsel bilgiye emin

bir biçimde ulaşmasına yardımcı olacak kuralları belirlemeye girişti.

Her şeyden şüphe etmek, hiçbir şeyi sorgusuz sualsiz kabul etmemek ve yalnızca emin olunabilecek şeyleri kabul ederek doğru bildiği yolda adım adım ilerlemek anlamına geliyordu. Peki ama ne konuda emin olabilirdi? İlk başta bir tek konuda: Kendisi bu bilimsel ve felsefi projeyi planlıyordu. Belirli bilgilere nasıl ulaşabileceğini düşünüyordu. Daha da basit bir ifadeyle *düşünüyordu*. Latince "*Cogito, ergo sum*" yazdı: "Düşünüyorum, o halde varım." Yani bu düşünceleri düşündüğüm için varım.

Bu basit ifade Descartes'ın başlangıç noktası oldu. İyi, hoş diye düşünebiliriz, peki ya sonra? Descartes'a göre, bunun doğrudan ve çok geniş kapsamlı bir sonucu vardı: Düşündüğüm için varım ama bir bedene sahip olmadan da düşünebileceğimi hayal edebilirim. Halbuki bir bedene sahip olduğum halde düşünemeseydim bunu bilemeyecektim. Bu nedenle bedenim ve düşünen parçam (zihnim veya ruhum) ayrı ve farklı olmalı. Bu, *düalizmin* temeliydi. Düalizm, evrenin tamamen farklı iki tür şeyden oluştuğunu varsaydı: *madde* (örneğin insan vücudu ama aynı zamanda sandalye, taş, gezegenler, kediler ve köpekler) ve *ruh* (insan ruhu veya zihni). Descartes, zihinlerimizin –yani var olduğumuzu bilmemizi sağlayan şeyin– evrende çok özel bir yeri olduğunu savundu.

Doğrusunu söylemek gerekirse, Descartes'tan önce de, çok sonra da insanların özel bir canlı türü olduğu düşünüldü. Diğer canlıların yapamadığı şeyleri yapabilme yeteneğine sahibiz: okumak ve

yazmak, dünyanın karmaşıklığından anlamlar çıkarmak, jetler ve atom bombaları imal etmek. Descartes'ın zihin-beden ayrımının olağandışı yanı, özgün olması değildi. Şaşırtıcı olan adım, dünyanın geri kalanıyla, yani maddi kısımla ne yaptığıydı. Descartes'a göre, dünya zihin ve maddeden oluşur ve bilimin konusu maddedir. İşleyişimizin maddi kısmı, yani düşünceye dayalı olmayan şeyler basit fiziksel terimlerle anlaşılabilir. Ruha sahip olmayan tüm bitkiler ve diğer hayvanlar, kendi işlevini yerine getiren maddeye indirgenebilir. Çiçekler ve ağaçların yanı sıra balıklar ve filler de az veya çok karmaşık makinelerden başka bir şey değildir. Ve bu makineler her yönüyle anlaşılabilir.

Descartes, canlı gibi görünen *otomatlar* hakkında bilgi sahibiydi. Hareket edip belli şeyleri yapmaları için özel olarak tasarlanan bu mekanik figürlere bugün robot adını veriyoruz. Örneğin 17. yüzyıl saat kulelerinin birçoğunda küçük mekanik figürler vardı. Genellikle saatten çıkan bir adam çana vuruyordu. Descartes'ın zamanında bunlar çok popülerdi (ve içlerinden bazıları halen çalışır). İnsanlar hareket edebilen ve insanları veya hayvanları taklit edebilen böylesine hassas figürleri üretebildiğine göre, belki de daha iyi bir mekanik ustasının bir adım ileri giderek hareket etmenin yanı sıra yemek yiyebilen ve havlayabilen bir köpek üretebileceği düşünülmeye başlanmıştı. Descartes otomat üretme arzusu duymadı ama onun düşünce tarzında bitkiler ve hayvanlar son derece karmaşık otomatlardı. Gerçek hislere sahip değillerdi; yalnızca çevrelerinde olup bitenlere yanıt verme ka-

pasitesine sahiplerdi. Bu makineler, bilim insanları tarafından mekanik ve kimyasal prensiplere göre anlaşılabilir olacak maddeydi. Descartes, William Harvey'in kalbin "mekanik" eylemleri ve kan dolaşımı konulu çalışmasını okudu ve bunun kendi sistemi için bir kanıt sunduğuna inandı. (Kan kalbe ulaştığında nelerin gerçekleştiği ve kanın neden dolaştığı hakkında Descartes'ın kendi getirdiği açıklamalar unutulmuştur.) Descartes, bu tür fikirlerin sağlık ve hastalığa dair birçok şeyi açıklayabileceğini ve en nihayetinde insanlara sonsuza kadar değilse bile çok daha uzun bir süre yaşamının sırrını sunabileceğini umut etti.

Evrenin madde ve ruh olmak üzere iki ayrı şeyden oluştuğunu yeterli açıklıkta ortaya koyduğuna kanaat getirdikten sonra, Descartes zihin ve beden arasındaki bağlantı üzerine kafa yordu: Madde hacme sahiptir ve uzayda yer kaplar ama ruh bunun tam tersidir; hiçbir yerde değildir ve hiçbir maddi temele sahip değildir. O halde bunların arasında nasıl bağlantı *kurulabilir*? Hipokrat'ın zamanından beri düşünme gücümüz beyinle ilişkilendirilmişti. Başa alınan bir darbe insanı yere serebilir ve birçok tıp uzmanının gözlemlediği gibi, beyin hasarları ve hastalıkları zihinsel işlevlerde değişikliğe yol açabilir. Descartes bir noktada insan ruhunun beynin ortasındaki bir bezde olabileceğini düşündü ama yarattığı sistemin mantığına göre madde ve ruhun asla fiziksel olarak etkileşim kuramayacağını biliyordu. Bu insan modeli daha sonradan "makinedeki hayalet" olarak adlandırıldı; makine benzeri bedenlerimiz, hayalet benzeri bir

zihin veya ruh tarafından bir şekilde yönlendiriliyordu. Bu durumda asıl sorun, o kadar çok köpek, şempanze, at veya başka hayvanın kendi "hayaletlerine" sahip olmaksızın bizim zihinsel yeteneklerimizin birçoğunu nasıl sergileyebildiğini açıklamaktı. Köpekler ve kediler korku veya öfke gösterebilir ve köpekler sahiplerine duydukları sevgiyi en azından ifade edebiliyormuş gibi görünür. (Kediler bildiğini okur.)

Descartes'ın meraklı zihni, birçok konu üzerinde durdu. *Le Monde [Dünya]* adında bir kitap yazmış biri için bu hiç de şaşırtıcı değildi. Kopernik'in dünya ve güneşin arasındaki ilişkiye dair düşüncelerini benimsedi ama Galileo'dan daha dikkatli davranarak düşüncelerini Kilise otoritelerini gücendirmeden ifade etti. Hareket ve düşen cisimlerin yanı sıra Galileo'nun ilgisini çeken diğer problemler üzerine de yazdı. Kendi döneminde bazı takipçilere sahip olsa da, Descartes'ın evrenin işleyişi hakkındaki fikirleri ne yazık ki Galileo ve Isaac Newton gibi devlerle rekabet edebilecek durumda değildi ve günümüzde Descartes fiziğini hatırlayanların sayısı çok azdır.

Fizik dersinde kendisinden zeki olanlar karşısında yenilgiye uğrasa da, ne zaman cebir ve geometride problemleri çözmeye çalışırsanız bilerek veya bilmeyerek Descartes'ın izinden gidirsiniz. Descartes, cebir problemlerinde bilinen değerler için a, b, c ve bilinmeyen değerler için x, y, z harflerini kullanmak gibi parlak bir fikir geliştirdi. Bu nedenle $x = a + b^2$ gibi bir denklemi çözmeniz istendiğinde, Descartes'ın başlattığı pratiği devam

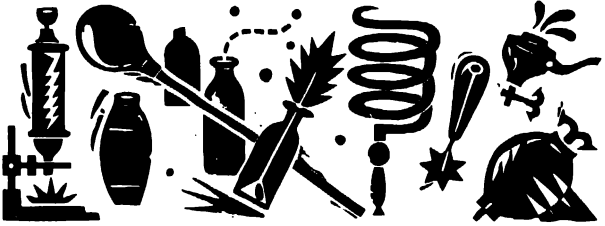
ettirirsiniz. Yatay ve düşey eksenin yer aldığı bir grafik çizerseniz de onun icadını kullanırsınız. Descartes dünya hakkında yazdığı kitapla birlikte bu konuları işlediği bir kitap da yayımladı ve kendisi de çeşitli cebir ve geometri problemleri çözdü.

Descartes beden ve zihin, maddi ve ruhsal dünyalar arasında keskin bir ayrıma giderek maddi dünyanın bilim için ne kadar önemli olduğunu vurguladı. Astronomi, fizik ve kimya maddeyle ilgilendir. Biyoloji de öyledir. Descartes'ın hayvan-makine fikri biraz abartılı gibi görünse bile, biyologlar ve doktorlar bitki ve hayvanların maddi parçaları açısından nasıl fonksiyon gösterdiğini halen anlamaya çalışır. Descartes'ın, tıbbın insanlara çok daha uzun yaşamının yolunu gösterebileceği fikri, ne yazık ki vaktinden önce dillendirilmişti. Dünya hakkındaki felsefesini ve bilgilerini İsveç Kraliçesine anlatması için yapılan daveti kabul edip İsveç'e gidene kadar çok sağlıklıydı. Kraliçe erken uyanan biriydi ve derslerin sabahın çok erken saatlerinde olmasını istedi. Soğuğa hiç gelemeyen Descartes, İsveç'te bir kışı bile çıkaramadı. Enfeksiyon kaptıktan sonra 1650 yılının Şubat ayında, 54. doğum gününden yedi hafta önce öldü. En az yüzyıl yaşayacağına inanan biri için bu üzücü bir sondu.

Bacon ve Descartes bilimde yüce ideallere sahipti. Bilimin nasıl ilerleyebileceğine dair farklı fikirleri vardı ama bilimi ilerletmek için aynı tutkuyu paylaştılar. Bacon'ın bilim vizyonu, devlet destekli ortak bir girişimdi. Descartes kendi başına çalışmaya daha yatkındı. Her ikisi de insanları

sorumluluk almaya ve kendi fikirlerini geliştirmeye çağırdı. Her ikisi de bilimin sıradan hayatın tekdüzeliğinden daha üstün olan özel bir etkinlik olduğuna inandı. Bilgi dağarcığıımıza ve doğayı anlama yeteneğimize katkıda bulunduğı için bilim bu şekilde ayrı tutulmayı hak ediyordu. Bu anlayış, insan hayatını ve toplum menfaatini daha ileri taşıyabilirdi.

15. BÖLÜM



“Yeni Kimya”

Kimya setiniz varsa turnusol kâğıdının ne olduğunu bilebilirsiniz. Bu özel kâğıttan kesilmiş küçük şeritler, bir çözeltinin asit mi yoksa baz mı olduğunu söyler. Suyu biraz sirke katıp karıştırırsanız (yani suyu asidik yaparsanız) mavi renkli kâğıdı batırdığınızda kırmızı olur. Bunu baz olan çamaşır suyuyla denerseniz kırmızı renkli kâğıt mavi olur. Turnusol kâğıdını kullanırken bu deneyi 300 yıl önce yapmış olan Robert Boyle’u aklınıza getirin.

Boyle (1627-91) İrlanda’da geniş bir aristokratik ailenin üyesi olarak dünyaya geldi. En küçük çocuktı ve hiçbir zaman maddi endişesi olmadı. Ancak birçok varlıklı insanın aksine Boyle her zaman cömertti ve servetinin büyük bir kısmını hayır işlerine bağışladı. İncil’in Kızılderili diline çevrilmesinin masraflarını karşıladı. Din ve bilim, onun hayatında eşit rol oynadı.

Seçkin İngiliz okulu Eton'da birkaç yıl okuduktan sonra Avrupa'yı dolaştı ve bir dizi özel hocadan ders aldı. İç Savaş'ın kasıp kavurduğu İngiltere'ye döndü. Ailesinin bir kısmı Kral I. Charles'ın yanında yer almış, bir kısmı da Kralı devirip cumhuriyet kurmayı amaçlayan Parlamento yanlılarını desteklemişti. Kız kardeşi onu Parlamento yanlılarına katılmaya ikna etti ve Samuel Hartlib adındaki coşku- lu sosyal, siyasal ve bilimsel reformcuyla tanıştırdı. Francis Bacon gibi Hartlib de bilimin insan hayatını ilerletme gücüne sahip olduğuna inanmıştı ve genç Boyle'u tarım ve tıp araştırmalarının bu tür ilerlemelere yol açabileceği konusunda ikna etti. Boyle tıpla başladı ve çeşitli hastalıkların tedavilerini inceledi. Bu esnada hayatı boyunca sürececek olan kimya tutkusunu edindi.

Bazı dindarlar kendilerini veya çocuklarını yeni fikirlere açmaktan korkar; bu fikirlerin kendi inançlarının altını oyabileceğini düşünür. Robert Boyle onlardan biri değildi. Dini inancına o kadar çok güveniyordu ki geniş bilimsel merakları konusunda eline ne geçerse okudu. Descartes ve Galileo, Boyle'un gençliğinde tartışmalı figürlerdi ama her ikisini de dikkatle inceledi. 1642 yılında Floransa'da, yani Galileo'nun öldüğü yılda ve yerde *Yıldızların Habercisi* kitabını okudu. Descartes ve Galileo'nun yaklaşımlarını kendi çalışmasında kullandı. Boyle antikçağdaki atomistlere de ilgi duydu (ayrıntılı bilgi için 3. Bölüme bakın) ama evrenin "atomlar ve boşluktan" oluştuğu inancına hiçbir zaman sıcak bakmadı. Evrende maddenin temel birimleri olduğunu biliyordu; bunlara "parçacık" adını verdi ama

Antik Yunan atomizminin tanrısız (ateist) çağrışımları olmaksızın da çalışmasında ilerleyebildi.

Boyle, Aristoteles'in dört element –hava, toprak, ateş ve su– teorisini de aynı ölçüde yetersiz buldu ve deneyler yoluyla bunun doğru olmadığını kanıtladı. Yeşil bir dal yaktı ve çıkan dumanın hava olmadığını gösterdi. Yanan daldan sızan sıvı da sıradan su değildi. Ateş neyin yakıldığına göre değişiyordu; dolayısıyla saf ateş değildi. Üstelik geriye kalan kül de toprak değildi. Boyle bu basit deneylerin sonuçlarını dikkatle analiz ederek ahşap kadar yaygın bir maddenin hava, toprak, ateş ve sudan oluşmadığını yeterince açık bir biçimde ortaya koydu. Aynı zamanda altın gibi kimi maddelerin yapısının daha fazla bozulmadığına dikkat çekti. Altın ısıtıldığında eriyip akar ama yakılan ahşap gibi değişmez; soğutulduğu zaman orijinal formuna döner. Boyle günlük hayatta karşımıza çıkan ahşap masa ve sandalye, yün kıyafet ve şapka gibi eşyaların çeşitli bileşenlerden üretildiğini ama bunların Yunanların dört elementine ya da Paracelsus'un üç elementine indirgenemeyeceğini fark etti. Kimilerine göre Boyle kimyasal elementin modern tanımını yapmıştır. Elementleri "başka maddelerden veya birbirlerinden üretilmeyen" şeyler olarak tanımlarken buna kesinlikle yaklaşmıştır. Ama bunu daha ileri taşımamış ve kendi kimya deneylerinde kullanmamıştır.

Boyle'un maddenin birimi anlamındaki "parçacık" kavramı, yaptığı deneylerdeki amaçlara çok uygundu. Boyle yorulmak bilmez bir deneyciydi; özel laboratuvarında tek başına veya arkadaşlarıyla çok

zaman geçirdi ve deneylerini kitaplarında en ince ayrıntısına kadar anlattı. Boyle'un bilim tarihinde bu kadar özel olmasının bir nedeni de detaylara gösterdiği özendi. O ve arkadaşları, bilimin herkese açık ve ortaklaşa olmasını istedi; böylece başkaları da onların edindiği bilgileri kullanabilecekti. Paracelsus'un yaptığı gibi doğanın derin gizemlerini keşfettiğini iddia etmek artık yeterli değildi. Bilim insanının bu derin gizemleri ya yüz yüze ya da yazılı açıklamalar yoluyla başkalarına açıklaması gerekliydi.

Bu açıklık ısrarı, Boyle'un üyesi olduğu bilim çevrelerinde benimsenen temel kurallardan biriydi. Boyle ilk önce 1650'lerde yaşadığı Oxford'da gayri resmi bir grupla birlikte hareket etti. Grubun çoğu üyesi Londra'ya taşınınca başkalarıyla da birleşerek yeni bir dernek kurdu: 1662'de kurulan Londra Kraliyet Derneği halen dünyanın önde gelen bilim topluluklarından biridir. Kraliyet Derneğinin üyeleri, yarım yüzyıl önce Francis Bacon tarafından yapılan çağrıyı yerine getirdiklerinin bilincindeydi ve Boyle kendini bilgiyi artırmaya adanmış bu topluluğun liderlerinden biriydi. Birbirlerine "Kardeşler" diye hitap eden dernek üyeleri, en başından itibaren açığa çıkardıkları ve toplantılarda tartıştıkları yeni bilgilerin faydalı olmasına özen gösterdi.

Boyle'un birlikte çalışmaktan en çok keyif aldığı kişilerden biri, kendisinden birkaç yaş daha genç olan bir diğer Robert'tı. Robert Hooke (1635-1702), Boyle'dan da zekiydi ve onun aksine yoksul bir aileden geliyordu. Hayatını her zaman yetenekleriyle kazanmak zorunda kalmıştı. Kraliyet Derneği tara-

fından her toplantıda çeşitli deneyler gerçekleştir-
mesi için istihdam edildi. Türlü türlü bilimsel ekip-
manları icat edip kullanmakta çok ustalaştı. Örne-
ğin sesin hızını ölçmek ya da bir köpekten diğerine
kan nakli yapıldığında neler olduğunu incelemek
gibi birçok deney gerçekleştirdi. Yeni kan verilen
köpek bazen daha enerjik hale gelmiş gibi göründü.
Bunun üzerine insanlar üzerinde deneyler yapılma-
ya karar verildi. Koyundan alınan kan, insana nak-
ledildi ama işe yaramadı. Paris'te kan nakli yapılan
bir kişi hayatını kaybedince bu deneylere son veril-
di. Hooke, Kraliyet Derneğinin haftalık toplantıla-
rında Kardeşleri eğlendirmek ve harekete geçirmek
için daha az ölümcül olan iki üç deney hazırlamak-
la mükellefti.

Hooke, mikroskoptan en iyi şekilde yararlanan
ilk "bilginlerden" biriydi. (İngilizcede "bilen kişi"
anlamına gelen "savant" sözcüğü, günümüzde bilim
insanı adını verdiğimiz kişiler için sıklıkla kulla-
nılmıştı.) Hooke mikroskobunu kullanarak çıplak
gözle görülemeyen yeni bir dünyayı açığa çıkardı.
Bitkiler, hayvanlar ve nesnelerin mikroskop olma-
dan görülemeyen yapılarını inceledi. Kraliyet Der-
neği üyeleri toplantılarda mikroskopla bakmaktan
çok hoşlandı ve Hooke'un sunumlarının yanı sıra
bir diğer ünlü mikroskopi uzmanı Antonie van Le-
euwenhoek'le de (1632-1723) sıkça temas kurdu.
Hollandalı Leeuwenhoek kumaş tüccarıydı ama boş
zamanlarında 200 kattan daha fazla büyütebilen
çok küçük lensler bileyip düzeltti. Her gözlem için
yeni bir mercek üretmek zorundaydı ve hayatı bo-
yunca yüzlerce mercek üretti. Mercekleri, iki metal

levhanın arasına yerleştirdi ve incelemek istediği küçük objeyi merceğin arkasında tutan mekanizma kullandı. Göl suyunda küçük organizmalar, dişlerinin arasındaki kalıntılarda bakteriler ve daha bir sürü şaşılacak şey gördü. Leeuwenhoek gibi Hooke da mikroskobunun gözlemciyi doğaya yaklaştırbileceğine inandı. 1665 yılında (Londra salgınının yaşandığı yıl) yayınlanan *Micrographia* adlı kitabındaki çizimler sansasyon yarattı. Bu çizimlerin birçoğu, sinek veya bit gibi böceklerin çok büyütülmüş hallerini gösterdiği için bize tuhaf görünse de o dönemde epey meşhur olmuştu. Hooke kitabında mikroskopuyla görebildiği başka şeylerin yapı ve fonksiyonları hakkındaki gözlem ve tahminlerini bolca paylaştı. Mantar ağacından aldığı ince bir mantar kesitinin resmine de yer verdi. Şarap şişelerini kapatmak için kullanılan maddede gördüğü küçük, göz göz yapıları "hücre" olarak adlandırdı. Söz konusu yapılar aslında bugün kullandığımız anlamda hücre olmasa da bu isim tuttu.

Hava pompası hem Boyle hem Hooke'un gözde mekanik aletiydi. İkisinin hava pompası versiyonları da bugün bisiklet lastiklerini veya futbol topalarını şişirmek için kullandığımız pompalarla aynı şekilde çalışıyordu. Ortasında içi büyük bir boş hazne bulunuyordu, üstte açılıp kapanabilen sıkı bir mekanizma yer alıyordu, alttaki diğer ucundaysa gazların içeri çekilebildiği veya dışarı bırakılabildiği bir vana vardı. Çok heyecan verici görünmese de o dönemde bilimin önemli muammalarından birinin çözüme kavuşturulmasına yardımcı oldu. Boşluk, yani hava bile olmayan tamamen boş bir

uzay mümkün müydü? Descartes boşluğun imkânsız olduğunu iddia etti. ("Doğa boşluktan nefret eder" sözü, bu fikri ifade eden yaygın bir deyişti.) Ancak Boyle'un ileri sürdüğü gibi madde nihayetinde farklı şekillere sahip ayrı ayrı parçacıklardan oluşuyorsa, bunların arasında boşluk olması gerekiyordu. Örneğin su ısıtılıp buharlaştığında ve gaz haline dönüştüğünde, aynı parçacıkların halen orada bulunması gerekiyordu ama gaz, sıvıdan daha fazla alan kaplıyordu. Boyle sıvıları ısıtarak birçok deney gerçekleştirdikten sonra bütün gazların hava pompasında aynı davranışı sergilediğini gördü. Boyle ve Hooke, halen Boyle Yasası adıyla anılan bir sonuca ulaştı. Sabit bir sıcaklıkta, herhangi bir gazın kapladığı hacimle maruz kaldığı basınç arasında özel bir matematiksel ilişki vardır. Bir başka deyişle, gazın hacmi ortamdaki basınçtan doğrudan doğruya etkilenir. Gazın kapladığı alanı küçülterek basıncı artırılırsa gaz mevcut alana sıkışır. (Sıcaklığı artırılırsa gaz yayılır ve yeni bir basınç etkili olur ama aynı temel prensip geçerli olur.) Boyle Yasası daha sonradan buhar makinelerinin geliştirilmesine katkıda bulunduğu için o konuya geldiğimizde Boyle'u tekrar anımsayacağız.

Boyle ve Hooke hava pompasını kullanarak birçok gazın karakteristiğini inceledi. Bunların arasında, soluduğumuz "hava" da vardı. Anımsayacağınız gibi hava Aristoteles'in elementlerinden biriydi ama 17. yüzyıldaki birçok kişinin gözünde çevremizi saran ve bize hayat veren hava, basit bir madde değildi. Nefes alıp verirken ciğerlerimize çektiğimize göre solunumla ilişkili olduğu gayet açıktı.

Peki ama başka neler yapıyordu? Boyle ve Hooke hem bireysel olarak hem de birlikte çalışırken odun veya kömür parçalarının yanması sırasında neler olduğuna çok ilgi gösterdi. Kanın akciğere gitmeden önce koyu kırmızı, akciğerden çıkarken parlak kırmızı olmasının nedenini de merak ettiler. Hooke bu iki soru arasında bağlantı kurdu ve akciğerde özel bir tür yanma gerçekleştiğini ileri sürdü. Nefes alıp verme ile yanmayı birbirine bağlayan madde havaydı. Hooke konuyu burada bıraktı ama "havanın" bileşimi ve doğasıyla ilgili problemler ve de solunum (nefes alıp verme) ve yanma sırasında neler gerçekleştiği sorusu, Boyle ve Hooke sonrasında bilim insanlarının zihnini yüz yılı aşkın bir süre meşgul etti; ikilinin deneyleri tekrarlanıp daha da geliştirildi.

Robert Hooke'un kafa yormadığı bir bilim alanı yok gibidir. Bir dizi yayla çalışan bir saat icat etti (zaman ölçümünde büyük bir ilerlemeydi), fosillerin kökenini merak etti ve ışığın doğasını araştırdı. Daha önce karşılaştığımız bir problem hakkında da parlak tespitlerde bulundu: Hareket ve kuvvetin fiziğini bir sonraki bölümde daha detaylı bir şekilde ele alacağız. Hooke bu konuları Isaac Newton'la aynı tarihlerde araştırıyordu. Göreceğimiz gibi, Sör Isaac herkes tarafından tanınırken Bay Hooke'un çok az kişi tarafından anımsanmasının nedenlerinden biri Newton'ın kendisiydi.

16. BÖLÜM



Yukarı Çıkan... NEWTON

Isaac Newton kadar zeki birini hiç tanıdınız mı? Ben tanımadım. Ama onun kadar sevimsiz kişiler tanımış olabilirsiniz. Newton çoğu insandan hoşlanmazdı, öfke nöbetleri geçirirdi ve hemen herkesin ona zarar vermek peşinde olduğunu düşünürdü. Sır küpüydü, kibirliydi ve yemek yemeyi bile unutturdu. Daha birçok nahoş karakteristiği vardı ama *gerçekten* çok zekiydi. Düşündüklerini ve yazdıklarını anlamak çok zor olsa bile, bugün onu bu zekâsıyla anımsıyoruz.

Isaac Newton (1642-1727) neler yaşadığından bağımsız olarak da sevimsiz biri olabilirdi ama çocukluk yılları çok korkunçtu. Babası o daha doğmadan ölmüştü. Annesi, hayatta kalmasını beklemediği için onu kendi anne babasına bırakıp yeniden

evlenmiş ve aile kurmuştu. Isaac üvey babasından nefret eti, büyükbabasından hiç hoşlanmadı ve ne annesine ne de büyükannesine çok düşküdü. İnsanlardan hoşlanmamaya küçük yaşta başlamıştı. Hem çocukken hem de çok ihtiyar bir adamken yalnız olmayı tercih etti. Ama çok akıllı olduğu belliydi ve Lincolnshire bölgesinde yaşadığı yere yakın olan Grantham kentindeki gramer okuluna gönderildi. Latince öğrendi (aynı kolaylıkla İngilizce ve Latince yazabiliyordu) ama okuldaki vaktinin büyük bir kısmını saatlerle başka mekanik aletler yaparak ve güneş saati tasarlayarak geçirdi.

İçinden gelen sesi dinleyip 1661 yılında Cambridge'teki Trinity College'a gitti. Aristoteles ve Platon gibi antikçağın üstatlarının eserlerini okuması gerekti ve onları biraz okudu (titizlikle not tuttuğu için hangi eserlerini okuduğunu biliyoruz) ama asıl gözdeleri Descartes, Boyle ve yeni bilimin savunucusu olan diğer çağdaş isimlerdi. Okumak iyiydi ama kendisi de bir şeyler üretmek istiyordu. Bunun için birçok yeni deney gerçekleştirdi. Yine de asıl dehası matematik ve matematiğin evren hakkında daha çok şey anlamak için nasıl kullanılabileceği üzerineydi.

Newton, fikirlerinin birçoğunu iki yıllık inanılmaz üretken bir döneminde geliştirdi. Einstein haricinde (32. Bölüm) hiçbir bilim insanı, bu kadar kısa bir zaman zarfında bu kadar çok şey üretemedi. Newton'ın harika yılları 1665 ve 1666'ydı. Vaktinin bir kısmını Lincolnshire bölgesindeki Woolsthorpe kentinde annesinin evinde geçirdi. İngiltere'yi kasıp kavuran veba salgını yüzünden Cambridge

Üniversitesi kapılarına kilit vurmuş ve öğrencileri evlerine göndermişti. Newton ağaçlardan düşen elmaları bu tarihlerde annesinin bahçesinde gördü. Büyük olasılıkla anlatılan öyküler kadar dramatik değilse de ağaçtan düşen elmalar ona halen açıklanması gereken bir problemi hatırlatmıştı: Bir şeyin yere düşmesinin nedeni nedir?

Newton, bu dönemde birçok bilimsel konuyla meşguldü. Matematik de bunlardan biriydi. Galileo, Descartes ve daha birçok doğa filozofu (yani bilim insanı) bir branş olarak matematiğin gelişmesine önemli katkılarda bulunmuştu ve daha da önemlisi, matematiği gözlem ve deneylerinin sonuçlarını anlamak için kullanmıştı. Newton daha da iyi bir matematikçiydi ve biliminde matematiği harikulade biçimde kullandı. Hareket ve kütle çekim gibi kavramları matematiksel olarak açıklamak için cebir ve geometri yeterli değildir. Zaman ve hareketin çok küçük birimlerini, daha doğrusu sonsuz küçük değerleri hesaba katabilmeniz gerekir. Bir toptan ateşlenen top mermisi, bir ağaçtan düşen elma veya güneşin çevresinde dönen bir gezegen incelenirken mümkün olabilecek en küçük zaman biriminde ne kadar mesafe ilerlediğine odaklanılır. Newton'dan önceki birçok doğa filozofu bu problemi görmüş ve çeşitli çözümler üretmişti. Ama henüz yirmili yaşlarında olan Newton bu iş için kendi matematiksel araçlarını geliştirdi. Buna İngilizcede "değişme" anlamına gelen "flux" sözcüğünden yola çıkarak "fluxion" yöntemi adını verdi. Newton'ın flüksiyonları, günümüzde matematiğin "kalkülüs" adını verdiğimiz dalında

halen yaptığımız türden hesaplamalardı. 1666 yılının Ekim ayında sadece kendi memnuniyeti için yazmış olduğu bir makaleyi tamamladığında, Avrupa'daki en önde gelen matematikçiydi ama bunu Newton'ın kendisinin dışında hiç kimse bilmiyordu. Matematiksel keşiflerini hemen yayımlamadı; onları kullandı ve en sonunda yöntemlerini ve sonuçlarını tanıdıklarıyla paylaştı.

Newton matematiğin dışındı ışığı da araştırmaya başladı. Antikçağdan beri güneş ışığının beyaz, saf ve homojen olduğu (yani tamamen aynı şeyden oluştuğu) varsayılmıştı. Renklerin bu saf ışının değişikliğe uğraması sonucunda oluştuğu düşünülmüştü. Newton, Descartes'ın ışık konusundaki çalışmasını inceledi ve deneylerinden bazılarını tekrarladı. Mercekler ve daha sonra da ışığı kırabilen prizma adındaki bir cam obje kullandı. Meşhur bir biçimde, karanlık odasına küçük bir ışığın süzülmesini sağladı ve ışığı bir prizma aracılığıyla yaklaşık yedi metre mesafedeki duvara yansıttı. Descartes ve daha birçok kişinin düşündüğü gibi, ışık homojen olsaydı duvardaki yansımanın ışığın geçtiği delikle aynı şekle sahip beyaz bir daire olması gerekirdi. Bunun yerine ışık, çok renkli geniş bir kuşak şeklinde göründü. Newton tam olarak bir gökkuşağı üretmemişti ama gökkuşaklarının nasıl oluştuğunu açıklamaya yaklaşmıştı.

Bu veba yıllarında, Newton mekanik konusundaki çalışmasında da ilerledi. Hareket halindeki cisimleri yöneten yasaları inceledi. Galileo, Kepler, Descartes ve diğerlerinin bir top mermisi ateşlendiğinde veya dünya güneşin etrafında dönerken

neler olduğunu açıklamak (ve matematiksel olarak yazıya dökmek) için nasıl fikir geliştirdiğini görmüştük. Robert Hooke da bununla ilgilenmişti. Newton onların yazılarını okudu ama bir adım ileri gitti. Hooke'a yazdığı bir mektupta, "Eğer daha uzağı görebiliyorsa devlerin omuzlarında durduğum içindir," ifadesini kullandı. Ebeveynlerinizin omuzlarına çıktığınız zamanları anımsıyor musunuz? Boyunuz birdenbire iki üç kat uzadığı için kendi başınıza göremeyeceğiniz türlü türlü şeyleri görebilirsiniz. Newton'ın yaptığı da buydu. Bu harikulade benzetme, her bilim insanının ve her bilim insanı kuşağının daha öncekilerin kavrayışlarından nasıl faydalanabildiğini açıklar. Bu bilimin özüdür.

Ancak Newton'ın kendisi de bir devdi. Newton bunun farkındaydı ama başkalarının bunu kabul etmediğini düşündüğü zaman problemler baş gösterdi. Robert Hooke'la aralarındaki anlaşmazlık, Newton'ın ilk makalesini Kraliyet Derneğine sunmasıyla birlikte başladı. Dernek günümüzde iyi bilimsel dergilerin halen benimsediği prosedürü uyguladı ve makaleyi yorumlaması için başka bir uzmana gönderdi. Buna "akran denetimi" diyoruz ve bu süreç, bilim insanlarının gurur duyduğu açıklığın bir parçası olarak kabul ediliyor. Kraliyet Derneği, Newton'ın ışık konusundaki makalesini okuyup değerlendirmesi için kendisi de ışık konusunda araştırmalar yapan Hooke'u seçti. Newton, Hooke'un yorumlarından hiç hoşlanmadı ve hatta Kraliyet Derneği üyeliğinden istifa etmek istedi. Dernek, istifa mektubunu sessizce göz ardı etti.

Newton, 1660'lardaki muhteşem yaratıcı enerji patlamasının ardından simya ve teoloji gibi konulara yöneldi. Her zaman olduğu gibi, okuduğu kaynaklar ve yaptığı deneyler hakkında özenli notlar tuttu. Newton'ın notları onun düşüncelerinin bu yönünü anlamak isteyen kişiler tarafından halen okunur. Ancak o dönemde Newon bu düşüncelerini ve araştırmalarını, özellikle de İngiltere Kilisesinin öğretilerinden farklı olan dini görüşlerini gizlemişti. Cambridge Üniversitesi öğrencilerinin Kilisenin inançlarını benimsemesini şart koşuyordu. Newton'ın ve bilimin şansına, üniversitede onu destekleyen güçlü isimler vardı ve Newton hiçbir zaman Kilisenin tüm öğretilerine inandığına dair yemin etmek zorunda kalmadan önce Trinity College'a üye oldu, ardından da Lucas Kürsüsü Matematik Profesörü seçildi. Yirmi yılı aşkın bir süre boyunca bu görevi yürüttü. Ne yazık ki korkunç bir öğretmendi ve öğrencileri ne hakkında konuştuğunu bile anlayamıyordu. Bazen sınıfa girdiğinde ders verecek kimseyi bulamadı. Her zaman ışık ve hareket gibi saygın konular hakkında konuştu; gizliden gizliye araştırdığı simya ve teoloji alanına hiç girmede. Belki de onlar öğrencilerinin ilgisini daha çok çekebilirdi!

1680'lerin ortasına doğru Newton'ın matematik, fizik ve astronomi araştırmaları bilinir hale geldi. Newton birçok makale yazdı ama çok azını yayımladı. Bilimsel çalışmalarının sadece kendisi ve gelecek nesiller için olduğunu sık sık vurguladı. 1684 yılında gökbilimci Edmund Halley, Newton'ı Cambridge'te ziyaret etti. (2061 yılında dünyadan

tekrar görülebilecek olan Halley Kuyruklu Yıldızının adı Edmund Halley'den gelir.) Halley ve Hooke, başka bir cisim yörüngesindeki cisimlerin (örneğin güneşin yörüngesindeki dünyanın ya da dünyanın yörüngesindeki ayın) izlediği yolun şeklini tartışmıştı. Günümüzde "ters kare kanunu" adını verdiğimiz fizik kanununa göre, yerçekiminin cismin yörüngesini etkileyip etkilemediğini merak etmişlerdi. Yerçekimi bu kanunun örneklerinden sadece biridir. Buna göre, iki cismin arasındaki çekim kuvveti aradaki mesafenin karesiyle ters orantılıdır ve elbette cisimler birbirine yaklaştıkça çekim kuvveti aynı oranda artar. Çekim karşılıklı olacaktır ama iki cismin kütlesi de önemlidir. Bir cisim –örneğin dünya– çok büyükken diğeri –örneğin bir elma– çok küçükse, neredeyse tüm çekimi dünya yapar. 12. Bölümde Galileo'nun düşen cisimleri incelerken "kare" işlevini nasıl kullandığını görmüştük. Daha sonraki bölümlerde de doğanın ister süre, ister ivme, ister çekim olsun bir değer karesini almaktan hoşlandığını göreceğiz. Bir değer karesini alırken (örneğin 3×3 veya 3^2) doğanın bize gülümsüyor olabileceğini aklınıza getirin.

Newton, Halley'in ziyaretinin ardından teoloji ve simyayı bir kenara bıraktı. Çalışmaya koyuldu ve okunması kolay olmasa da bilim tarihindeki en önemli kitaplardan biri olan en büyük eserini yazdı. Newton'ın Latince kaleme aldığı bu kitap günümüzde kısaca "*Principia*" [*İlkeler*] adıyla bilinir ama tam adı *Philosophiae naturalis principia mathematica* yani *Doğa Felsefesinin Matematiksel İlkeleri*'dir (eskiden bilime "doğa felsefesi" dendiğini

hatırlayın). Newton bu kitabında yeni matematiğin nasıl uygulanabileceğinin bütün detaylarını sundu ve fiziksel doğanın birçok yönünü sözlü açıklamalar yerine sayılarla açıkladı. Newton'ın döneminde bu açıklamaları sadece çok az kişi kolayca anlayabilse de kitabın mesajı çok daha geniş bir biçimde takdir gördü. Bu, evreni görmenin ve açıklamanın yeni bir yoluydu.

Newton'ın *Principia*'da yazdığı üç hareket yasası, dünya ve gökyüzüne bakışının birçok yönünü açıklar. Bu meşhur yasaların ilki, herhangi bir kuvvet etki etmedikçe her cismin ya durduğunu ya da düz bir çizgide aynı hızda hareket ettiğini söyler. Dağ yamacındaki bir kaya dış bir etken –rüzgâr, yağmur veya bir insan– onu hareket ettirmedikçe sonsuza kadar orada durur ve herhangi bir müdahale ("sürtünme") olmadıkça sonsuza kadar düz bir çizgide hareket eder.

İkinci yasa, bir kuvvetin hareket halindeki bir cismin hızını veya yönünü değiştirebileceğini söyler. Hızdaki değişim, uygulanan kuvvetin şiddetine göre değişir ve yöndeki değişim, uygulanan kuvvetin yönünde düz bir çizgi boyunca gerçekleşir. Yani düşen bir balona yandan vurursanız yana doğru hareket eder, yukarıdan vurursanız daha hızlı bir biçimde yere iner.

Üçüncü hareket yasası, her eylemin her zaman eşit ve karşı yönde bir reaksiyon ürettiği sonucuna ulaşır. Yani iki cismin birbirine etkisi her zaman eşit ama karşı yönlüdür. Bir balona vurursanız elinizden uzaklaşır ama aynı zamanda elinize bir etkide bulunur (balonu hissedersiniz). Büyük bir

kayaya vurursanız kaya yerinden kımıldamaz ama eliniz geriye doğru sekebilir ve canınız yanar. Hafif cisimler ağır cisimleri daha zor etkiler veya ağır cisimler hafif olanları daha kolay etkiler. (Aynı şey yerçekiminde de geçerlidir.)

Bu üç yasa, doğa filozoflarının o zamana dek çözmeye çalıştığı muammaları bir araya getirdi. Newton bu hareket yasalarıyla gezegenlerin hareketlerinden okların yaydan çıktıktan sonra izleyeceği yola kadar birçok gözlemi açıkladı. Tüm evreni yaylar, kollar ve mekanizmasıyla zamanı ölçen bir saat gibi işleyen dev bir makine olarak görmek mümkün hale geldi. *Principia* büyük bir otorite ve dehanın eseri olarak kabul edildi ve toplumdan uzak bir hayat süren sorunlu yazarını, bir tür şöhrete dönüştürdü. Newton'ın ödülü, yüksek ücretli bir memuriyet oldu. Devletin para bastığı ve para tedarikini düzenlediği darphanenin müdürü olarak atandı. Newton yeni işine büyük bir şevkle girişti; kalpazanların izini sürdü ve ülkenin para tedarikini denetledi. Londra'ya taşınması gerektiği için Cambridge'le bütün bağlarını koparmak zorunda kaldı ve hayatının son otuz yılını başkentte geçirdi. Bu süreçte Kraliyet Derneğinin başkanlığına getirildi.

Newton, Londra yıllarında *Principia*'yı önemli ölçüde revize etti. Bunun yanı sıra yeni çalışmalarından bazılarını ekledi ve kitabın yayımlandığı tarihten itibaren aldığı çeşitli eleştirileri yanıtladı. Bilim insanları bunu sıkça yapar. Robert Hooke'un ölümünden iki yıl sonra Newton ikinci önemli bilimsel eserini yayımladı: *Opticks* (1704) ışık üzeriydi. Newton ve Hooke, ışığın ne olduğu ve nasıl

davrandığı hakkındaki deney sonuçlarını nasıl değerlendirmek gerektiği üzerine çokça tartışmıştı. Kimin neyi ilk kez yapmış olduğu noktasında da anlaşmazlık yaşamışlardı. Newton bu kitapla ilgili çalışmasının büyük bir kısmını kırk yıl önce yapmıştı ama Hooke hayattayken bu kitabı yayımlamakta tereddüt etmişti. *Principia* gibi *Opticks* de çok önemliydi. Bu kitapta ulaşılan sonuçlardan bazılarını başka bilim insanları Newton'ın omuzlarında yükselirken ilerleyen bölümlerde göreceğiz.

Newton şövalye ilan edilen ilk bilim insanıydı. Sör Isaac güce kavuştu ama mutluluğa kavuşamadı. İnsanların hoş bulacağı bir adam değildi ama müt-hiş bir adamdı ve gelmiş geçmiş en yaratıcı bilim insanlarından biriydi. Evreni daha iyi anlamamıza muhteşem katkılar yaptı. *Principia* kitabı Kepler, Galileo, Descartes ve daha birçok kişinin aktif olarak uğraştığı astronomi ve fizik alanlarının zirve noktasıydı. Newton yeryüzü ve gökyüzünü bir tek sistemde birleştirdi çünkü yasaları bütün evrende geçerliydi. Gezegenlerin hareketi ve cisimlerin yere düşmesi konusunda matematiksel ve fiziksel açıklamalar sundu. 20. yüzyılda Einstein ve diğerleri evrende Sör Isaac'ın bile tasavvur ettiğinden fazlasının bulunduğunu gösterene dek, bilim insanları onun temellerini attığı fiziği kullandı.



Parıltılı Kıvılcımlar

Şimşek çaktığında tam olarak ne olduğunu hiç merak ettiniz mi? Peki ya hemen sonrasında gerçekleşen gök gürültüsünün ne olduğunu? Şimşekler ve gök gürültülerinin şiddetli gösterisi, gökyüzünde gerçekleşir ve buna neyin neden olduğunu bilerseniz bile çok dramatiktir. Yıldırımların her zaman yeri araması gibi, bilim insanları da 18. yüzyılın başından itibaren bu konu ve genel olarak elektrik hakkındaki soruların yanıtlarını çok daha yakın yerlerde aramaya başladı.

Bir diğer muamma, manyetizma olarak bilinen mıknatıs etkisiydi. Antik Yunanlar yarı değerli, sarımsı bir taş olan kehribarın yeterince hızlı ovalanırsa yakınındaki küçük şeyleri kendine çektiğini biliyordu. Bu etkinin nedenini anlamak zordu. Farklı bir taş türü olan mıknatıs taşının demir içeren objeleri sürekli olarak kendine çekmesinden farklıymış

gibi görünüyordu. Yıldızların, özellikle de Kuzey Yıldızının yönleri göstermesi gibi, mıknatıs taşı da yolculara rehberlik etti. Serbestçe sallanabilecek şekilde havada asılı tutulduğunda her zaman manyetik kutupları işaret eden özel bir mineraldi. Mıknatıs taşları, iğneleri manyetize etmek için de kullanıldı. 16. yüzyılın ortalarında Kopernik dönemine kadar denizciler yönlerini bulabilmek için ilkel pusulalar kullanmıştı. Pusulanın hareket edebilen iğnesinin bir ucunun her zaman kuzeyi göstermesinden yararlanmışlardı. 1600 yılında William Gilbert adındaki bir İngiliz doktor bu konuyla ilgili yazdığına "manyetizma" sözcüğü de ortaya çıkmış oldu. Hem elektrik hem de manyetizma eğlenceli etkiler üretebiliyordu ve bilimsel derslerin yanı sıra akşam yemeklerinden sonra oynanan oyunların popüler konusuydu.

Çok geçmeden, insanlar cam bir küreyi döndürerek ve dönerken de oarak daha da güçlü etkiler üretti. Camdaki kıvılcımları elinizle hissedebilmeniz ve hatta çıkardıkları sesi duyabilmeniz mümkündü. Bu düzenek, yaklaşık olarak 1745'te Hollanda'da Leyden Üniversitesinde görev yapan bir öğretim görevlisi tarafından icat edilen ve adını icat edildiği Leyden kentinden alan Leyden kavanozunun temelini oluşturdu. Kavanoz yarıya kadar suyla doluydu ve bir kabloyla elektrik üreten bir makineye bağlıydı. Gizemli gücü kavanozdaki suya aktardığı için bağlantı parçasına "iletken" ["conductor"] dendi. ["Conduct" burada "rehberlik etmek, götürmek" anlamındadır.] Laboratuvarındaki bir asistan kavanozun kenarına ve iletken parçaya

dokunduğunda öyle bir şok yaşadı ki kendisi için her şeyin sona erdiğini düşündü. Bu deney büyük bir sansasyon yarattı ve Leyden kavanozu modası başladı. Bir keresinde on keşiş el ele tutuştu ve en baştakinin kavanoza ve iletken parçaya dokunmasıyla birlikte hepsi aynı anda elektrik şokuna maruz kaldı. Görünüşe göre elektrik, kişiden kişiye geçebiliyordu.

Peki tam olarak neler oluyordu? Oyunların dışında, ciddi bilimsel konular da gündemdeydi. Bir sürü teori üretilmişti ama konuya çekidüzen veren kişi Benjamin Franklin (1706-90) oldu. Franklin'i Bağımsızlık Bildirgesi'nin yazılmasına katkıda bulunan ilk Amerikalı vatanseverlerden biri olarak duymuş olabilirsiniz. Birleşik Devletler'in İngiliz İmparatorluğundan bağımsızlığını kazandığı 1776 yılında kaleme alınan Bağımsızlık Bildirgesi'nin yazarları arasında yer alan Franklin akıllı ve popüler bir adamdı; sade bilgelikle doluydu; "Vakit nakittir" ve "Bu dünyada ölüm ve vergiler dışında hiçbir şey kesin değildir" gibi sözleriyle tanındı. Bir dahaki sefere sallanan sandalyeye oturduğunuzda veya iki odaklı gözlük takan birini gördüğünüzde aklınıza onu getirin: Her ikisi de Franklin'in icadıdır.

Büyük ölçüde kendi kendini eğitmiş olan Franklin, bilim de dahil birçok konuda bilgi sahibiydi. Fransa, Britanya ve Amerika'da kendini aynı şekilde evinde hissetmişti. Şimşekle ilgili en meşhur bilimsel deneyini de Fransa'da gerçekleştirmişti. 1740'lar ve 1750'lerdeki birçok insan gibi Franklin de Leyden kavanozlarını ve bunların neler gösterebileceğini merakla karşılamıştı. Franklin'in elinde

Leyden kavanozları düşünül­düğünden çok daha fazla şeyi gösterdi. İlk olarak Franklin pillerin iki ucundaki + ve - işaretlerinde görebileceğiniz gibi her şeyin pozitif ya da negatif elektrik yükü taşıyabildiğini fark etti. Leyden kavanozunda bağlantı kablosu ve kavanozun içindeki suyun “pozitif veya artı yük”, dış yüzeyin ise “negatif veya eksi yük” olduğunu söyledi. Pozitif ve negatif, aynı kuvvetteydi ve bu nedenle de birbirinin etkisini gideriyordu. Daha sonraki deneyler, Leyden kavanozundaki asıl yükün suda değil, camın kendisinde olduğunu gösterdi ve Franklin iki kurşun plaka arasına cam yerleştirerek bir tür batarya yaptı (batarya sözcüğünü de kendisi türetti). Cihazı bir elektrik kaynağına bağladığında, bu “bataryanın” elektriği boşaltılabiliyordu. Ne yazık ki Franklin bu keşfini daha ileri taşımadı.

Franklin yeryüzünde makineler tarafından üretilen kıvılcımlarla gökyüzündeki kıvılcımların, yani şimşeklerin arasındaki ilişki hakkında kafa yoran ilk kişi değildi. Ama bu bağlantıyı ortaya çıkarmak için Leyden kavanozuyla ilgili öğrendiklerini uygulayan ilk kişi oldu. Akıllıca (ama tehlikeli) bir deney tasarladı. Atmosferdeki elektriğin tıpkı Leyden kavanozunda olduğu gibi bulutların kenarında biriktiğini ileri sürdü. Gök gürültülü sağanak yağışlarda olduğu gibi, iki bulut gökyüzünde hareket ederken birbirine çarptığında bir elektrik boşalması gerçekleşiyordu; bir başka deyişle, şimşek çakıyordu. Franklin fırtınalı bir havada uçurtma uçurarak bu fikrinin doğru olduğunu kanıtlayabildi. Uçurtmayı uçuran kişinin elektrikten uygun bir biçimde yalı-

tılması ve “topraklanması” gerekliydi. Uçurtmanın ipini tutmak için mumdan bir tutacak yapılarak yalıtım sağlandı ve “topraklama” içinse uçurtmayı tutan kişiye bir kablo bağlanarak yere bırakıldı. Bu önlemler alınmasaydı elektrik şoku onu öldürebilirdi ve talihsiz bir deneyci, Franklin’in talimatlarını uygulamadığı için gerçekten de hayatını kaybetti. Uçurtma deneyi, Franklin’i şimşegın elektriğıyle Leyden kavanozlarındaki elektriğın benzer olduğına ikna etti.

İlk önce yerçekimi, daha sonra elektrik: Gökyüzü ve yeryüzündeki şeyler gitgide birbirine yaklaşıyordu.

Franklin’in elektrik konusundaki çalışması, doğrudan pratik sonuçlar da doğurdu. Franklin keskin uçlu bir metal kazığın elektriğı toprağına ilettiğini gösterdi. Eğer binaların çatısına bu tür kazıklar yerleştirilirse ve yere kadar yalıtımlı iletken hatlar çekilirse, elektrik binalardan uzağına iletilebilir ve böylece yıldırım düşen evlerin yanıp kül olmasının önüne geçilebilirdi. Bu o zamanlar ciddi bir problemdi: evler çoğunlukla ahşaptandı ve üstelik bazılarıнын çatısı sazdandı. Yıldırım yakalama çubuğı adı verilen paratonerler bu prensiple çalışır. Çamaşır makinesi ve buzdolabı gibi ev eşyalarındaki aşırı elektrik yükünü almak için prizlerde yer alan yalıtımlı tellere halen “toprak hattı” denir. Franklin, evinin çatısına yıldırım yakalama çubuğı yerleştirdi ve bu fikir tuttu. Elektriğı anlamak, önemli sonuçlar doğurdu.

Elektrik, 18. yüzyılda en heyecan verici bilimsel araştırma alanlarından biriydi ve o zamanki adıyla

birçok “elektrikçi” bugün elektrik hakkında bildiklerimize katkıda bulundu. Aralarından özellikle üçü iz bıraktı. İlki, elektrikli cihazlar ve hayvanları kurcalamaktan hoşlanan Luigi Galvani (1737-98) adındaki bir doktordu. Doktorluk mesleğinin yanı sıra Bologna Üniversitesinde anatomi ve obstetrik (çocuk doğumunun tıbbi yönetimi) dersleri verdi. Ayrıca fizyolojik araştırmalara da büyük ilgi duydu. Kaslar ve sinirler arasındaki ilişkiyi araştırırken, kurbağanın siniri elektrik kaynağına bağlanırsa ilgili kasın kasıldığını keşfetti. Araştırmalarını sürdürdükten sonra, kası elektrik akımı üretebilen ve boşaltabilen bir Leyden kavanozuna benzetti. Elektriğin hayvanların önemli bir parçası olduğunu söyledi. Kendi ifadesiyle “hayvan elektriğini” hayvanların fonksiyonlarını yerine getirmesi için temel bir öge olarak gördü. Ve haklıydı.

Bir objenin yüzeyinde biriken elektrik boşaldığında gerçekleşen statik elektrik şokları, bugün halen galvanik şok olarak anılır. Bilim insanları ve elektrikçiler, elektrik akımlarını ölçmek için galvanometre kullanır. Galvani’nin hayvan elektriği kavramı, çokça eleştiriye konu olmuştur. Eleştiri yöneltenlerin başında Alessandro Volta (1757-1827) gelir. Kuzey İtalya’daki Como kentinde yaşamış bir bilim insanı olan Volta, kendi branşlarının dışına çıkarak fiziğe merak saran doktorlar hakkında olumsuz bir izlenime sahipti ve hayvan elektriğinin var olmadığını göstermeye çalıştı. Galvani’yle söz konusu deneylerinin yorumu hakkında açık bir tartışmaya girdi. Galvani’yi itibarsızlaştırmak amacıyla yürüttüğü kapsamlı araştırmalar sırasında elektrik

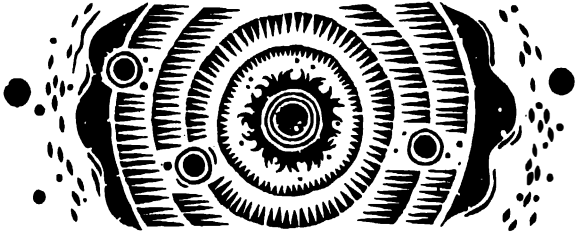
ürettiği bilinen elektrikli yılanbalığını inceledi. Bu hayvanların bile Galvani'nin "hayvan elektriği" kavramını daha inandırıcı kılmadığına inandı. Daha da önemlisi, Volta çinko ve gümüş levhaların aralarına ıslak karton yerleştirerek tüm katmanlar boyunca kesintisiz bir elektrik akımı üretebileceğini keşfetti. "Pil" adını verdiği bu icadını Londra'daki Kraliyet Derneğine haber verdi. Leyden kavanozu gibi bu icat da İngiltere ve Fransa'da sansasyon yarattı.

O dönemde Fransa, İtalya'nın kuzeyini fethetmekle meşguldü ve Fransız İmparatoru Napoléon Bonaparte, İtalyan fizikçiyi icadından dolayı onurlandırdı. Volta deneysel araştırmalarda kullanılacak elektrik akımları için güvenilir bir kaynak sunmuştu. "Volta pili" 19. yüzyılın başlarında kimyada önemli bir rol oynamaya devam etti. Franklin'in "bataryasının" pratik gelişimiydi ve bugüne kadar hayatımızın bir parçası oldu. Elektrik kuvvetini ölçmenin bir yolu olan "volt" sözcüğü onun adından geldiği için Volta bugün halen hatırlanıyor; bir dahaki sefere pil değiştirirken paketine daha dikkatli bakın.

Üçüncü büyük "elektrikçi" (ve müthiş matematikçi) Andre-Maire Ampere (1775-1836) ise adını elektik ölçümüne verdi. "Amper" sözcüğü onun adından gelir. Ampere, Fransız Devrimi ve sonrasının travmasıyla büyüdü. Babasının başı giyotinle kesildi. Kişisel hayatı da aynı ölçüde üzücüydü. Çok sevdiği ilk karısı, üçüncü çocuklarını dünyaya getirdikten sonra öldü. İkinci evliliği çok mutsuzdu ve boşanmayla sonuçlandı. Çocukları için de işler ters gitti ve Ampere her zaman maddi kaygılarla

boğuşmak zorunda kaldı. Bütün bu kaostan ortasında Ampere matematik, kimya ve en önemlisi de kendi ifadesiyle “elektrodinamik” alanında bazı temel şeylerin farkına vardı. Elektrodinamik, elektrik ve manyetizmayı bir araya getiren karmaşık bir alandı. Ancak karmaşık olmasına rağmen Ampere basit ama zarif deneylerle manyetizmanın aslında hareket halinde elektrik olduğunu gösterdi. Bu çalışma, Faraday ve Maxwell’in çalışmalarına zemin teşkil etti. Elektromanyetizmanın bu devlerini sırası geldiğinde daha ayrıntılı bir şekilde ele alacağız. Daha sonraki bilim insanları, Ampere tarafından ileri sürülen teorilerin birçok detayının geçersiz olduğunu göstermiş olsa da, Ampere elektromanyetizma araştırmaları için başlangıç noktasını sundu. Unutmamalıyız ki bilim bazen de yanılmayı içerir.

Ampere öldüğü tarihte elektrik evcilleştirilme yönünde epey mesafe katetmişti. Franklin’in çalışması basit ama önemliydi. Yine de Franklin daha gelişmiş ekipmanlar kullanan ve laboratuvarlarda çalışan Galvani, Volta ve Ampere ile kıyaslandığında maharetli bir amatör kalırdı. Volta karşısında son gülen Galvani oldu: Elektriğin kas ve sinirlerin etkileşiminde önemli rol oynadığını artık biliyoruz.



Saat Gibi İşleyen Evren

1776'daki, Amerikan Bağımsızlık Savaşı olarak da bilinen Amerikan Devrimi, 1789'daki Fransız Devrimi ve 1917'deki Rus Devrimi hızla yeni yönetim şekilleri ve yeni bir toplumsal düzen getirdi. Bir de Newton Devrimi vardı. Daha az kişi tarafından duyulmasına rağmen bu devrim de aynı ölçüde önemliydi. Etkilerini göstermesi yıllar değil on yıllar alsa da köklü sonuçlar doğurdu. Newton Devrimi, içinde yaşadığımız dünyayı tarif etti.

Sör Isaac 1727'de hayatını kaybettikten sonra 18. yüzyılda en önde gelen figür olmayı sürdürdü. Her alanda insanlar çalışma yürüttükleri konunun "Newton'ı" olmak istedi. Adam Smith, ekonominin Newton'ı olmak istedi; William Cullen bazıları tarafından tıbbın Newton'ı olarak nitelendirildi; Jeremy Bentham'sa sosyal ve politik reformun Newton'ı olmaya çalıştı. Hepsi kendi disiplini derleyip

toparlayacak genel bir yasa veya prensip aradı, mevsimler ve yıllar geçtikçe evrenin düzenli ve görkemli ilerleyişini sürdürmesini sağlayan Newton'ın yerçekimi yasası gibi bir yasanın peşinde koştu. Şair Alexander Pope'un esprili bir dille söylediği gibi, "Doğa ve Doğanın yasaları gecenin karanlığında gizlenirken/Tanrı 'Newton olsun!' dedi ve her yer aydınlandı."

İngiliz şair Pope, memleketlisi Newton lehine önyargılı olabilir. Newton henüz hayattayken Fransa, Almanya ve İtalya'da çok önemli bir figürdü ama başka bilimsel gelenekler de varlığını koruyordu. Fransa'da Descartes'ın mekanik evren vizyonu halen güçlüydü. Almanya'da kalkülüşü kimin bulduğuna dair tartışmalar mevcuttu. Filozof G. W. Leibniz'in (1646-1716) hayranları, bu matematiksel aracın geliştirilmesinde Newton'ın kendi adamlarından daha az rol oynadığını savunuyordu. Britanya'da ise kendilerini "Newtoncular" olarak adlandırmaktan büyük onur duyan ve Newton'ın matematik, fizik, astronomi ve optik alanındaki muhteşem anlayışlarını kullanan birçok Newton taraftarı vardı.

Newton'ın deneysel optik araştırmaları ve hareket yasaları Avrupa düşüncesinde aşama aşama etkisini gösterdi. Newton'ın şöhretinin yayılmasına hiç beklenmedik bir isim katkıda bulundu: şair, romancı ve edebiyatçı Voltaire (1694-1778). Voltaire'in yarattığı en ünlü karakter, bir macera öyküsünde karşımıza çıkan sevimli Candide'dir. Candide felaketlerle dolu bir ömür sürer. Akla gelebilecek her türlü sıkıntıyla karşılaşır ama felsefesini hiçbir zaman unutmaz: Tanrı'nın yarattığı dünya, mümkün

dünyaların en iyisi olmalıdır. Bu nedenle neşesini korur. Başına gelenlerin, ne kadar korkunç olursa olsun “mümkün dünyaların en iyisinde” en iyi şeyler olduğundan emindir. (Tüm korkunç maceraların ardından evinde kalıp bahçesinin bakımıyla ilgilenmeye karar verir: Bu, gerçekten de çok iyi bir tavsiyedir.)

Candide, kalkülüsü kimin bulduğuna dair tartışmalarda Newton’ın rakibi olan Leibniz’in felsefesine yapılan nazık bir göndermeydi. Voltaire, Newton’ın ve aslında İngilizlere dair her şeyin ateşli bir taraftarıydı. İngiltere’de birkaç yıl geçirdi ve oradaki ifade ve düşünce özgürlüğünden çok etkilendi. (Voltaire kendi yurdunda Katolik Kilisesini ve Fransa Kralını eleştirdiği için zindana atıldığından ifade özgürlüğünün önemini çok iyi biliyordu.) İngiltere’deyken Newton’ın başarılarına da tanık olmuştu ve ülkesine döndükten sonra Newton’ın görüşlerini Fransa’daki sıradan halkın anlayabileceği popüler bir dille kaleme aldı. Newton’ın matematiği ve fiziğinin gezegen ve yıldızların hareketlerini, denizlerdeki günlük gelgitleri, top mermilerinin izlediği yolu ve elbette elmaların düşmesini nasıl anlamlandırdığı herkesin dilindeydi ve Voltaire’in kitabı Avrupa’da çok fazla okuyucu buldu.

Newton’ın ünlü eseri *Principia*’daki hem matematiksel hem de fiziksel araçlar gerçekten de işe yaradığı için yazarının şöhreti dalga dalga yayıldı. Bu araçlar matematikçi, fizikçi ve gökbilimcilerin, Newton’ın sadece değinmekle yetindiği birçok sorunu incelenmesine yardımcı oldu. Hiçbir bilimsel eser son sözü söylemez ve Newton’ın eseri de son

sözü söylememiştir. Newton omuzlarında birçok kişiye yer olan bir devdi ve birçok örnekte onların daha da ileriye görebilmesini sağladı.

Üç örneğe göz atalım: gelgitlerin nedenleri, dünyanın şekli ve güneş sistemindeki gezegenlerin sayısı ve yörüngeleri.

Denizlerdeki su seviyesi yükselir ve alçalır. Deniz “çekildiğinde” daha önce yüzebildiğiniz yerlerde bu kez yürümeniz gerekir. Deniz “kabardığında” kıyıda yaptığınız kumdan kaleleri yıkıp geçer. Gelgitler düzenli, günlük bir örüntüye sahiptir. Gelgitleri bilmek, gemileri limana yanaştırabilmek için denizin yükselmesine ihtiyaç duyan gemiciler için önemliydi. Aristoteles gelgitlerle ay arasında bağlantı kurmuştu. Daha sonra dünyanın hareket ettiği inancı yaygınlaştı. Bazıları gelgitleri, suyla dolu bir kovayı öne ve arkaya yatırarak oluşturabileceğiniz dalgalarla kıyasladı. Newton’a göre yerçekimi anahtardı. Ay dünyaya ne kadar yakınsa yerçekimsel etkisinin de o kadar büyük olduğunu ileri sürdü. (Güneşin etrafında dönen dünyanın yörüngesi gibi, dünyanın etrafında dönen ayın yörüngesi de elipstir ve bu nedenle dünya ve ay arasındaki mesafe düzenli olarak değişir.) Ayın yerçekimi, denizlerdeki suyu kendine çeker. Dünya döndükçe denizler aya yaklaşır ve uzaklaşır. Yerçekiminin artması ve azalması, denizlerin görebileceğimiz gibi düzenli bir biçimde yükselip alçalmasına katkıda bulunur. Gelgitler bu şekilde açıklanabilir. Newton gelgitlerin yerçekiminin etkisini gösterdiğini düşünmekte haklıydı.

Newton’ın izinden gidenler, ustanın hesaplamalarını düzeltti. İsviçreli doktor Daniel Bernoulli

(1700-82) 1740'ta gelgitler hakkında daha detaylı bir analiz yaptı. Matematik, fizik ve navigasyona duyduğu ilgi, tıbbı duyduğu ilgiden çok daha fazlaydı. Gitar çaldığınız sırada tellerin nasıl titreştiğini ve duvar saatlerinde sarkaçların nasıl sallandığını da açıkladı. Ayrıca gemilerin tasarımını geliştirdi. Basel kentindeki tıp okulunda uzuvlarımız hareket ettiğinde kaslarımızın kasılıp kısılması gibi konuları incelerken Newton mekaniğini kullandı. Gelgitler konusundaki çalışması, Paris'teki Bilimler Akademisinin yönelttiği bir soruya yanıt niteliğindeydi; eğitilmiş toplumlar bu tür etkinlikleri sıkça gerçekleştirip en iyi yanıtları ödüllendiriyordu. Bernoulli gelgitlerin oluşumunu açıklamaya katkıda bulunan diğer isimlerle birlikte ödülü paylaştı. Gelgitlerin nedenleri arasında güneşin yerçekimsel etkisi de yer alıyordu. Dünya ve ay gibi iki cisim birbirini çektiğinde matematik görece basittir. Gerçek dünyada güneş, gezegenler ve diğer cisimler tabloyu karmakarışık hale getirir ve matematik de çok daha zorlaşır.

Paris Bilimler Akademisi, Newton'cılarının ikinci önemli sorusuyla da ilgilendi: Dünya yuvarlak bir top gibi miydi? Masa tenisi topu gibi tamamen düz olmadığını görmek kolaydı; dağlar ve vadiler vardı. Peki temel olarak yuvarlak mıydı? Newton öyle olmadığını söylemişti; ekvatordaki yerçekiminin Kuzey Avrupa'daki yerçekiminden biraz farklı olduğunu göstermişti. Bunu bir sarkaçla yaptığı deneyler sonucunda öğrenmişti. Sarkaç, dünyanın yerçekiminden etkilenir; yerçekimi ne kadar kuvvetliyse sarkaç o kadar hızlı sallanır ve bir uçtan diğerine

döngüsünü tamamlaması daha az zaman alır. Gemiciler, sarkacın bir saniyede ne kadar mesafe kattığını tam olarak ölçmüştü ve ekvator da bu mesafe biraz daha kısaydı. Aradaki bu fark, Newton'a ekvator da dünyanın merkezine olan mesafenin biraz daha fazla olduğunu söylemişti. Dünya kusursuz bir küre olsaydı yüzeyindeki her noktanın merkeze uzaklığı eşit olurdu. Sonuç olarak, Newton dünyanın kutuplarda basık olduğunu söyledi. Dünya yukarıdan aşağıya doğru bastırılmış gibiydi ve ekvator da biraz şişkinlik yapmıştı. Newton dünyanın henüz çok yeni olduğu ve sıcak akışkan halinden yavaş yavaş soğuduğu sırada kuzey-güney ekseninde dönmesinin buna yol açtığını düşündü. Bu, dünyanın 6000 yaşından çok daha yaşlı olduğunun bir ipucuydu ama Newton dünyanın kaç yaşında olduğuna dair düşüncesini hiçbir zaman açıklamadı.

Newton'ın çalışması 1730'larda Fransa'da tartışılırken, birçok Fransız bilim insanı dünyanın bu kusurlu şekle sahip olduğuna inanmayı reddetti. Fransa Kralı XV. Louis, kuzey kutup dairesinin yakınlarındaki Lapland'a ve ekvatorun yakınlarındaki Peru'ya birer keşif heyeti gönderdi; bu basit bir olguyu test etmenin pahalı bir yoluydu. Keşif heyetleri bu iki konumdaki enlem derecesinin tam uzunluğunu ölçtü. Enlem dünyanın kuzey-güney ekseninde ekvatorun 0, kuzey kutbunun +90 ve güney kutbunun -90 derece kabul edildiği bir ölçüdür. (Dünyanın etrafındaki tam tur 360 derecedir.) Dünya haritasından bir uçtan öbür uca uzanan enlem çizgilerini görebilirsiniz. Dünya kusursuz bir şekle sahip olsaydı her enlem derecesi aynı olurdu. Lap-

land keşif heyeti, çok fazla seyahat etmek zorunda kalmadığı için ilk dönen oldu. Peru keşif heyeti tam dokuz yıl sonra geri döndü. Tam da Newton'ın modelinin öngördüğü gibi Lapland'daki enlem, Peru'daki enlemden uzundu. Bu sonuçlar, Kıta Avrupası'nda Newton'ın şöhretini artırdı.

Avrupa'nın dört bir yanındaki gökbilimciler, yıldızlar ve gezegenlere bakarak nasıl hareket ettiklerini ve her gece (veya her yıl) nerede gözlemleneceklerini öngörmeye çalıştı. Gittikçe daha çok gözlem yapıldı ve gök cisimlerinin hareketinin matematiksel analizi daha hatasız hale geldi. Böylece gittikçe daha doğru öngörüler yapılabilirdi. Daha büyük teleskopların yapılması, gökbilimcilerin uzayda daha uzak mesafeleri görebilmesine ve yeni yıldızları, hatta yeni galaksileri keşfetmesine imkân tanıdı. Yıldız gözlemcilerinin en önemlilerinden biri, Almanya'dan İngiltere'ye göç eden William Herschel'di (1738-1822). Herschel müzisyendi ama tutkusu gökyüzünü incelemektir. 1781'de bir gece yıldız olmayan yeni bir cisim fark etti. İlk başta büyük olasılıkla kuyruklu yıldız olduğunu düşündü ve yaşadığı Bath kentindeki bir gruba bunu açıkladı. Gözlemleri, başkalarının da dikkatini çekti ve Herschel'in yeni bir gezegen keşfettiği anlaşıldı. Bu gezegene Yunan mitolojisindeki bir karakterden hareketle Uranüs adı verildi.

Bu keşif, Herschel'in hayatını değiştirdi ve kendini tamamen astronomiye adayabilmesini sağladı. Kendi ailesi de Almanya'dan gelen Kral III. George, Herschel'in çalışmasına ilgi gösterdi ve dünyanın en büyük teleskobunu yapmasına olanak tanıdı.

Herschel sonunda kraliyet şatolarından birinin bulunduğu Windsor yakınlarında yaşamaya başladı. Gökyüzünü incelemeye öylesine tutkundu ki Windsor'a taşındıktan sonra bütün hayatını buna göre düzenledi. Gece gözlemlerini bir kere olsun ak-satmamaya çalıştı. Bütün çalışmalarına uzman bir gökbilimci olan kız kardeşi Caroline (1750-1848) destek verdi. Herschel'in oğlu John da (1792-1871) babasının çalışmalarını sürdürerek bunu bir aile mesleği haline getirdi.

William Herschel yıldızlara, gezegenlere ve diğer gök cisimlerine sadece bakmakla yetinmedi, aynı zamanda gördüğü şeyler hakkında derinlemesine düşündü. Çağının en iyi teleskoplarına sahip olduğu için daha ilerisini görebildi. Daha öncekilerden çok daha geniş ve daha doğru olan yıldız katalogları çizdi. Samanyolu galaksimizin evrendeki tek galaksi olmadığını fark etti ve gökyüzünde bulanık beyaz lekeler gibi görünen "nebulalar" hakkında uzun uzun ve derinlemesine düşündü. Bunların birkaçı bazen bulutsuz gecelerde çıplak gözle görülebiliyordu ama Herschel'in teleskobu çok daha fazlasını ortaya çıkardı. Samanyolu galaksimizin daha uzak noktalarına baktığımızda görüntü bulanıklaşmaya başladığı için gökbilimciler nebuların yıldız kümeleri olduğunu varsaymıştı. Herschel bazı nebuların büyük olasılıkla yıldız kümesi olduğunu ama bazılarının da derin uzayda hareket eden devasa gaz bulutları olduğunu gösterdi. Ayrıca birbirine yakın olan (konuştuğumuz mesafeleri düşünecek olursak gerçekten "yakın" olduğunu söyleyebileceğimiz) çift yıldızları inceleyerek, bu yıl-

dızların davranışının yerçekimiyle açıklanabileceğini ortaya koydu: Newton'ın yerçekiminin uzayın derinliklerine kadar uzandığı anlaşıldı.

Newton'ın yerçekimi ve hareket yasalarının yanı sıra kuvvet (güç), ivme (artan hız) ve atalet (düz bir çizgide ilerlemeye devam etme eğilimi) hakkındaki matematiksel analizi, 18. yüzyılda doğa filozoflarının temel prensipleri haline geldi. Bu prensiplerin ne kadar çok şeyi açıklayabileceğini gösterenlerin başında, Fransız Pierre Simon de Laplace (1749-1827) geliyordu. Laplace, 20. Bölümde tanıyacağımız Lavoisier'le birlikte çalıştı ama talihsiz arkadaşının aksine Fransız Devrimini zarar görmeden geçirdi. Napoléon tarafından hayranlık duyulan Laplace, yarım yüzyıl boyunca Fransız biliminde önde gelen bir figürdü. Laplace, Newton'ın hareket yasalarını ve matematiksel araçlarını kullanarak gökyüzünde görebildiğimiz şeyleri nasıl açıklayabileceğini ve gezegen, yıldız, kuyruklu yıldız ve göktaşlarının gelecekteki hareketlerinin nasıl doğru olarak öngörülebileceğini gösterdi. Güneş ve gezegenleriyle birlikte güneş sistemimizin milyonlarca yıl önce büyük bir patlamadan doğmuş olabileceğine dair bir teori geliştirdi. Güneş dev gaz bulutları yaymış olabilirdi ve bu sıcak gazlar aşama aşama soğuyarak gezegenleri ve ayları oluşturmuştu. Laplace buna "nebula hipotezi" adını verdi ve bunun gerçekleşmiş olabileceğini göstermek için çok karmaşık matematiksel hesaplamalar yaptı. Günümüzde fizikçiler bu konuda çok daha fazla bilgi sahibi olsa da, Laplace aslında "büyük patlama" adını verdiğimiz başlangıç teorisinin bir versiyonunu ortaya koymuş oldu.

Laplace, Newton'ın hareket yasalarının gücünden öylesine etkilenmişti ki evrendeki her parçacığın belirli bir anda nerede olduğunu bilirse, tüm evrenin zamanın sonuna kadarki işleyişini öngörebileceğimize inandı. Ama bunun olanaksızlığının o da farkındaydı. Madde ve hareket yasalarına göre tüm evrenin gerçekten de çok iyi bir saat gibi tıkır tıkır işlediğini vurgulamak istemişti. Saat gibi işleyen evren vizyonu, sonrasındaki yüzyıl boyunca bilim insanlarına hizmet etti.

19. BÖLÜM



Dünyayı Düzenlemek

Gezegelimiz, bitkiler ve hayvanların şaşırtıcı çeşitliliğine ev sahipliği yapar. Ne kadar böcek veya deniz canlısı olduğunu halen tam olarak bilmiyoruz. İnsan ırkının onların sayısını azalttığından haklı bir biçimde endişe duyuyoruz. Dev pandalar ve Hint kaplanları gibi “nesli tükenmekte olan türler” hemen her gün haberlere konu oluyor. Bundan endişe duyan insanlar için bu ifadede önemli nokta, “nesli tükenmekte olan” kısmıdır ama bilim insanları için “türler” de aynı ölçüde önemli bir sözcüktür. Dev pandanın boz ayıyla aynı türden olmadığını veya yabankedisini okşadığımız evcil kedilerden ayıran şeyin ne olduğunu nasıl biliriz?

İncil’deki Yaratılış Kitabında Âdem’e Eden Bahçesindeki bitki ve hayvanları adlandırma işi verilir. Bütün insan grupları çevrelerindeki canlı dünyayı bir şekilde düzenler. Bütün diller ister yetiştirilsin,

ister toplansın, ister ulaşım, et, gizlenme veya süt sağlasın insanların kullandığı bitki ve hayvanların isimlerini içerir.

17. ve 18. yüzyılda Avrupalı kâşifler dünyanın egzotik bölgelerinden birçok yeni bitki ve hayvan türünü getirmeye başladı. Kuzey ve Güney Amerika, Afrika, Asya ve daha sonra Avustralya ve Yeni Zelanda'nın yanı sıra okyanuslardaki adalardan bitkiler ve hayvanlar getirildi. Bu yeni canlıların birçoğu, Eski Dünyanın bilindik bitki ve hayvanlarından çok farklıydı ama yakından incelendiklerinde birçoğunun o kadar da farklı olmadığı anlaşılıyordu. Örneğin Hindistan ve Afrika'da bulunan filler öylesine benzerdi ki aynı adı taşımaları makul kabul edildi. Ancak ufak tefek farklar vardı. Bu küçük farkları ve doğanın zengin çeşitliliğini nasıl değerlendirmemiz gerekir?

Antikiteden beri bu sorunun iki temel yanıtı vardır. İlkine göre doğa öylesine cömerttir ki dünyanın uzak köşelerinde birçok yeni bitki ve hayvan türünün bulunması hiç de şaşırtıcı değildir. Bu yeni keşiflerin, doğabilimcilerinin öne sürdüğü "Büyük Varlık Zincirindeki" boşlukları doldurduğu düşünüldü (5. Bölümde bu fikri ele almıştık). Varlık Zincirine inananlar, Tanrı'nın çok güçlü olduğunu ve mümkün olabilecek her varlığı yarattığını savundu. Diğer hayvanların özelliklerini birleştiren hayvanlar görmek onlar için şaşırtıcı değildi. Örneğin denizlerdeki balinalar ve yunuslar balık gibi görünseler de kara hayvanları gibi doğum yapabiliyordu ya da yarasalar kanatlara sahip olup uçabildikleri için kuşlara benzese de kuşlar gibi yumurtlamıyor-

du. Bunların şaşırtıcı olmamasının nedeni, bitki ve hayvanların hayatının bütün ilginç yönlerinin Varlık Zincirinin parçası olarak açıklanabilecek olmasıydı. Bu zincirdeki “kayıp halka” fikri uzunca bir süre kullanılmıştır; siz de önemli bir yeni fosil bulunduğunda bu ifadeyi duymuş olabilirsiniz.

İkinci yanıtı göre, Tanrı başlangıçta her bitki ve hayvan *türünü* yaratmıştır ve çevremizde görebildiğimiz büyük çeşitlilik, her canlı türünün nesiller boyunca yavrulamasının bir sonucudur. Meşe ağaçları, meşe palamutlarından filizlenerek boy atar; kediler yavru doğurur ve yavruları da daha çok yavru doğurur ve bu şekilde devam eder. Her nesilde veya yüzlerce nesilde, binlerce nesilde ağaçlar ve kediler daha çeşitli hale gelir. Her bitki veya hayvan başlangıçtaki tasarımıyla ilişkili olsa da doğanın geniş çeşitliliği zaman içinde gerçekleşen değişimlerden kaynaklanır. Buna göre başlangıçtaki bitki ve hayvanların tümünün haritasını çıkarmak, Tanrı’nın planını bir “yaşam ağacı” şeklinde ortaya koyacaktır.

18. yüzyılda asıl olarak iki doğabilimci bu konularda söz sahibiydi ve bu iki farklı yaklaşımın temsilcisiydi. İlki Fransız soylu Georges-Louis Leclerc’di (1707-88). Buffon Kontu Leclerc, hayatını bilime adayan bir zengindi. Yılın yarısını malikanesinde, geri kalan yarısını Paris’te geçiriyordu. Paris’te kralın bahçelerinin idaresinden sorumluydu. Bu bahçeler günümüzdeki hayvanat bahçeleri veya doğal yaşam parkları gibiydi. Leclerc ilk başlarda Newton’ın büyük bir hayranıydı ve onun fizik ve matematiğiyle ilgilendi ama uzun hayatının büyük

bir kısmını doğal dünyayı araştırarak geçirdi. Amacı dünyayı ve dünya üzerindeki tüm bitki ve hayvanları tanımlamaktı. Özenli araştırmalarını *Doğa Tarihi* [*Historie naturelle*] adındaki 127 ciltlik dev eserinde topladı. O tarihlerde “tarih” betimleme anlamında da kullanılıyordu ve Leclerc eserinde karşılaştığı tüm hayvanları (ve bazı bitkileri) betimledi.

Leclerc hayvanlar hakkındaki hemen her şeyi yazdı; anatomileri, nasıl hareket ettikleri, neler yedikleri, nasıl üredikleri, bize ne fayda sağladıkları ve daha bir sürü şey hakkında bilgi verdi. Hayvanları mümkün olabildiğince kendi ortamlarında görmek, harikulade modern bir girişimdi. Leclerc bilinen memeli, kuş, balık ve sürüngenlerin birçoğunu uzun uzun inceledi. Bu kapsamlı eserin tamamlanması 1749’dan itibaren yaklaşık 40 yıl aldı ve okurlar her yeni cildi sabırsızlıkla bekledi. Ciltler birçok Avrupa diline çevrildi.

Leclerc, incelediği hayvanların tüm karakteristiklerinden büyülenmişti. “Doğanın yalnızca bireyi tanıdığını” söyledi. Bu meşhur ifadesiyle doğada hiçbir düzen bulunmadığını anlatmak istemişti. Doğada yalnızca bir sürü bireysel bitki ve hayvan vardı. Onları sağladıkları faydalara göre gruplar halinde sınıflandırmaya çalışanlar insanlardı. Büyük Varlık Zinciri hakkında doğanın canlılarla dolu olduğunu ama bu canlıların yalnızca tek tek incelenemediğini söyledi.

Leclerc’in en büyük rakibi, İsveçli doktor ve doğabilimci Carl Linnaeus’tu (1707-78). Tıp eğitimi almış olmasına rağmen Linnaeus’un asıl tutkusu bitkilerdi. Hayatının büyük bir kısmını İsveç’in

kuzeyindeki Uppsala Üniversitesinde dersler vererek geçiren Linnaeus bir botanik bahçesi kurdu ve birçok öğrencisini bitki ve hayvan toplamaları için dünyanın farklı noktalarına gönderdi. Öğrencilerinden bazıları bu seyahatlerde hayatlarını kaybetti ama takipçileri Linnaeus'un büyük amacına sadık kaldı: Dünyada var olan her şeyi doğru bir biçimde adlandırmaya çalıştılar. Linnaeus bu amaç doğrultusunda bitki ve hayvanları *sınıflandırdı* ve temel özelliklerini tanımladı. Böylece onları "doğa düzeninde" belli bir yere yerleştirdi. 1735 yılında, henüz yirmili yaşlarındayken *Doğanın Sistemi* [*Systema Naturae*] adında kısa bir kitap yazdı. Kitap temel olarak bilinen bütün bitki ve hayvan türlerinin gruplar halindeki uzun bir listesiydi. Linnaeus hayatı boyunca farklı bitki ve hayvan türlerini ekleyip listeyi genişleterek bu kitabın on iki baskısını yayımladı. Özellikle de öğrencilerinin onun için Amerika, Asya, Afrika ve dünyanın diğer yerlerinde keşfettiği türlerden yararlandı.

Antik Yunanlardan beri doğabilimciler dünyada "doğal" bir sınıflandırmaya olup olamayacağı sorusunun yanıtını aramıştı. Her şeyin birbiriyle zamansız veya Tanrı tarafından belirlenmiş bir ilişkisi var mıydı? Eğer varsa, bunu nasıl bulabilirdik? Hristiyan çağında, en temel varsayım Tanrı'nın "başlangıçta" her bitki ve hayvan türünü yarattığı ve Âdem'in de bunları adlandırdığıydı. Bugün gördüklerimiz de zaman ve şansın ürünüydü.

Linnaeus bu görüşe sıcak bakıyordu ama bitkiler ve hayvanların yaratıldıktan sonra ne kadar değiştiğinin de farkındaydı. Bu durum "doğal"

sınıflandırmayı zorlaştırıyordu. Linnaeus öncelikle dünyadaki her şeyi düzenleyip sınıflandırmak için basit kurallara ihtiyaç duyulduğunu düşündü. İkinci olarak, her şeyi tanımlamak için basit bir etiket belirlemek gerekiyordu. Linnaeus bunu görev edindi. Her şeye tam adını vererek kelimenin gerçek anlamıyla ikinci Âdem oldu. Sonuçta zoologlar veya botanikçiler ne hakkında konuştuklarını tam olarak bilmeden bir “köpek” türünü veya “zambak” türünü nasıl tartışabilirdi? Linnaeus’a göre doğanın düzenli evrak dolapları olmalıydı ve her şey yerli yerinde olduktan sonra bilim yapmak mümkün olabilirdi.

Linnaeus hemen her şeyi sınıflandırdı: mineraler, hastalıklar, bitkiler ve hayvanlar. Hayvanları sınıflandırırken cesur bir hamle yaptı ve insanları da şemasına dahil etti. Bize halen taşıdığımız biyolojik ismimizi verdi: *Homo sapiens*, yani “bilge veya bilen insan”. Linnaeus’tan önceki birçok doğabilimci, kendini bazen “doğal dünya” dediğimiz şeyle sınırlandırmış ve bu nedenle de insanları şemalarının dışında bırakmıştı. Bir papazın oğlu olan Linnaeus çok dindardı. Ancak kendisinin de vurguladığı gibi, insanların köpekler ve maymunlar gibi sadece hayvan olmadığını söylemek için ortada hiçbir biyolojik neden yoktu ve bu nedenle de insanların da doğa sistemine dahil edilmesi gerekiyordu.

Linnaeus’un *taksonomi* (sınıflandırma) çalışmasındaki en önemli iki kategori *cins* ve *türdü*. Linnaeus cins adlarını her zaman büyük harfle başlatırken (ki bunu halen uyguluyoruz) tür adlarını küçük harfle başlattı: örneğin *Homo sapiens*. Cins, türe kıyasla daha temel özellikler paylaşan bitki veya hayvan

grubudur. Örneğin *Felis* cinsinde birçok farklı kedi türü vardır: evcil kedi (*Felis catus*) ve yabankedisi (*Felis silvestris*) bunların arasındadır. (Okulda herkesin Latince öğrendiği dönemde Linnaeus'un neden bu adı koyduğunu anlamak kolaydı: *felis* sözcüğü "kedi" anlamına gelirken *catus* sözcüğü "kurnaz" ve *silvestris* sözcüğü "ormanlar" anlamına gelir.)

Linnaeus, canlı varlıklar arasında çeşitli seviyelerde benzerlik veya farklılıklar bulunduğunu biliyordu. Linnaeus'un büyük şemasının en üstünde üç âlem vardır: bitkiler, hayvanlar ve mineraller. Bunların altında *sınıflar* yer alır; omurgalılar (yani omurluğa sahip olan eşekler, kertenkeleler vs.) bir sınıftır. Sınıfın içinde *takımlar* yer alır; örneğin memeliler (yani yavrularını emzirerek besleyen canlılar) bir takımdır. Bunun altındaysa *cins* ve ardında *tür* vardır. Türlerin altında da *çeşitler* vardır. İnsan türünde bu çeşitlere "ırk" adı verilir. Elbette son olarak tek tek kişi, bitki veya hayvanlar vardır; her biri boy, cinsiyet, saç veya göz rengi ve ses tonu gibi özgün özelliklere sahiptir. Ancak onları birey olarak sınıflandırmayız; sınıflandırabileceğimiz bir gruba yerleştiririz. Daha sonraki bilim insanları, Linnaeus'un orijinal sistemine familyalar, alt familyalar ve kabileleri de eklemiştir. Örneğin aslanlar, kaplanlar ve evcil kedilerin kedi *familyasına* ait olduğu kabul edilir.

Tek tek bitki ve hayvanların toplamı, canlılar dünyasını oluşturur. Leclerc'in bu temel kategorinin –yani bireyin– tek kesin kategori olduğunu ısrarla savunurken kastettiği şey de budur.

Linnaeus için gerçekten önemli olan seviye, türlerdi. Çiçeklerin erkek ve dişi kısımları temelinde

her bitki türünü tanımlamak için basit bir sistem geliştirdi. Amatör botanikçiler ormanlarda ve tarlalarda dolaşarak gördükleri şeyleri ayırt edebildiler. Sadece bitkiler üzerine olsa da Linnaeus'un cinsel sistemi bazı kesimleri rahatsız etti ve biraz erotik denilebilecek birkaç şiire de ilham verdi. En önemlisi, Linnaeus'un bitki sınıflandırması işe yaradı. Botaniğe gerçek anlamda destek verdi. Linnaeus'un ölümünün ardından önemli bitki koleksiyonları Londra'da Linnaeus adına bir dernek kuran varlıklı bir İngiliz tarafından satın alındı. Linne Derneği, 200 yılı aşkın süredir faaliyetlerini sürdürüyor.

Bugün halen Linnaeus'un bitkiler ve hayvanları tanımlamak için kullandığı adların birçoğunu kullanıyoruz. İnsanları da içine alan *primatlar* takımı bunlardan biridir. Bu takımda bizim dışımızda kuyruksuz maymunlar, kuyruklu maymunlar, lemurlar ve bizimle birçok özelliği paylaşan diğer hayvanlar yer alır. Linnaeus bir türün diğerine evrilebileceğine inanmadı. Tanrı'nın her bitki ve hayvan türünü özel yarattığına inandı. Ancak insanların da doğanın parçası olduğunu ve doğal dünyayı incelerken benimsediğimiz kuralların insanlığı anlamak için de kullanılabileceğini fark etti. Belli bir bitki veya hayvan grubunun biyolojik bir tür olduğunu söylerken tam anlamıyla neyi kastettiğimiz sorusu, doğabilimcilerin kafasını meşgul etmeye devam etti. Halen de meşgul ediyor. Ancak Linnaeus'un çizdiği çerçeve, yüzyıl sonra onun gibi bir bitki âşığı olan bir diğer doğabilimci tarafından değiştirildi: Charles Darwin. Bu öyküye 25. Bölümde döneceğiz.



Hava ve Gazlar

"Hava" çok eski bir sözcüktür. "Gaz" sözcüğü çok daha yenidir; daha birkaç yüzyıllıktır. Bu sözcüklerden birinin bırakılıp diğerinin kullanılmaya başlaması önemli bir değişime işaret eder. Antik Yunanlar için hava dört temel elementten biriydi. Hava sadece bir "şey"di. Ancak 17. yüzyılda Robert Boyle'un deneyleri bu görüşe meydan okudu ve bilim insanları çevremizi saran ve hepimiz tarafından solunan havanın birden fazla maddeden oluştuğunu fark etti. Sonrasında birçok kimyasal deneyde nelerin gerçekleştiğini anlamak çok daha kolay hale geldi. Çoğu deney fokurdayan bir sıvı veya havaya yükselerek kaybolup giden bir duman üretiyordu. Bazen deney havayı değiştiriyormuş gibiydi. Kimyacılar genellikle gözlerini sulandıran amonyak veya çürük yumurta gibi kokan hidrojen sülfür üretiyordu. Ancak gazları bir şekilde toplamayı başarmadan

neler olup bittiğini bilmek zordu. Isaac Newton ölçümün önemli olduğunu göstermişti ama atmosferde yayılıp giden bir gazı ölçmek kolay değildi.

Kimyacıların saf gazları toplamanın yollarını bulması gerekiyordu. Bunu yapmanın en yaygın yolu, kimya deneylerini kapalı bir kutu gibi çok küçük bir alanda gerçekleştirmektir. Bu kapalı alan daha sonra bir tüple baş aşağı duran suyla dolu bir muhafaza kabına bağlanıyordu. Gaz suda çözünmüyorsa – ki bazı gazlar çözünmez– en üste çıkıp suyu aşağıya itebiliyordu. Becerikli bir din adamı olan Stephen Hales (1677-1761) gazları toplamak için çok etkili bir “su banyosu” tasarladı. Hales uzun ömrünün çoğunu o tarihlerde kırsalda bir köy olan, günümüzde Londra sınırları içinde kalan Teddington köyünün papazı olarak geçirdi. Mütevazı ve çekingen bir adam olan Hales aynı zamanda çok meraklıydı ve sürekli deneyler yaptı. Deneylerinden bazıları çok korkunçtu: At, koyun ve köpeklerin kan basıncını ölçmek için doğrudan atardamara içi boş bir tüp sapladı. Bu tüpü uzun bir cam tüpe bağlayarak kanın ne kadar yükseğe çıktığına baktı. Bir atın kanının üstten fışkırmaması için cam tüpün 2,7 metre uzunlukta olması gerekiyordu.

Hales bitkilerde özsuyn hareketini de inceledi ve bitkilerin farklı parçalarının gelişimini ölçtü. Bitkilerin sap ve yapraklarına düzenli aralıklarla küçük mürekkep benekleri yaptı ve bitki büyümeden önce ve büyüdükten sonra bu benekler arasındaki mesafeleri kaydetti. Bitkilerin bütün parçalarının aynı hızda büyümediğini gösterdi. Gaz toplama aparatını kullanarak bitkilerin farklı

koşullarda nasıl reaksiyon gösterdiğine de baktı. Bitkilerin atmosferi, yani o zamanki adıyla “hava-yı” nasıl kullandığını gördü. (1727 tarihli *Vegetable Statics* kitabında daha sonraki fotosentez keşfinin temellerini attı. Bitkiler güneş ışığını enerji kaynağı olarak kullanır; karbondioksit ve suyu şeker ve nişastaya dönüştürebilir ve dışarıya oksijen “solur”. Bu, gezegenimizdeki en temel süreçlerden biridir. Ama biraz ileri gittik çünkü bu aşamada henüz hiç kimse oksijen nedir bilmiyordu.)

6. Bölümde geçen *pneuma* sözcüğünü [Antik Yunancada hem ruh hem hava anlamına gelen sözcük] hatırlıyor musunuz? Bu kökten gelen “pnömatik” sözcüğü “havayla ilişkili” anlamına gelir ve pnömatik kimya, yani havaların kimyası, 18. yüzyılda en önemli bilim alanlarından biriydi. (Burada “hava-lar” sözcüğünün çoğul olduğuna dikkat edin.) Pnömatik kimya 1730’lardan itibaren ortaya çıktı. Bu gelişme, daha eski “hava” kavramının yerine artık çeşitli türden gazlardan oluşan çok daha dinamik bir hava fikrinin benimsenmesinden ibaret değildi. Bilim insanları doğru koşullar altında birçok maddenin gaz halinde var olabileceğini veya gaza dönüştürülebileceğini de keşfetti.

Stephen Hales, su banyosuyla ve hem hayvanların hem de bitkilerin havaya ihtiyacı olduğunu göstermesiyle yolu açtı. Bu “hava” aslında bir şey yakıldığı zaman salınan bir gazdı. İskoçyalı doktor ve kimyacı Joseph Black (1728-99) “sabit hava” adını verdiği bu “havayı” topladı ve sadece sabit havayla dolu bir yere konduğunda bitkilerin bunu kullanıp yaşamaya devam ettiğini ama hayvanların hayatta

kalamadığını gösterdi. Hayvanların soluk alıp verirken başka bir şeye ihtiyacı vardı. Black'in "sabit havasına" günümüzde karbondioksit (CO_2) adını veriyoruz; bunun bitkiler ve hayvanların yaşam döngülerinin vazgeçilmez bir parçası olduğunu biliyoruz. (Bu aynı zamanda küresel ısınmaya yol açan "sera etkisinin" başlıca nedeni olan "sera gazıdır").

Toplumdan izole bir biçimde yaşayan aristokrat Henry Cavendish (1731-1810) günlerini Londra'daki evinde kurduğu özel laboratuvarında deneyler ve ölçümler yaparak geçirdi. Sabit hava hakkında daha çok şey keşfetti ve ayrıca sıradan havanın varlığında ateşlendiği zaman patlayan çok hafif bir hava daha toplamayı başardı. Buna "yanıcı hava" adını verdi. Günümüzde hidrojen adını verdiğimiz bu yanıcı hava patladığı zaman berrak bir sıvı ortaya çıkıyordu ve bu sıvı da suyun ta kendisiydi! Cavendish nitrojen gibi başka gazlarla da çalıştı.

Pnömatik kimya araştırmalarında hiç kimse Joseph Priestley (1733-1804) kadar başarılı olmadı. Bir din adamı olan Priestley dikkate değerdi ve din, eğitim, siyaset ve elektriğin tarihçesi üzerine kitaplar yazdı. İsa'nın Tanrı'nın oğlu değil, sadece çok büyük bir öğretmen olduğuna inanan Protestan gruba katılarak Üniteryen oldu. Aynı zamanda doğadaki her şeyin maddenin reaksiyonlarıyla açıklanabileceğini savunan materyalist öğretiyi de benimsedi. Buna göre "tin" veya "ruh"a hiçbir ihtiyaç yoktu. Desteklemiş olduğu Fransız Devriminin ilk günlerinde, Birmingham'daki evi özgürlükçü dini ve sosyal görüşlerin İngiltere'de de bir devrime yol açabileceğinden korkan kişiler tarafından kundak-

landı. Priestley, Amerika Birleşik Devletleri'ne göç ederek hayatının geri kalan on yılını orada geçirdi.

Priestley çok yoğun çalışan bir kimyacıydı. Sabit havayı kullanarak soda üretti. Bir dahaki sefere soda içerken onu hatırlayın. Priestley birçok yeni gaz tanımladı ve tüm pnömatik kimyacılar gibi o da bir şeyler yakıldığında nelerin gerçekleştiğini merak etti. Yanmada havanın rol oynadığını ve bizi çevreleyen "olağan" havadan daha da yakıcı olan bir tür "hava", yani gaz olduğunu da biliyordu. Bu "havayı" bizim cıva oksit adıyla bildiğimiz bir maddeyi ısıtarak ve gazı bir su banyosunda toplayarak elde etmişti. Bitkilerin sabit havada yaşayabilmesi gibi, hayvanların da bu havada yaşayabildiğini gösterdi. Priestley'nin yeni "havası" özel bir şeydi: aslında birçok kimyasal reaksiyonun yanı sıra solunum ve yanma sırasında da bu prensip geçerliymiş gibi görünüyordu. Priestley bütün bunların "flojiston" adında bir maddeyle açıklanabileceğini düşündü: Buna göre yanabilen her şey yanma sırasında flojiston salıyordu ve etraftaki hava flojistona doyduğunda ateş sönüyordu.

Birçok kimyacı yanma sırasında nelerin gerçekleştiğini ve kapalı bir kap içine konan şeylerin neden bazı "havaların" etkisiyle bir süre yandıktan sonra söndüğünü açıklarken bu flojiston kavramını kullandı. Bir miktar kurşun yakın. Geriye kalanlar ilk baştaki kurşundan daha ağırdır. Bu, kurşunun içinde bulunan ve yanma sırasında açığa çıkan flojistonun negatif bir ağırlığa sahip olduğunu akla getiriyordu. Bir başka deyişle, flojiston onu içeren şeyleri, içermeyenlere oranla daha hafif kılıyordu.

Birçok şey yakıldığında, toplanması ve tartılması zor olan gazlar yayılır. Örneğin ince bir dal yaktığınızda kolayca görülebilecek olan ürün –yani kül–daldan çok daha hafiftir. Ama toplam ağırlığı elde etmek için yayılan gazların toplanması, tartılması ve eklenmesi gerekir.

Priestley'nin şemasında flojiston, bizim bugün oksijen adını verdiğimiz şeyin yerine geçiyordu ama neredeyse oksijenin tam tersi özelliklere sahipti! Priestley'ye göre yanan şeyler flojiston kaybedip hafifler ama artık onların oksijenle birleştiğini ve bu gerçekleştiğinde de ağırlaştığını biliyoruz. Kapalı bir kabın içinde yanan mumun bir süre sonra sönmesi veya sıradan havayla dolu kapalı bir kabın içinde tutulan bir fare veya kuşun bir süre kapalı kaldıktan sonra ölmesi, Priestley'ye göre havanın flojistona doymasından kaynaklanıyordu ama artık bunların oksijen tükendiği için gerçekleştiğini biliyoruz. Bu bize çok dikkatli gözlemler gerçekleştirip çok hassas ölçümler yapılsa da sonuçların çok farklı şekillerde açıklanabileceğini hatırlatır.

Oksijene adını veren kişi, günümüzde halen modern kimyanın “babası” olarak bilinir. Antoine-Lavoisier (1743-94) Fransız Devriminde vahşice bir ölüme kurban gitti. Tutuklandı, yargılandı ve giyotinle idam edildi; bunun nedeni bir kimyacı olması değildi, vergi toplayan bir “mültezim” olmasıydı. Devrim öncesi Fransa'da zenginler devlete ödedikleri ücret karşılığında vergi toplama yetkisini satın alıyordu ve topladıkları vergiler onlara kalıyordu. Yozlaşmış bir sistemdi ama Lavoisier'in yetkisini kötüye kullandığına dair hiçbir kanıt yok-

tur. Tam tersine Devrimden önce zamanının büyük bir bölümünü devlet adına önemli bilimsel ve teknik araştırmalar yürüterek geçirmişti. İmalat ve tarımla ilgili birçok önemli meseleyi araştırmıştı. Ama bir aristokrattı ve aristokrasi Devrim liderlerinin nefretinin hedefindeydi. Lavoisier de bunun bedelini ödedi.

Priestley, Cavendish ve diğer pnömatik kimyacılar gibi Lavoisier de tutkulu bir deneyciydi ve karısı da ona yardım etti. Aslında Madam Lavoisier bilimde önemli bir figürdü. Marie-Anne Pierrette Paulze (1758-1836) yalnızca 14 yaşındayken Lavoisier'le evlenmişti (Lavoisier o tarihte 28 yaşındaydı). Laboratuvarında birlikte çalıştılar, deneyler gerçekleştirdiler, ölçümler yaptılar ve sonuçları kaydettiler. Madam Lavoisier aynı zamanda büyüleyici bir ev sahibesiydi. Konuk ettikleri eğitilmiş erkek ve kadınlarla bilim ve teknolojiadaki en son gelişmeleri tartıştılar. Onları mutlu bir evlilikti. Gerçek hayat arkadaşlarıydılar.

Lavoisier öğrenciyken bilime âşık olmuştu. Keskin zihni ve bilim tutkusu, erken yaşta kendini göstermişti. O tarihlerde kimya eğitimi alan çoğu öğrenci gibi flojiston anlayışıyla yetişmişti ama sayısız mantıksal ve deneysel kusurla karşılaşmıştı. Mümkün olabilecek en iyi ekipmanı kullanmaya kararlıydı. Karısıyla birlikte yeni laboratuvar ekipmanları tasarladı. Her zaman kimya deneylerindeki ölçümlerin doğruluğunu artırmayı amaçladı. Deneylerindeki maddelerin ağırlığını ölçmek için çok hassas teraziler kullandı. Çok çeşitli deneyler gerçekleştirdikten sonra bir şey yandığında, ortaya

çıkan tüm ürünlerin toplam ağırlığının arttığına kanaat getirdi. Bu, yanmanın ürettiği gazları toplayıp tartmayı da gerektiriyordu.

Lavoisier insanlar (ve hayvanlar) nefes alıp verirken nelerin gerçekleştiğini de araştırmaya devam etti. Bu deneyler sonucunda hem yanma hem de solunum sırasında flojiston gibi bir tür maddeye değil, bir tek gerçek elemente ihtiyaç duyulduğu sonucuna vardı. Bu element görünüşe göre asitlerin oluşumu için de gerekliydi. Asit ve alkalilerin (daha sonraki adıyla “bazların”) kimyasal reaksiyonları, kimyacıları uzunca bir süre merakta bırakmıştı. Robert Boyle’un turnusol kâğıdı buluşunu hatırlıyor musunuz? Lavoisier bu araştırma çizgisini devam ettirdi. “Asit oluşturunca” anlamına gelen oksijenin asitlerde çok önemli olduğuna ve asitlerin bu elementi her zaman içerdiğine inandı. Günümüzde bunun doğru olmadığını biliyoruz; en güçlü asitlerden biri olan hidroklorik asit, hidrojen ve klor içerir ama oksijen içermez. Yine de Lavoisier’in oksijen hakkında söylediği şeylerin büyük bir kısmı, bugünkü bilgilerimizin bir parçasıdır. Yanma veya nefes alıp verme için bu elemente ihtiyaç duyulduğunu ve birbirinden çok farklı gibi görünen bu iki işlemin birçok ortak noktasının bulunduğunu biliyoruz. Oksijeni şekerleri ve yediğimiz diğer şeyleri “yakmak” veya işlemek için kullanırız ve böylelikle günlük fonksiyonlarımızı yerine getirmek için vücudumuza enerji sağlarız.

Lavoisier çifti, 1780’lerde kimya deneylerine devam etti ve Lavoisier 1789’da Fransız Devriminin arifesinde en meşhur kitabını yayımladı: *Kimyanın*

Temelleri, adına uygun bir biçimde kimyanın temellerini attı. Bu konudaki ilk modern ders kitabıydı, deneyler ve ekipmanlar hakkında bilgilerle doluydu ve yazarının kimyasal elementin doğası hakkındaki düşüncelerini içeriyordu. Günümüzde kimyasal deneylerle daha fazla parçalanamayan maddelere *element* diyoruz. *Bileşik* ise doğru deneyle parçalanabilecek olan element kombinasyonudur. Örneğin su iki elementten (hidrojen ve oksijen) oluşan bir bileşiktir. Bu ayrım, Lavoisier'in önemli kitabının merkezindeydi. Lavoisier'in element veya "basit madde" listesi, günümüzde kimyacıların kabul ettiği tüm elementleri içermiyordu; birçok element henüz keşfedilmemişti. Ayrıca ışık ve ısı gibi şaşırtıcı şeyleri içeriyordu. Ancak Lavoisier element ve bileşik arasındaki farkı anlamak için temel çerçeveyi yerleştirmiş oldu.

Lavoisier'in kimyanın dilinin net olması gerektiği yönündeki inancı da çok önemliydi. Lavoisier birçok meslektaşıyla birlikte kimya dilini düzeltti ve iyi bilim yapabilmek için kullanılan sözcüklerin net olması gerektiğini gösterdi. (Linnaeus da bunu desteklerdi.) Kimyacılar deney yaparken kullandıkları element ve bileşikler doğru adlandırmak zorundaydı; böylece dünyanın farklı yerlerindeki kimyacılar tam olarak aynı şeyle karşı karşıya olduklarını bilebilecekti. Lavoisier, "Yalnızca sözcükler aracılığıyla düşünürüz," diye yazdı. Lavoisier'den sonra kimyacılar gitgide ortak bir dil kullandı.

21. BÖLÜM



Maddenin Parçacıkları

Atomlar geçmişte çok kötü bir şöhrete sahipti. Antik Yunanların rastlantısal ve amaçsız bir evren anlayışındaki “atom” kavramını hatırlıyor musunuz? Peki günümüzde atomlardan oluşmak bize nasıl bu kadar doğal görünüyor?

Modern “atom” çok saygın bir Quaker¹ olan John Dalton’ın (1766-1844) parlak buluşuydu. Bir dokumacının oğlu olan Dalton, İngiltere’deki Göl Bölgesinde dünyaya geldi ve yakınlardaki iyi bir okula gitti. Özellikle matematik ve fende yetenekliydi ve görme engelli meşhur matematik öğretmeni onun bilimsel tutkularını teşvik etti. Dalton, tüm ürünlerin üretiminde fabrikaların ağırlık kazandığı Sanayi Devriminin başlarında büyüyen ve hızla gelişen Manchester’a yerleşti. Öğretim görevlisi ve özel öğ-

¹ Protestan tarikatı üyesi –çn.

retmen olarak çalıştı. Renk körlüğü hakkında konuşmalar yapan ilk kişiydi. Kendisi de renk körüydü. Uzun yıllar boyunca renk körlüğü "Daltonizm" adıyla anıldı. Renk körü olan birini tanıyorsanız büyük olasılıkla erkektir çünkü kadınlar nadiren renk körü olur.

Dalton, Manchester Edebiyat ve Felsefe Derneğinde kendini evinde hissetti. Derneğin aktif üyeleri, hiç evlenmeyen bu utangaç adam için bir tür geniş aile haline geldi. Manchester'daki dernek, 18. yüzyılın sonlarında Avrupa ve Kuzey Amerika'nın dört bir yanındaki kentlerde kurulan birçok dernekten sadece biriydi. Bir "elektrikçi" olan Benjamin Franklin, Philadelphia'daki Amerikan Felsefe Derneğinin kurucularından biriydi. "Doğa felsefesi" elbette bugün "bilim" dediğimiz şeydi. Manchester'daki derneğin adında yer alan "Edebiyat" sözcüğü, bize bilimin diğer entelektüel etkinlik alanlarından henüz ayrılmamış olduğunu hatırlatır; üyeler Shakespeare'in oyunlarından arkeoloji ve kimyaya kadar her türlü konuda konuşmak için bir araya geliyordu. Kimyacıların çoğunlukla diğer kimyacılarla veya fizikçilerin sadece diğer fizikçilerle konuştuğu uzmanlaşma çağına daha vardı. Bu kadar geniş bir yelpaze heyecan vericiydi!

Dalton, Manchester'daki bilimsel hayatın parlak lideriydi. Çalışmaları aşama aşama Avrupa ve Kuzey Amerika'da takdir gördü. Kimya alanında bazı önemli deneyler yaptı ama şöhretini kimyasal atom fikrine borçluydu. Daha önceki kimyacılar, birbirleriyle etkileşime giren kimyasal maddelerin öngörülebilir bir biçimde etkileştiğini göstermişti. Hidrojen

içinde oksijen de bulunan olağan havada “yandığı” zaman ortaya daima su çıkar ve dikkatlice ölçüm yaparsanız, suyu oluşturmak için bir araya gelen iki gazın oranları her zaman aynıdır. (Bunu evde deneyemeyin çünkü hidrojen çok kolayca yanar ve patlayabilir.) Gazlar, sıvılar ve katılarla yapılan diğer kimya deneylerinde de aynı düzenlilik vardır. Neden?

Önceki yüzyıldaki Lavoisier’e göre elementler maddenin temel birimleriydi ve daha küçük parçalara ayrılamazdı. Dalton maddenin en küçük birimine “atom” adını verdi. Bir elementin atomlarının her zaman aynı olduğunu ama diğer elementlerin atomlarından farklı olduğunu savundu. Atomları çevreleri ısıyla çevrili son derece küçük ve katı parçalar olarak tasavvur etti. Atomların ve bir araya gelerek oluşturdukları bileşiklerin çeşitli hallerde var olabilmesini, çevrelerindeki ısıyla açıkladı. Örneğin hidrojen ve oksijen atomlarının (çevrelerindeki ısı düşünce) katı buz olarak, sıvı su olarak ya da (çevrelerindeki ısı artınca) su buharı olarak var olabildiğini söyledi.

Dalton, atomlarını temsil etmek için kartondan modeller yaptı. Kartonların üzerine bileşiklerin ve reaksiyonlarının adlarını yazarken yerden (ve zamandan) tasarruf etmek için (tıpkı modern bir kısa mesaj yazarmış gibi) simgeler kullandı. İlk başta bu sistem kolayca kullanılamayacak kadar tuhaf görünüyordu ama fikir doğrudu. Kimyacılar aşama aşama elementlerin simgesi olarak adlarının ilk harflerini (ve dolayısıyla Dalton’un atomlarını) kullanmaya başladı. Hidrojen “H”, oksijen “O” ve karbon “C” oldu. Bazen karışıklıkların önüne geçmek

için bir harf daha eklemek gerekti; örneğin daha sonradan keşfedilen helyumun simgesi H olamadığı için "He" oldu.

Dalton'un atom kuramının güzelliği, kimyacıların hiçbir zaman göremeyecekleri madde parçacıkları hakkında bilgi edinmesine imkân tanınmasıydı. Bir elementteki tüm atomlar aynıysa ağırlıklarının aynı olması gerekirdi. Kimyacılar bir atomun diğerlerine oranla ağırlığını ölçebilirdi. Farklı türden atomların bir araya gelmesinden oluşan bir bileşikte her atomun bağıl ağırlığı belirlenebilirdi. (Dalton bir tek atomun ağırlığını ölçememişti; bu nedenle atomik ağırlıklar yalnızca diğer atomların ağırlıklarıyla karşılaştırılabiliyordu.) Dalton yol gösterdi ama gösterdiği yol her zaman doğru değildi. Örneğin oksijen ve hidrojen su oluşturmak için bir araya geldiğinde, bir hidrojen atomuyla bir oksijen atomunun birleştiğini varsaydı. Dikkatli ölçümler gerçekleştirerek hidrojenin atomik ağırlığını 1 (hidrojen, bilinen en hafif elementti), oksijenin atomik ağırlığını 7 olarak belirledi ve ağırlık oranlarının 1'e 7 veya 1:7 olduğunu söyledi. Atomik ağırlıkları her zaman tam sayılara yuvarladı ve kullandığı karşılaştırmalı ağırlıklar onu haklı çıkardı. Aslında sudaki ağırlık oranı daha çok 1:8'dir. Ayrıca her su molekülünde iki hidrojen atomunun bulunduğunu bildiğimiz için atomik ağırlıkların oranı 1:16'dır; yani 1 hidrojene karşılık, 16 oksijen vardır. Oksijenin atomik ağırlığı 16'dır. Hidrojen, Dalton'un ona verdiği büyüklüğü korur: Hidrojenin atomik ağırlığı 1'dir. Hidrojen yalnızca en hafif atom değildir, aynı zamanda evrendeki en yaygın atomdur.

Dalton'un atom kuramı, elementlerin veya atomların belirli oranlarda birleştiğini göstererek kimyasal reaksiyonları anlamlandırdı. Hidrojenle oksijen suyu, karbonla oksijen karbondioksiti ve nitrojenle hidrojen amonyumu oluştururken bunu yapar. Bu düzenlilik ve tutarlılık, ölçüm aletlerinin gittikçe daha hassas hale gelmesiyle birlikte kimyayı 19. yüzyılın başındaki en ileri bilim kıldı. Dalton'un atom kuramı, bunun temelini attı.

Humphry Davy (1778-1829) bu kimyanın merkezindeki isimdi. Dalton sessiz biriyken Davy gösterişli ve sosyal olarak hırslı biriydi. Dalton gibi o da işçi sınıfı kökenliydi ve doğduğu yer olan Cornwall'da iyi bir okula gitti. O da şanslıydı. Yakınlardaki bir doktorun yanında çalışmaya başladı. Doktor, Davy'yi aile doktoru olabilmesi için eğitmek istedi. Ancak doktorun ödünç verdiği kitapları kendini kimya (ve yabancı diller) alanında eğitmek için kullandı. Bristol kentine taşınarak hastaları tedavi etmek için farklı gazlar kullanan özel bir tıp kurumunda asistan oldu. Oradayken "nitroz oksit" gazıyla deneyler yaptı. Soluyan insanın gülmesine neden olduğu için bu gazı "gülme gazı" deniyordu. Davy'nin 1800 yılında yayımlanan gazlar hakkındaki kitabı sansasyon yarattı; nitroz oksit "eğlence amaçlı uyuşturucu" haline geldi ve nitroz oksit partileri popüler oldu. Davy gazı soluyan kişinin hiç acı hissetmediğini de belirtti ve bunun tıpta faydalı olabileceğini ileri sürdü. Doktorların bu öneriyi benimsemesi kırk yıl aldı. Gaz günümüzde halen modern diş hekimliğinde ve tıpta anestezi yöntemi olarak kullanılmaya devam eder.

Davy'nin hırslarını sadece büyük şehir Londra tatmin edebilirdi. Bilimi orta sınıf halka taşıyan bir organizasyon olan Kraliyet Kurumunda kimya dersleri verme şansı buldu. Şovmen Davy orada kendini gösterdi. Kimya konusundaki konuşmaları büyük kalabalıkları çekti. İnsanlar onun derslerine genellikle öğrenmek kadar eğlenmek için de geliyordu. Davy, Kraliyet Kurumunda öğretim görevlisi oldu ve araştırmaları zenginleşti. Diğer kimyacılarla birlikte ilk batarya olan Volta'nın elektrik "pilinin" kimyasal kullanımını keşfetti. Sıvıların içinde çözünmüş bileşiklere pil yardımıyla elektrik akımı verdi ve çözeltide nelerin olduğunu analiz etti. Birçok çözeltide elementlerin ve bileşiklerin, pilin negatif veya pozitif uçlarına (yani kutuplara) çekildiğini gözlemledi. Davy bu yolla birçok yeni element tanımladı. Negatif kutupta biriken sodyum ve potasyum bunların arasındaydı. Sodyum, deniz tuzunu üreten soydum klorür bileşenin parçasıdır. Sofralarımızda bu tuzu kullanırız. Davy yeni elementleri keşfettikten sonra onlarla deneyler yapıp bağıl atom ağırlıklarını hesaplayabildi.

Volta pili, pozitif ve negatif kutbuyla kimyacıların atomlar ve kimyasal bileşikler hakkındaki düşüncelerini değiştirdi. Pozitif yüklü olanlar negatif kutba yönelirken negatif yüklü olanlar pozitif kutba yöneliyordu. Bu, elementlerin birbirleriyle birleşmek için doğal bir eğilime sahip olmasını da açıklıyordu. İsveçli kimyacı Jöns Jacob Berzelius (1779-1848) meşhur "kombinasyon" teorisinde bu olguyu merkeze yerleştirdi. Berzelius zor bir

çocukluk geçirmişti. Küçük yaşta annesini ve babasını kaybetmişti ve çeşitli akrabaları tarafından büyütülmüştü. Ama Avrupa'daki en etkili kimyacı-lardan biri oldu. Doktorluk eğitimi alırken kimya-sal araştırmaların mutluluğunu keşfetti ve yaşadığı yer olan İsveç'in başkenti Stockholm'da kimyacı olarak çalışma fırsatı buldu. Bir kimyacı için heyecan verici yerler olan Paris ve Londra başta olmak üzere birçok yere seyahat etti.

Davy gibi Berzelius da çözeltideki bileşikleri incelemek için Volta pilini kullandı. Bu şekilde birçok yeni element keşfetti ve atom ağırlıklarını daha da hassas bir biçimde ölçerek yeni listeler yayımladı. Yeni bileşikleri oluşturmak için birleşen maddelerin bağıl ağırlıklarını dikkatlice analiz ederek veya bileşikleri parçalayıp ortaya çıkan ürünleri dikkatle ölçerek bağıl ağırlıkları tespit etti. 1818 yılında hazırladığı kimya tablosunda 45 elementin atom ağırlığı vardı ve hidrojen halen 1'di. Ayrıca iki binden fazla bileşiğin dökümünü yaptı. Dalton'un elementleri adlarının bir veya iki harfiyle gösterme yöntemini popüler hale getiren Berzelius'tu: karbon için C, kalsiyum için CA vb. Bu, kimyasal reaksiyonların dilini çok daha kolay okuyabilmeyi sağladı. Berzelius bileşiklerde bir elementin birden çok atomu bulunuyorsa bunu da rakamla belirtti. Atomların sayısını elementin simgesinin üstüne yerleştirdi ama bilim insanları günümüzde elementin simgesinin altına yerleştirmeyi tercih ediyor: Örneğin O_2 , iki oksijen atomu anlamına gelir. Bunun dışında Berzelius kimya formüllerini bugün yazdığımız gibi yazmıştı.

Berzelius, inorganik bileşiklerde organik olanlara oranla çok daha başarılıydı. "Organik" bileşikler karbon içerir ve canlılarla ilişkilidir. Şeker ve protein bunun iki örneğidir. Organik bileşikler genellikle inorganiklerden kimyasal olarak daha karmaşıktır ve Berzelius'un çoğunlukla incelediği asit, tuz ve minerallerden çok farklı şekillerde reaksiyon gösterme eğilimindedir. Berzelius, vücudumuzda (ya da ağaçlar veya inekler gibi diğer canlılarda) gerçekleşen reaksiyonların laboratuvarında gerçekleşen reaksiyonlarla aynı şekilde açıklanamayacağını düşündü. Organik kimya, Berzelius'un hayatta olduğu dönemde Fransa ve Almanya'da geliştirildi. Berzelius kendini onlardan ayrı tutsa da araştırmalarına katkıda bulundu. İlk olarak organik bileşiklerin en önemli türlerinden birini tanımlamak için "protein" sözcüğünü kullandı. İkinci olarak, birçok kimyasal reaksiyonun üçüncü bir madde bulunmadıkça gerçekleşmediğini fark etti. Berzelius bu üçüncü maddeye "katalizör" adını verdi. Katalizör genellikle hızlandırmak suretiyle reaksiyonu kolaylaştırır ama reaksiyon sırasında birleşen veya parçalanan diğer kimyasalların aksine hiç değişmez. Katalizörler doğada bulunur ve onların nasıl etki gösterdiğini anlamak, Berzelius'un zamanından beri birçok kimyacının amacı olmuştur.

Avrupa'nın başka yerlerinde de "atomlar" kimyacıların çalışmalarını daha iyi anlamalarına yardımcı oldu. Ancak çözölmeyi bekleyen birçok muamma vardı. 1811'de fizikçi Amedeo Avogadro (1776-1856) cesur bir çıkış yaptı. Öylesine cesurdu ki kimyacılar tarafından neredeyse kırk yıl görmezden gelindi.

Avogadro, sabit bir hacimde ve aynı sıcaklıkta gazların parçacık sayısının her zaman aynı olduğunu ilan etti. Daha sonradan anılacağı adla "Avogadro hipotezi" önemli sonuçlar doğurdu. Gazların molekül ağırlıklarının doğrudan hesaplanabileceği anlamına geliyordu. Bunun için Avogadro'nun geliştirdiği formülü kullanmak yeterliydi. Avogadro'nun fikir veya hipotezleri, Dalton'un atom kuramına da şekil verdi; en çok incelenen gazlardan birinin merak uyandıran bir özelliğini açıkladı. Kimyacılar su buharı üzerine çok kafa yormuştu: Su molekülünü oluşturmak için bir hidrojen atomuyla bir oksijen atomu birleşiyorsa, belirli miktardaki su buharında hidrojen ve oksijenin hacmi neden yarıya çıkıyordu? Su buharında her oksijen atomuna karşılık iki hidrojen atomunun bulunduğu ortaya çıktı. Kimyacılar, birçok gazın doğada tekil atomlar şeklinde değil, iki veya daha fazla atomun birleşmesinden oluşan moleküller şeklinde var olduğunu keşfetti. Hidrojen ve oksijen de bunların arasındaydı; örneğin H_2 ve O_2 şeklinde birleşiyordu.

Dalton'un atom kuramına inanıyorsanız ve Berzelius'un savunduğu gibi elementlerin atomlarının negatif ve pozitif özelliklere sahip olduğunu düşünüyorsanız, Avogadro'nun fikirleri mantıklı görünmez. İki negatif oksijen atomu nasıl birleşebilir? Bu problemler, Avogadro'nun çalışmasının uzun bir süre göz ardı edilmesine yol açtı. Ama çok sonraları, birçok kimya problemiyle örtüştü ve atom anlayışımızın temel bir parçası haline geldi. Bilim çoğu zaman böyledir: Bütün parçaların birbirine uyması zaman alır ve her şey anlam kazanmaya başlar.



Kuvvetler, Alanlar ve Manyetizma

Dalton'un atom kavramı, modern kimyanın ortaya çıkmasına katkıda bulundu ama atomlar konusunda başka bakış açıları da vardı. Öncelikle atomlar bileşik üretmek için birleşmekten çok daha fazlasını yapabilir. Atomlar sadece kimyasal reaksiyonlara girmez. Hem Davy hem de Berzelius bir çözeltiye elektrik verildiğinde içindeki atomların pozitif veya negatif kutuplara çekilebileceği olgusunu akıllıca kullanmıştı: Atomlar "elektriğin" de bir parçasıydı. Deniz suyu çözeltisinde, neden sodyum negatif kutba giderken klorür pozitif kutba gider?

Bu tür sorular, 19. yüzyılın başlarında hararetli tartışmalara konu oldu. Önde gelen araştırmacılarından biri Michael Faraday'dı (1791-1867). Faraday çok sıradışı bir adamdı. Sıradan bir ailenin çocuğu

olarak dünyaya gelmiş ve sadece temel eğitim almıştı. Çocukluğunu ciltleme işini öğrenerek geçirmişti ama bilimi keşfetmişti ve boş zamanlarını eline geçen her şeyi okuyarak değerlendirmişti. Kimya konusundaki popüler bir çocuk kitabı, Faraday'ın hayal gücünü ateşlemişti ve çalıştığı ciltçideki bir müşteri, Kraliyet Kurumunda Humphry Davy'nin yapacağı konuşmalardan birine gidebilmesi için ona bilet hediye etmişti. Faraday konuşmayı heyecan içinde dinledi ve düzgün el yazısıyla dikkatli bir şekilde notlar aldı. Büyük bir hevesle notlarını gösterdiğinde Davy onun titizliğinden çok etkilendi ama bilimde hiç iş olmadığını, geçimini sağlamak için ciltçiliğin daha iyi bir meslek olduğunu söyleyerek nasihatte bulundu.

Ancak kısa bir süre sonra Kraliyet Kurumunda bir laboratuvar asistanı işten atıldı ve Davy bu iş için Faraday'ı önerdi. Faraday hayatı boyunca orada kaldı ve çalıştığı kurumun itibar sahibi, kazançlı bir yer olmasına katkıda bulundu. Kurumdaki ilk günlerini Davy için kimya problemleri çözerek geçirdi. Laboratuvarda kendini geliştirdi ama daha genel bilimsel problemler hakkında okumayı da sürdürdü. Özel bir Protestan grubun dindar bir üyesiydi; Kilisesinde uzun saatler geçiriyordu ve dini inançları bilimsel araştırmalarına da yön veriyordu. Basitçe ifade etmek gerekirse; Faraday'a göre Tanrı, evreni olduğu gibi yaratmıştı ama insanlar da her şeyin birbirine nasıl uyduğunu anlayabilirdi.

Faraday çok geçmeden Kraliyet Kurumuna katıldı. Davy ve yeni karısı, Avrupa turuna çıkınca

Faraday'ı da yanlarına aldılar. Davy'nin aristokrat karısı, Faraday'a hizmetkârmış gibi davrandı ama 18 aylık Avrupa turu Faraday'ın önde gelen bilimsel figürlerin birçoğuyla tanışmasına imkân sağladı. Faraday ve Davy, Londra'ya döndükten sonra birçok pratik problem üzerine çalışmaya devam etti: Madenlerdeki patlamaların nedeni neydi? Gemilerin bakır gövdeleri nasıl iyileştirilebilirdi? Camın optik karakteristikleri neydi? Davy bilim politikasına gitgide ilgi duydukça, Faraday da kendi başına hareket etmeye başladı ve bütün dikkatini elektrik ve manyetizma arasındaki ilişkiye yöneltti.

1820'de Danimarkalı fizikçi Hans Christian Oersted (1777-1851) elektromanyetizmayı keşfetti: Elektrik akımını manipüle ederek manyetik bir "alan" oluşturmak mümkündü. Manyetizma uzunca bir süredir biliniyordu ve demir iğnesi her zaman kuzeyi gösteren pusula halen faydalıdır. Denizciler, Columbus Amerika'yı keşfetmeden çok önce pusula kullanmıştı ve doğa filozofları neden sadece birkaç maddenin (örneğin demirin) manyetize edilebildiği üzerine kafa yormuştu. Çoğu şey manyetize edilemiyordu. Öte yandan pusulaların her zaman aynı yönü işaret etmesi, dünyanın kendisinin dev bir mıknatıs vazifesi üstlendiği anlamına geliyordu.

Oersted'in elektromanyetizması, bilim dünyasında büyük yankı uyandırdı ve Faraday da sessiz kalmadı. 1821 yılının Eylül ayında bilim tarihindeki en meşhur deneylerden birini gerçekleştirdi. Küçük bir manyetik iğneyle çalıştı; bu küçük iğnenin çevresinde elektrik akımı taşıyan teller varsa dönmeye devam ettiğini gördü. Sarmal teller elektrik

akışı sağladığında, iğnenin sürekli dönmesine yol açan manyetik bir alan oluştu. Bu, Faraday'ın ifadesiyle "kuvvet çizgilerinin" sonucuydu. Faraday ilk kez gerçekleştirmiş olduğu şeyin önemini fark etti. Elektrik enerjisini (elektriği) mekanik enerjiye (dönen iğnenin hareketi veya gücü) dönüştürmüştü. Bütün elektrikli motorlarımızın prensibini keşfetmişti. Elektrikli motorlar çamaşır makinelerinde, CD çalarlarda veya elektrikli süpürgelerde elektriği güce dönüştürür.

Faraday sonraki otuz yıl boyunca elektrik ve manyetizmayla çalışmaya devam etti. Gelmiş geçmiş en yetenekli deneycilerden biriydi. Çalışmalarını düşünceli bir biçimde planladı ve dikkatle uyguladı. Kendini geliştirdiği alanlar arasında matematik yoktu; bu nedenle bilimsel makaleleri laboratuvar notları gibiydi. Ekipmanlarını, yaptıklarını ve gözlemlediklerini detaylı bir biçimde anlattı. Faraday'ın çalışmaları, elektrik yükünün kimyasal reaksiyonlarda oynadığı rolün anlaşılmasına da yardımcı oldu. 1830'ların başında Faraday icatlarına elektrik jeneratörü ve elektrik transformatörünü ekledi. Doğal mıknatısı sarmal bir telin içine ve dışına hareket ettirerek elektrik akımı elde etti ve elektrik jeneratörünü üretti. Demir bir halkanın etrafına sardığı tele elektrik akımı verdiğinde halkanın diğer tarafına sardığı telde kısa süreli bir elektrik akımı olduğunu gördü; elektrik transformatörünü bu şekilde üretti. Faraday yaptığı deneylerin kaba olduğunu biliyordu ama aynı zamanda çok önemli olduğunu da farkındaydı. Elektrik ve manyetizma arasındaki ilişki ve elektrik enerjisinin

mekanik enerjiye dönüştürülmesi, kelimenin gerçek anlamıyla modern dünyamıza yön verdi.

Faraday geniş bir yelpazeye yayılan bilimsel merakını korudu. Bilimsel komitelere üye olmak ve Kraliyet Kurumunda görevler üstlenmek için bolca zaman ayırdı. Kurumun bugün halen çok popüler olan ve televizyondan da izlenebilen Noel Konferanslarını başlattı. Ama elektrik ve manyetizma onun asıl aşkı olmayı sürdürdü. Faraday'ın tutkusuna, bize yeni bir kelime dağarcığı ve birçok faydalı uygulama bıraktı. Faraday kendi icatlarıyla ilgili şakalar bile yaptı. Kendisine elektriğin pratik değerinin ne olduğunu soran bir siyasetçiye "Yakında bunu vergilendirme olasılığınızı çok yüksek görüyorum, bayım!" diye yanıt verdiği rivayet edilir.

Atlantik Okyanusu'nun diğer kıyısında, elektrik ve manyetizmaya duyulan büyük ilgi dünyayı değiştiren bir diğer sonuç doğurdu: Telgraf. 1800'lerin başında elektrik telleriyle sinyal gönderimi başlamıştı ama Amerikalı Samuel Morse (1792-1872) ilk uzun mesafeli telgrafı geliştirdi. 1844 yılında kendi adını taşıyan Mors alfabesini kullanarak Washington DC'den Baltimore'a 60 kilometreyi aşan bir hatla mesaj gönderdi. Telgraf iletişimi tüm dünyada hızla gelişti ve İngilizler uçsuz bucaksız imparatorluklarında haberleşmek için bunu kullandı. İnsanlar birbirleriyle hızla iletişim kurabildi ve haberler kısa süre içinde aktarılabilirdi.

Faraday, elektrik ve manyetizmanın bu şaşırtıcı özelliklere neden sahip olduğunu açıklarken "alan" fikrini ortaya attı. Alanlar (etki alanları) daha önce de kimyasal reaksiyonlar, elektrik, manyetizma, ışık

ve yerçekiminin gizemlerini açıklamaya çalışan bilim insanları tarafından kullanılmıştı. Bu gibi şeylerin belirli bir uzay veya alanda gerçekleştiği düşünülmüştü; bu, oyunların belirli bir kort, saha veya alanda oynanması gibiydi. Faraday elektrik ve manyetizmayı açıklarken alan fikrini merkeze yerleştirdi. Elektrik, ışık veya manyetizmanın tam anlamıyla ne olduğu hakkında çok fazla kafa yormak yerine etki alanlarını ölçmenin önem taşıdığını savundu. Bir elektrik alanının kuvvetini deneylerde gösterebilmek mümkündü.

Faraday yerçekimi gibi bir kuvvetin, boşlukta etki gösterebileceğine inanmadı. Mutlak boşluk diye bir şeyin olmadığını varsayarak bunun üstesinden geldi. Uzayın "eter" adında çok rafine bir maddeyle dolu olduğunu ileri sürdü. Anestezilerde kullanılan eter gazıyla hiçbir ilgisi olmayan bu "eter", fizikçi ve kimyacıların birçok şeyi doğrudan etkiyle açıklamasına imkân tanıdı. Faraday'a göre elektrik akımları veya mıknatısların etrafındaki alanlar, eteri oluşturan çok rafine maddenin bu akım veya mıknatıstan etkilenmesi sonucunda ortaya çıkıyordu. Yerçekimini bu şekilde açıklamak daha da kolaydı. Aksi halde geçmişteki simyacıların büyüğü güçleri gibi tuhaf, esrarengiz bir kuvvet olurdu ve bu da Faraday gibi modern kişilerin inanmadığı bir şeydi. Eter görebileceğiniz veya dokunabileceğiniz bir şey değildi ama fizikçilerin deney sonuçlarını açıklamaya yarıyordu. Britanya'da eter fikri 1900'lerin başına kadar kullanılmaya devam etti; bu tarihlerde gerçekleştirilen deneyler eterin aslında var olmadığını gösterdi.

Faraday'ın kuvvetler üzerindeki birçok çalışmasının daha faydalı olduğu anlaşıldı. Fizikçiler daha sonra bu çalışmalarını genişletti ve elektrik, manyetizma ve fiziksel dünya keşfedildikçe ortaya çıkan daha birçok fenomenin daha iyi matematiksel açıklamalarını sundu. Faraday matematiği kullanmayan son büyük fizikçiydi.

Faraday'ın mirasından gerçek anlamda faydalanan kişi, yeni matematikçi-fizikçi kuşağının bir üyesi olan James Clerk Maxwell'di (1831-79). Maxwell çoğu zaman Newton ve Einstein'la beraber anılır. Tüm zamanların en yaratıcı fizikçilerinden biri olduğuna şüphe yoktur. Maxwell, Edinburgh'da dünyaya geldi ve Cambridge Üniversitesine gidene dek orada eğitim aldı. Üniversitenin ardından kısa bir süreliğine İskoçya'ya dönerek dersler verdi ama 1860'ta Londra'daki King's College'a gitti. En üretken yıllarından bazılarını orada geçirdi. Satürn gezegeninin halkalarını zaten açıklamıştı ama Londra'da renk kuramı geliştirdi ve ilk renkli fotoğrafı çekti. Elektrik ve manyetizmaya her zaman ilgi duymuştu ve bu iki konunun daha da iç içe geçmesini sağladı. Maxwell'den sonra fizikçiler elektromanyetizmayı açıklamak için matematiği kullanabildi. Maxwell, Faraday'ın alan fikirlerini açıklamak için matematiksel araçlar ve denklemler geliştirdi. Maxwell'in denklemleri, elektromanyetik alanların dalga benzeri özellikler taşıdığını gösterdi ve bu, fizikte çok önemli bir keşifti. Bu dalgalar ışık hızında hareket eder ve günümüzde güneşin ışık ve enerjisinin bize elektromanyetik dalgalar şeklinde ulaştığını biliyoruz. Maxwell bildiğimiz tüm dalga

aralığını öngörmüştü: radyo yayınlarına imkân tanıyan radyo dalgaları, mutfaklardaki mikro dalga fırınlar, gökkuşağının renklerinin üstündeki ve altındaki morötesi ve kızılötesi ışık dalgaları, röntgen ışınları ve gama dalgaları veya ışınları. Ancak Maxwell bunları öngörürken, söz konusu enerji türlerinin birçoğu henüz keşfedilmemişti. Dehasının kabul görmesinin zaman alması bu nedenle şaşırtıcı değildi. *Elektrik ve Manyetizma* kitabı (1873, *Treatise on Electricity and Magnetism*) Newton'ın "*Principia*" [*İlkeler*] kitabıyla 20. yüzyılda kaleme alınan kitaplar arasındaki dönemde büyük olasılıkla en önemli fizik kitabıdır.

Maxwell bu kitabı yazdığı tarihlerde, Cavendish Laboratuvarını kurmak için Cambridge'e gitti. Bu laboratuvar sonraki on yıllarda birçok önemli araştırmaya ev sahipliği yapacaktı. Maxwell genç yaşta öldü ama 48 yıllık ömrüne gazların nasıl davrandığı konusundaki temel araştırmayı da sığdırdı. Özel matematiksel istatistik teknikleri kullanarak, bir gazda her biri biraz farklı hızda ve farklı yönde hareket eden çok sayıda atomun farklı sıcaklık ve basınçlarda nasıl etki gösterdiğini açıklayabildi. Robert Boyle ve Robert Hooke'un yıllar önce gözlemlediği şeyi açıklamak için matematik araçlar sundu. Maxwell "geri besleme mekanizmaları" kavramını da geliştirdi: "Regülatör" adını verdiği bu süreçlerin döngüler halinde gerçekleşmesini açıkladı. Teknolojide, 20. yüzyılda yapay zekâda yaşanan gelişmelerde ve bilgisayarlarda bu geri besleme mekanizmaları çok önemlidir. Ayrıca kendi bedenlerimizde de gerçekleşir. Örneğin çok sıcakladığımızda vücut

bunu hisseder ve terleriz. Ter buharlaşarak vücudumuzu serinletir. Ya da üşüdüğümüzde titreriz ve kaslarımızın titrerken kasılması sıcaklık üreterek bizi ısıtır. Bu geri besleme mekanizmaları sabit bir vücut ısınısını korumamızı sağlar.

Maxwell ince bir mizah anlayışına sahipti, çok dindardı ve dizginlerini elinde bulunduran eşine çok bağlıydı. Birlikte katıldıkları partilerde sık sık "James, yine kendi kendine eğlenmeye başladın; eve dönmenin vakti geldi," dediği anlatılır. Neyse ki Maxwell'in laboratuvarında eğlenmesinin önüne geçmemişti.

23. BÖLÜM



Dinozorları Kazıp Çıkarmak

Çok küçükken dinozorlarla ejderhaları birbirinden ayırt etmekte zorlanıyordum. Resimlerde genellikle birbirine çok benziyorlardı. Büyük dişleri, güçlü çeneleri, pullarla kaplı ciltleri ve kötü bakışlar fırlatan gözleri vardı. Bazen çevrelerindeki diğer yaratıklara saldırırken resmediliyorlardı. Hem dinozorlar hem de ejderhalar kesinlikle uzak durulması gereken türlerdi.

Ancak aralarında önemli bir fark vardı. Ejderhalar Yunan mitlerinde, İngiltere'deki Kral Arthur efsanelerinde, Çinlilerin yeni yıl kutlamalarında düzenlediği geçit törenlerinde ve insanlık tarihi boyunca birçok dramada karşımıza çıkar. Günümüzde yazılan öykülerde halen kendilerine yer bulabilecek kadar güçlüdürler. Ancak insanın hayal gücünün ürünüdürler. Ejderhalar hiçbir zaman var olmamıştır.

Halbuki dinozorlar bir zamanlar yaşamıştı. İnsanlar onları hiç görmemiş olsalar da çok uzun bir süre boyunca dünyada var olmuşlardı. Bundan yaklaşık 200 milyon yıl öncesiydi; onları biliyoruz çünkü kemikleri fosilleşerek bugünlere kadar ulaştı. 19. yüzyılın başlarında bu kemiklerin keşfi, bilim için önemli bir adımdı. İlk önce jeologlar, daha sonra sıradan insanlar dünyanın varsayılandan çok daha yaşlı olduğunu anlamaya başladı.

“Paleontoloji” sözcüğü, 1822 yılında Fransa’da fosil incelemelerini adlandırmak için türetildi. Fosiller bir zamanlar yaşayan ama öldükten sonra koşullar uygun olduğunda yavaş yavaş taşa dönüşen (fosilleşen) bitki ve hayvanların parçalarının ana hatlarıdır. Fosiller birçok müzede sergilenir ve fosilleri toplamak eğlencelidir. Ancak kolay ulaşabilecek olanlar zaten incelenmek ve sergilenmek üzere toplandığı için bugünlerde daha zordur. İngiltere’nin güney kıyısındaki Lyme Regis gibi bazı yerlerde sarp kayalıklar denizdeki dalgaların etkisiyle aşındıkça fosiller gün yüzüne çıkar.

İnsanlar binlerce yıldır fosillere rastlıyordu. “Fosil” sözcüğü aslen “kazıp çıkarılan her şey” anlamında kullanıldığı için eski sikkeler, çömlek parçaları veya güzel bir kuvars kaya da “fosil” olarak adlandırılıyordu. Ancak toprağa gömülü olan bu objelerin birçoğu hayvanların kabuk, diş veya kemiklerine benzer görünüyordu ve “fosil” sözcüğü zaman içinde sadece canlıların parçalarına benzeyen şeyler için kullanılmaya başlandı. Deniz canlılarının kabukları bazen denizden çok uzaklardaki dağların zirvesinde bulunuyordu. Taşlaşmış kemikler, dişler

ve kabuklar genellikle bilinen hayvanlarınkine benzemiyordu. 1600'lerde doğabilimciler buldukları şeylerin ne olduğunu düşünmeye başladığında, üç tür açıklama geliştirdi. İlk olarak, bazıları bu şekillerin doğadaki özel bir kuvvet tarafından üretildiğine inandı; bu özel kuvvet, yeni canlı türlerini yaratmaya çabalamış ama başaramamıştı. Bunlar yaşayan bitkiler ve hayvanlara benzerdi ama başarısız olmuşlardı. İkinci olarak, bazıları fosillerin henüz keşfedilmemiş bitki veya hayvan türlerinin kalıntıları olduğunu ileri sürdü. Dünyanın büyük bir kısmı henüz keşfedilmemiş olduğundan, bu canlılar dünyanın uzak köşelerinde veya denizlerde eninde sonunda bulunacaktı. Üçüncü grup, bu organizmaların bir zamanlar yaşayan ama artık nesli tükenen canlılar olduğunu söylemeye cesaret etti. Eğer bu doğruysa, dünyanın çoğu insanın düşündüğünden çok daha yaşlı olması gerekecekti.

"Fosil" sözcüğü 18. yüzyıldan sonra modern anlamına kavuştu ve bir zamanlar yaşamış olan bitki veya hayvanların taşlaşmış kalıntılarını kastetmek için kullanıldı. Bunun taşıdığı anlam, bilimsel düşünceye egemen olmaya başladı. Bazı hayvanların neslinin tükendiğine dünyayı ikna eden bilim insanı, bir Fransızdı: Georges Cuvier (1769-1832). Cuvier anatomide ve özellikle de farklı hayvan türlerinin anatomisini karşılaştırmakta çok iyiydi. Balıklara özel bir ilgisi vardı ama tüm hayvan krallığı hakkında engin bilgilere sahipti. Yüzlerce farklı hayvanı parçalayarak inceledi ve daha sonra vücutlarının farklı parçalarını karşılaştırıp bütün organlarının işlevini keşfetti. Hayvanların yaşayan makineler ol-

duğunu ileri sürdü; her parçalarının belli bir amacı vardı. Cuvier hayvan vücudundaki her şeyin birlikte çalıştığını da fark etti. Örneğin et yiyen hayvanlar keskin köpekdişlerine sahiptir ve bu sayede avlarının etini parçalayabilir. Avlarını yakalayıp etle beslenmek için uygun sindirim sistemine, kaslara ve ihtiyaç duydukları tüm diğer özelliklere sahiptirler. İnekler ve koyunlar gibi otla beslenen hayvanlarsa uçları düz olan dişlere sahiptir ve bu sayede ot ve samanları öğütebilir. Kemik yapısı ve kasları, koşup saldırmak yerine dolaşıp otlamaya uygundur.

Cuvier'in hayvanların harikulade bir yapıya sahip olduğu ve tüm parçalarının uyum içinde olduğu inancı, hayvanın sadece bir parçasına bakarak yapısı ve yaşam tarzı hakkında çok şey söyleyebilmesine imkân tanıdı. Örneğin bir köpekdişi bulursanız, o hayvanın etobur olduğunu söyleyebilirsiniz. Cuvier aynı prensipleri fosillere de uyguladı. Başka bir anatomistle birlikte Paris civarında bulunan fosilleri ayrıntılı bir biçimde inceledi. Fosillerin bölgede halen bulunabilen canlı hayvanlardaki parçaları anımsattığını keşfettiler. Ama birçok örnekte dişler ve kemiklerde küçük ama önemli farklar vardı. Sibirya'da tesadüf eseri büyük bir filin donmuş kanıtları bulundu. Cuvier "tüylü mamut" adı verilen bu türü inceledi ve bilinen fillerden farklı olduğunu gördü. Bu büyüklükteki bir hayvan ortalıkta dolaşıyor olsaydı kesinlikle dikkatlerden kaçmazdı. Dolaşısıyla nesli tükenmiş olmalıydı.

Doğabilimciler bazı hayvan (ve bitki) türlerinin artık neslinin tükendiği fikrini kabul ettikten sonra, gün yüzüne çıkarılan çok sayıda fosili daha kolay

yorumlayabildi. İngiltere’de iki beklenmedik kişinin yaptığı keşifler, tarihöncesi dünya anlayışının şekillenmesine yardımcı oldu. İlki, Mary Anning’di (1799-1847). Anning, İngiltere’nin güneyinde Lyme Regis bölgesinde yaşayan yoksul bir marangozun kızıydı. Günümüzde de denizin halen aşındırma-ya devam ettiği bu bölge, Mary’nin fosil avlaması için ideal bir yerdi. Küçük yaşta fosil avına çıkmaya başlamıştı çünkü iyi örnekleri bilim insanlarına ve koleksiyonculara satmak mümkündü. Bölgeyi iyi tanıyan Mary ve ağabeyi Joseph, fosil toplama ve satma işini geliştirdi. 1811 yılında garip bir yaratığın kafatasını ve ardından da birçok kemiğini buldular. Tahminen beş metre boyundaki yaratık, daha önce bulunan hiçbir şeye benzemiyordu. Oxford’da sergilendi ve çok geçmeden *Ichthyosaurus*, yani “balık-kertenkele” adını aldı; zira yüzgeçleri olduğu için suda yüzebiliyordu. Mary Anning daha birçok önemli fosil buldu. Dev bir kaplumbağayı andıran ama kabuğu olduğuna dair herhangi bir bulguya rastlanmayan fosil de bunların arasındaydı. O fosile *Plesiosaurus*, yani “neredeyse sürüngen” adı verildi. Bu keşifler Anning’e şöhret ve biraz da para getirdi. Ama fosil avcılığında zamanla rekabet kızıştı ve Mary Anning bu işle kendisinin ve ailesinin geçimini sağlamakta zorlandı.

Mary Anning çok az eğitim almıştı ve sattığı fosil bulguları üzerindeki kontrolünü kaybetti. Gideon Mantell (1790-1852) farklı türden problemlerle karşılaştı. Lewes, Sussex şehrinde –yine İngiltere’nin güneyinde– yaşayan bir aile hekimiydi ve yakınlardaki kireçtaşı kazılarında birçok fosile ulaş-

mıştı. Doktor olduğu için yeterli anatomi bilgisine sahipti ve fosilleri yorumlayabiliyordu. Ama fosil araştırmalarını, yoğun iş temposunun ve genişleyen ailesine ayırdığı zamanın arasına sıkıştırmak zorundaydı. Evini bir tür fosil müzesine dönüştürdü ki karısı bundan hiç hoşlanmadı. Fosil bulgularını bilim insanlarına sunmak için Londra'ya gitmek, yavaş ve maliyetli bir işti.

Bu problemlere rağmen Mantell pes etmedi ve birçok egzotik hayvanı ortaya çıkararak bunun ödülünü aldı. 1820'lerde daha önce görülmemiş türden dişler buldu ve bu dişlerin orijinal sahibine *Iguanodon*, yani "iguana gibi dişe sahip olan" (bir tür tropik kertenkele) adı verildi. Bazı hayranları, Mantell'e kendi buldukları daha eksiksiz iguanodon iskeletini verdi. Mantell zırhlı bir dinazor olan *Hylaeosaurus*'u da keşfetti. Bu keşif, bu devasa yaratıkların bazılarının karada yaşadığını doğruladı. Kuşların özelliklerine sahip fosiller de bulundu. Bu esrarengiz dünyada da deniz, kara ve havada yaşayan yaratıklar vardı.

Müzelerde bu muazzam, harikulade yaratıkların rekonstrüksiyonlarını gördüğümüzde, onları ilk kez gün yüzüne çıkaran erkek ve kadınların işinin ne kadar zor olduğunu anlayamayabiliriz. Fosilleşmiş kemikler genellikle dağınıktı ve iskeletlerin bazı parçaları kayıptı. Bulguları karşılaştırmak için yararlanılabilecek canlı veya fosilleşmiş hayvan sayısı çok sınırlıydı. Keşifleri tarihlendirmek için kullanılan modern tekniklerin hiçbiri yoktu. Fosil bulguların boyutları hakkında tahminler yürütmenin tek yolu, keşfedilen kemikleri –örneğin

bir uyluk kemiğini- fil veya gergedan gibi yaşayan büyük hayvanlarla mukayese etmekte. Tahmin edilen boyutlar hayret vericiydi. Parçaları bir araya getirerek iskeleti yapılandırmak için Cuvier'in prensibinden yararlanıldı. Fosil bulguların nasıl beslenmiş olabileceği, nasıl hareket ettiği ve kara, deniz veya havada mı yoksa bunların bir kombinasyonunda mı yaşadığı hakkında tahminlerde bulunulurken de yine Cuvier'in prensiplerine başvuruldu. Daha çok dinazor keşfedildikçe ve dünya üzerindeki yaşamın erken tarihi hakkında daha çok bilgiye ulaşıldıkça, bu fikirlerin birçoğu revize edildi. Ama fosil bulguları, yaşadığımız dünya hakkındaki düşüncelerimizi sonsuza dek değiştirdi.

"Dinazor avcıları" dünyanın ne kadar yaşlı olduğu ve insanlar ortaya çıkmadan çok önce dünya üzerinde karmaşık canlıların yaşadığı konusunda genel kamuoyunu aydınlattı. Bu antik dünya, halkın hayal gücünü ele geçirdi ve birçok popüler derginin sayfalarını süsledi. Charles Dickens gibi yazarlar, okurları tarafından rahatlıkla anlaşılacağını bildikleri için bu dev sürüngenlere göndermeler yapabildi. "Dinazor" adı ilk olarak 1842'de kullanıldı; kabaca "korkutucu derecede büyük kertenkele" anlamına geliyordu. Sadece İngiltere'de değil, dünyanın dört bir yanında yeni dinazor türleri bulunmaya devam etti. Dünya üzerindeki yaşamın genel tarihine çabucak entegre edildiler. Hangi dönemde yaşadıkları, bulundukları kayaların yaşına bakılarak kabaca hesaplandı.

Onlara "dinazor" adını veren kişi Richard Owen'dı (1804-92). Owen bu yaratıklar hakkındaki

çalışmasını bilimsel kariyerini ilerletmek için kullandı. Günümüzde Londra'daki Doğal Tarih Müzesi olan yerin peşindeydi. Bu harikulade müzede dinozorlar halen önemli bir yer tutar. Sergilenen dinozorların birçoğu, Mary Anning gibi insanlar tarafından bulunmuş orijinal örneklerdir.

1851 yılında Londra, Dünya Fuarları dizisinin ilkinde ev sahipliği yaptı. Büyük Sergi adı verilen etkinlik dünyanın dört bir yanından bilim, teknoloji, sanat, ulaşım ve kültür sergilerini bir araya getirdi. Büyük Sergi'de şaşırtıcı derecede cüretkâr bir yapı da kendine yer buldu. Londra'nın kalbine, Hyde Park'ın tam ortasına dev bir cam ev inşa edildi. "Kristal Saray" [Crystal Palace] 33 metre yükseklikte, 123 metre genişlikte ve 563 metre uzunlukta idi. İnsanlar cam ve çelik kullanılarak bu kadar büyük bir yapının inşa edilebileceğini düşünmemişti ama Joseph Paxton başarmıştı. Bahçe ve inşaat işleriyle uğraşan Paxton, Victoria Dönemi asilzadelerine büyük seralar inşa etme deneyimine sahipti. Büyük Sergi daha önce eşi benzeri görülmemiş bir etkinlikti ve altı ay boyunca dünyanın dört bir yanından altı milyon ziyaretçinin akınına uğradı.

Kristal Saray, Büyük Sergi sona erince sökülüp Londra'nın güney ucundaki Sydenham Park'a taşındı. Bu bölgenin gelişiminin bir parçası olarak dünyanın ilk tema parkı kuruldu. Tema park, dinozorlara ve tarih öncesi dünyanın diğer yaratıklarına adandı. *Iguanodon*, *Ichthyosaurus*, *Megalosaurus* ve diğer yaratıkların dev replikaları yapıldı ve insan yapımı bir gölün içine ve çevresine yerleştirildi. *Iguanodon* öylesine büyüktü ki 1853 yılında

24 konuk onun dev vücudunu yapmak için kullanılan kalıpta yılbaşı gecesi yemeği yedi. Cam bina 1936 yılında çıkan korkunç bir yangında yanıp kül olsa da bölge günümüzde halen Crystal Palace adını taşıyor. Bazı rekonstrüksiyonlar bugün artık çok doğru görünmese de büyük yangını atlatan dinozorları halen görebilirsiniz. Eskiymiş ve yıpranmış olmalarına rağmen geçmişin muhteşem bir anımsatıcısı olmayı sürdürürler.

Dinozorlar Çağı hakkında artık çok daha fazla bilgiye sahibiz. Birçok farklı tür bulundu ve bu türlerin yaşadıkları tarihleri Mantell veya Owen'dan daha net bir biçimde belirleyebiliyoruz. Dinozorların çok hızlı bir biçimde ortadan kaybolduklarını söylüyoruz. (Bir sonraki bölümde göreceğimiz gibi, jeolojik zaman çok yavaştır.) Bundan kastımız, büyük dinozorların neslinin tükendiğidir. Bu büyük olasılıkla altmış beş milyon yıl önce dev bir göktaşının dünyaya çarpmasının ardından yaşanan iklim değişikliği sonucunda gerçekleşmiştir. Ama hepsi ortadan kaybolmamıştır. Daha küçük dinozorlardan bazıları varlığını sürdürmüştü ve evrimleşmiştir. Onların soyundan gelen canlıları bahçenizde her gün görebilirsiniz. Onlara kuşlar diyoruz.



Gezegeneimizin Tarihi

Antik canlıların kemiklerini ortaya çıkarmak, öykünün yalnızca bir kısmıdır. Kırlarda yürüyüş yaparken vadilerin ortasından bir ırmak veya dere aktığını fark etmişsinizdir. Vadilerin çevresi de dağlar ve tepelerle sarılıdır. Dünyanın bazı bölgelerinde, örneğin İsviçre Alplerinde dağların çok yüksek, vadilerin çok derin olması çarpıcıdır.

Yeryüzünün özellikleri nasıl oluşmuştur? Dağlar ve vadilerin her zaman bugünkü gibi olmaları mümkün değildir çünkü depremler, volkanik patlamalar, ırmaklar ve buzullarla birlikte manzara her yıl değişir. Bir yılda gerçekleşen değişim çok ufak olabilir ama insan ömrü gibi kısa bir zaman diliminde bile gözle görülür farklar oluşur. Kıyı boyaları aşınır ve bazen evler sular altında kalır. Birkaç kuşak veya birçok kuşakta tanık olunan değişimleri düşünün. Farklar daha da büyür.

Şiddetli depremler, yanardağlar ve tsunamiler yeni şeyler değildir. İtalya'da Napoli yakınlarındaki Vesuvius Yanardağı, MS 79 yılında patlamıştı. Pompeii şehri lavlara gömülmüş ve birçok insan hayatını kaybetmişti. Ayrıca volkanik küller ve lavlar, kıyı boyunu önemli ölçüde değiştirmişti. Bugün biriken killeri ve sünger (ponza) taşları kazılarak ortaya çıkarılmış olan Pompeii sokaklarında yürüyebilirsiniz.

Birçok insan bu kadar dramatik olayların ne anlama geldiğine kafa yordu. Bazıları bunların doğaüstü eylemler olduğunu düşündü. Ama 1600'lerin sonundan itibaren gözlemciler, dünyayı doğa tarihinin konusu olarak incelemeye başladı. Üç problemle boğuşurlarken modern jeoloji doğdu. Bunların ilki, yeni bir "tarih" anlayışıyla ilgiliydi.

"Tarih" daha önceleri "açıklama" anlamına geliyordu. Doğa tarihi de dünyanın ve dünya üzerindeki şeylerin açıklanmasından ibaretti. "Tarih" aşama aşama modern anlamına büründü ve zaman içinde gerçekleşen değişim anlatmak için kullanıldı. Hızla değişen şeylere alıştık: kıyafetler, müzik, saç stilleri, argo ve bilgisayar veya cep telefonlarıyla ilgili her şey. 1950'lerde çekilmiş fotoğraflara baktığımızda o fotoğraftaki kişilerin ne kadar farklı göründüğünü düşünürüz. Bu yeni bir şey de değildir. Örneğin Romalılar, Antik Yunanlardan farklı giyinmişti. Ancak değişim bugün çok daha hızlıdır. Değişimi doğal kabul ederiz. Tarih de bu değişimin incelenmesidir.

İkinci problem zamanla ilgiliydi. Aristoteles dünyanın sonsuz olduğunu ve kendi yaşadığı za-

manda nasılsa her zaman öyle olduğunu varsaymıştı. Antik Çinli ve Hintli bilim insanları da dünyanın çok yaşlı olduğuna inanmıştı. Hristiyanlık ve İslamın dünya hakkındaki görüşlerinin ortaya çıkışıyla birlikte zaman daraldı. Yazar Sör Thomas Browne, 1642 yılında "Bizim kavrayabildiğimiz şekliyle zamanın bizden sadece beş gün önce başladığını" ileri sürdü. İncil'deki Yaratılış Kitabında anlatılan Yaratılış öyküsünü kastediyordu: Tanrı, Âdem ve Havva'yı altıncı günde yaratmıştı. Dünya, gökyüzü, yıldızlar, güneş, ay ve tüm bitkiler ve hayvanların yaratılmasıysa önceki beş gün içinde tamamlanmıştı. Browne gibi Hristiyanlara göre, gezegenimiz Âdem ve Havva'nın Eden Bahçesi'nde ilk şafağı görmesinden hemen önce yaratılmıştı.

İncil'i dikkatli okursanız ve Eski Ahit'te anlatılan Âdem ve Havva'nın soyunun tüm üyelerinin yaşlarını toplarsanız, ilk çiftin yaşadığı tarihi yaklaşık olarak hesaplayabilirsiniz. 1600'lerin ortasında İrlandalı bir başpiskopos tam olarak bunu yaptı. Bu hesaba göre dünya MÖ 22 Ekim 4004'te akşamın ilk saatlerinde yaratılmıştı. Çok hassas bir hesaplama! Başpiskopos Ussher'in hesaplamaları, 1650'lerde birçok Hristiyan tarafından kabul görmedi. Dünyanın jeolojik özelliklerinin nasıl oluştuğunu öğrenmek isteyen insanların gözünde, dünya 6000 yıldan daha yaşlı değilse, örneğin vadilerin aşama aşama oluşmasını açıklayabilmek güçtü.

Bu sınırlı zaman dilimi, mevcut deniz ve okyanus seviyelerinin çok üzerinde, dağların zirvelerinde deniz kabuklarının nasıl bulunabildiğini açıklamayı da zorlaştırıyordu. Jeologların dünyanın

nasıl oluştuğunu açıklayabilmesi için her şeyden daha fazla zamana ihtiyacı vardı. Gözlemlenen şeyler bu sayede makul bir perspektife oturtulabilirdi. Ve bunu başardılar. 17. yüzyılın başlarından itibaren, doğabilimciler dünyanın Ussher'in ileri sürdüğünden birkaç bin yıl daha yaşlı olması gerektiğini dillendirmeye başladı. Yirmi otuz yıl sonra, 19. Bölümde tanıdığımız, önce doğa tarihçisi Buffon Kontu kozmoloji ve jeolojiyi birleştiren bir şema çıkardı. Buna göre dünya ilk başta güneşten kopan çok sıcak bir küreydi. Aşama aşama soğudu ve yaşam mümkün hale geldi. Buffon Kontu, dünyanın güneşten kopuşunun tahminen 80.000 yıl önce gerçekleştiğini ileri sürdü ve bunu yaparken Kiliseyi karşısına almamak için kesin bir dil kullanmamaya özen gösterdi.

Üçüncü problem, kaya ve minerallerin doğasını anlamaktı. Bütün kayalar aynı değildir. Bazıları serttir, bazıları yumuşaktır ve ufalanır. Farklı türden maddelerden oluşurlar. Üstelik yaşları da farklıdır. Kaya ve mineralleri adlandırmak ve analiz etmek, jeologların parçaları bir araya getirerek dünya tarihinin bir resmini çıkarabilmesini sağladı. Almanya'da Abraham Werner (1749-1817) ilk çalışmaların birçoğunu yürüten kişiydi. Üniversitede çalışmasına karşın aktif olarak madencilikle de uğraştı. Yerin derinliklerindeki madenler, yeryüzünde kolay kolay elde edilemeyen madde örnekleri sağlayarak bilim insanlarına yardımcı oldu. Werner kayaları sadece bileşimlerine göre değil, göreceli yaşlarına göre sınıflandırdı. En eski olanlar çok katıydı ve hiç fosil içermiyordu.

Belirli bir yerde bulunan kaya türleri, o yerin diğer yerlere göre yaşının ne olduğuna dair bir ipucu sunuyordu. Derinlere doğru kazıldıkça, fosiller bulunan kaya ve toprak katmanlarına ulaşıldı ve hem fosillerin hem de bulundukları katmanın görelî yaşı hakkında ipuçlarına rastlandı. Fosillerin bu tarihlendirme işleminde çok önemli olduğunu gösteren kişi, ölçüm teknikeriydi: William Smith (1769-1839) 19. yüzyılın başlarında Britanya kanallarının inşâ edilmesine katkıda bulundu. Demiryolundan önce, su kanalları kömür gibi ağır şeyler başta olmak üzere yük taşımanın en iyi yoluydu. Smith çok uzak mesafeleri ölçerek yeni kanallar için en iyi rotanın belirlenebilmesini sağladı. İngiltere ve Galler'in jeolojik haritasını çıkarırken bir gerçeğin aşama aşama farkına vardı: Dünyanın kabuğundaki bir katmanın en önemli özelliği yalnızca içerdiği kaya türü değildi, aynı zamanda kayaların içinde bulunabilecek fosillerdi.

Dünya tarihi için zaman ölçeğinin genişlemesi, farklı kaya türleri hakkında anlayışın gelişmesi ve Smith'in fosillerin önemini kavraması sayesinde jeologlar dünya tarihini "okumaya" başlayabildi. 1800'lerin başında çoğu jeolog "katastrofizizm"¹ görüşünü benimsiyordu. Madencilik faaliyetleri, kanal inşası ve daha sonra demiryolu inşası sırasında elde edilen kalıntılar bir araya getirildiğinde, dünyanın

¹ Dünyanın kabuğundaki değişikliklerin geçmişte birdenbire gerçekleştiğini ve bunlara neden olan fiziksel kuvvetlerin günümüzde artık görülmediğini savunan görüş -çn.

kabuğunun derinlerinde gömülü olan katmanların yanardağlar ve depremler sonucunda gün yüzüne çıktığını gösteren birçok örnekle karşılaşıldı. Birçok doğabilimciye göre dünya tarihi, istikrar dönemlerini kesintiye uğratan yıkımlara –felaketlere– sahne olmuştu. Gezegenin dört bir yanında gerçekleşen bu felaketlerin arasında su baskınları da vardı. Bulgularını İncil’e uygun hale getirmeye çalışan jeologlar, geçmişte şiddetli ve çok geniş bir alana yayılan su baskınlarının yaşandığını gösteren kanıtları sevinçle karşıladı. Görece yakın tarihli (jeolojik açıdan) bir su baskını, Nuh’un hayvanları çiftler çiftler gemisine aldığı büyük tufan olabilirdi.

Katastrofistler dünya tarihine bakışlarını desteklemek için birçok kanıt buldu. Çeşitli katmanlarda bulunan fosiller, aşağıdaki veya yukarıdaki katmanda bulunan fosillerden açıkça farklıydı. Daha yeni katmanlarda, eski katmanlara oranla günümüzde yaşayan bitki ve hayvanlara daha çok benzeyen fosiller vardı. Paris’te, son bölümde tanıdığımız Georges Cuvier, “karşılaştırmalı anatomi” yöntemini kullanarak eski çağlardaki hayvanların canlı gibi görünen rekonstrüksiyonlarını yapmıştı. Oxford Üniversitesinde jeoloji dersleri veren liberal İngiliz din adamı William Buckland (1784-1856) Cuvier’in takipçilerinden biriydi. Buckland özellikle İncil’de anlatılan tufanın jeolojik kanıtlarını bulmak için çok çalıştı. Suyun neden olduğunu düşündüğü birçok şeye rastladı: Mağaraların içindeki kalıntılar veya arazilere yayılan kayalar ve büyük kaya parçaları da bunların arasındaydı. Buckland, 1820’lerde bunların Nuh Tufanı’nın sonucu oldu-

ğundan çok emindi; ama 1840'larda jeolojik araştırmalar daha çok detayı ortaya çıkardıkça daha az emin olmaya başladı. Buzulların (dev buz ırmaklarının) geçmişte Britanya'da bile etkili olabileceğini fark etti. Bu, örneğin, dağılmış büyük kaya parçaları için daha makul bir açıklama sunuyordu. Buzullar yavaşça ilerlerken kayaları arkada bırakmış olabilirdi.

1820'ler ve 1830'larda birçok jeolog bu antik felaketlerin yeni jeolojik katmanlarla örtüştüğüne inandı. Bu katmanlardaki fosiller genellikle biraz farklılık gösteriyordu. Jeologlar bundan şu sonucu çıkardı: Dünya tarihi bir dizi felakete sahne olmuştu ve bu felaket dönemlerinin ardından ortaya çıkan yeni koşullara uyum sağlayan yeni bitkiler ve hayvanlar yaratılmıştı. Dünya görünüşe göre aşama aşama ilerleyen bir tarihe sahipti ve bu ilerleme insanın yaratılışıyla taçlanmıştı. Bu şema Yaratılış Kitabında anlatılanlara da uygundu: Yaratılışın altıncı günü esasen altı uzun dönem olarak yorumlanabilirdi ya da İncil'in yalnızca son yaratılışı, insanların çağını anlattığı varsayılabilirdi.

1830 yılında hukuk kökenli genç jeolog Charles Lyell (1797-1875) bu genel çerçeveye meydan okudu. Lyell, Fransa ve İtalya'daki kayaları ve fosilleri görmüştü. Oxford'da jeoloji öğrenimine başlamıştı ve katastrofist William Buckland'den dersler alıyordu. Buckland'in jeolojiye bakışı onu tatmin etmedi. Dünya üzerinde etkili olan jeolojik kuvvetlerin aslında her zaman birörnek [uniform] olduğunu varsayarsak nelerin değişeceğini düşündü. Katastrofistlere karşı "birörnekliliği" savunanların lideri haline geldi.

Lyell aynılık prensibini kullanarak dünyanın bütün jeolojik tarihinin ne kadarını açıklayabileceğini görmek istedi. Dünyanın günümüzde jeolojik olarak çok aktif olduğunu görebiliyordu; halen yanardağlar, su baskınları, erozyon ve depremler vardı. Bu değişikliklerin oranı geçmişte de aynıysa, antik felaketlerin yaşandığı dönemlere ait tüm kanıtlar açıklanabilir miydi? Lyell açıklanabileceğini düşündü ve 1930-33 yılları arasında üç ciltlik *Jeolojinin Prensipleri* [*The Principles of Geology*] eserinde bunun gerekçelerini ortaya koydu. Sonraki kırk yıl boyunca hem kendisinin hem de diğer jeologların araştırmalarını dikkatle değerlendirerek eserini düzenledi.

Lyell'in birörneklilik [üniformitaryanizm] görüşü, felaketlerden ve Nuh Tufanı gibi mucizelere bağımlılıktan kurtulmak için cesurca bir girişimdi. Lyell, jeologların dünya tarihini Kilisenin müdahalesi olmadan özgürce yorumlayabilmesinin önünü açmak istedi. İnsanlığın evrende özel bir yere sahip eşsiz, ahlaki bir varlık olduğuna inanan çok dindar biriydi. Katastrofistler bitki ve hayvanların bugün yaşayanlara gittikçe daha çok benzer bir şekilde peş peşe birçok kez yaratıldığını düşünürken, Lyell bunun evrime çok benzer göründüğünü herkesten daha net görmüştü. Katastrofistler derinlerdeki fosilleri yüzeye daha yakın olanlarla karşılaştırıp ilerlemeyi görürken, Lyell fosillerin genel bir gelişme sergilemediğini savundu. Eski bir katmanda, çok derinlerde bir memeli fosili bulunduğu zaman çok heyecanlandı. Memeliler genellikle yalnızca son katmanda bulunuyordu. Lyell bundan yola çıkarak insanlar dışında bitki ve hayvanların tarihinde ger-

çek bir ilerlemenin yaşanmadığı sonucuna vardı. İlerleme yaşanmış görünse de, bu sadece şans eseri olmalıydı. Tarih öncesi zamanlarda yaşayan türlerin sadece çok azı fosilleşerek korunmuştu.

Charles Lyell, modern jeolojinin ortaya çıkmasına katkıda bulundu. Hem jeolojiye yaklaşımı hem de kapsamlı saha çalışmaları çarpıcıydı. Günümüzde gerçekleşen olayları gözlemleyerek ve geçmişini açıklamak için günümüzün jeolojik olaylarını veya kuvvetlerini kullanarak birçok şeyin aydınlığa kavuşturulabileceğini gösterdi. Bunun için dünyanın yeterince uzun bir tarihe sahip olması yeterliydi. Genç bir doğabilimci olan Charles Darwin, Lyell'in *Jeolojinin Prensipleri* eserinden çok etkilendi. Dünyayı dolaşmak için *Beagle* gemisiyle yola koyulurken ilk cildini yanına aldı ve daha sonradan diğer ikisini de göndertti. Darwin yolculuğu boyunca jeolojik dünyaya –depremler, kayalar ve fosillerin dünyasına– Lyell'in gözlerinden baktığını söyledi. Ama fosil kalıntılarının ne anlama geldiği konusunda çok farklı sonuçlara ulaştı.



Dünyadaki En Büyük Gösteri

Kır yürüyüşüne çıktığınızda kendinizi yaşadığınız bölgedeki ağaçlar, çiçekler, memeliler, kuşlar ve böceklerin arasında bulursunuz. Hayvanat bahçesine gittiğinizde çok uzaklardan egzotik bitkiler ve hayvanlarla karşılaşrsınız. Doğa tarihi müzesine gittiğinizde milyonlarca yaşındaki fosilleri, belki de dev dinozor iskeletleri görürsünüz. Bütün bu canlı ve fosil türlerinin aslında birbiriyle bağlantılı olduğunu bize öğreten kişi, sessiz ve mütevazı adamdı: Charles Darwin (1809-82) kendimiz hakkındaki düşünce şeklimizi değiştirdi.

19. Bölümde tanıdığımız Carl Linnaeus biyolojik türlerin sabit olduğunu düşünerek bitki ve hayvanlara ad vermişti. Onları halen Linnaeus'un prensiplerine göre adlandırıyoruz. Bunu yapabiliyoruz çünkü bitkiler ve hayvanların değiştiğini bilsek de bu çok yavaş bir değişim. Biyolojik *tür* belli bir

anlam taşır ama türün içinde *varyasyon* (çeşitlilik) vardır. Çocuklar ebeveynlerine benzemeyebilir; boyları daha uzun, saçları farklı renk veya burunları daha büyük olabilir. Yazın çürüyen meyvelere akın eden yavru meyvesinekleri de ebeveynlerinden farklıdır ama boyutları nedeniyle bu farkları görmek zordur. Aynı anda doğan köpek yavruları veya kedi yavruları arasındaki farkları görmek daha kolaydır. Darwin'in farkına vardığı nokta, ebeveynler ve çocukları arasındaki *varyasyonların*, gözle görülür olsun veya olmasın, büyük önem taşıdığıdır. Biz farkları her zaman takdir etmesek de doğa bunu yapabilir ve yapar da. Darwin'in bu önemli kavrayışa ulaşırken izlediği yol, macera ve sessiz düşünceyle doluydu.

Darwin'in babası ve büyükbabası başarılı birer doktordu. Büyükbabası Erasmus Darwin, bitkilerin ve hayvanların nasıl evrimleştiğine dair bir teoriye sahipti ve bilim hakkında şiirler yazdı. Charles, sekiz yaşındayken annesini kaybetmiş olmasına rağmen mutlu bir çocuktü. Doğa aşkını keşfetti ve kimya setiyle deneyler yaptı. Okulda ortalama bir öğrenciydi. Babası onu tıp eğitimi alması için Edinburgh Üniversitesine gönderdi ama Charles doğa tarihi ve biyolojiye çok daha fazla ilgi duyuyordu. Gördüğü ilk ameliyat onu fiziksel olarak hasta etti. Hiçbir zaman doktor olamayacağını biliyordu. Acıya karşı aşırı duyarlılığını her zaman korudu.

Darwin, Edinburgh'da uğradığı başarısızlığın ardından sosyal bilimler diploması almak için Cambridge Üniversitesine gitti. Aklında din adamı olmak vardı. Sınavlarını verdi. Ama hepsi bu kadar.

Cambridge asıl olarak botanik ve jeoloji profesörleriyle kurduğu dostluklar nedeniyle Darwin'in hayatında önemli bir yer tutacaktı. Darwin doğabilimci olmak için onlardan ilham aldı. John Henslow onu Cambridge kırsalına bitki toplama-ya götürdü. Adam Sedwick, onunla birlikte kaya ve fosilleri incelemek için Galler'e gitti. Darwin, Sedwick'le çıktığı bu gezinin ardından mezun oldu ve kendini boşlukta buldu, ne yapmak istediğinden emin değildi. Olağandışı bir teklif imdadına yetişti: Kraliyet Donanmasından Kaptan Robert Fitzroy'un yönetimindeki İngiliz Kraliyet Gemisi *Beagle*'ın gerçekleştireceği keşif yolculuğuna "doğabilimci" olarak katılmak ister miydi? Babası karşı çıktı ama amcası bunun gerçekten muhteşem bir fikir olduğunu söyleyerek onu ikna etti. Charles Darwin'i ortaya çıkaran, bu *Beagle* yolculuğu oldu.

Darwin, 1831 yılının Aralık ayından 1836 yılının Ekim ayına kadar neredeyse beş yıl boyunca evinden uzaklarda gemiyle dünyayı turladı. Denizde geçen zamanının büyük bir kısmında deniz tutması problemiyle boğuştu ama Güney Amerika başta olmak üzere karada da bolca zaman geçirme fırsatı buldu. Her türlü doğal fenomenin dikkatli bir gözlemcisiydi. Manzaraları, halkları ve geleneklerini, bitkileri, hayvanları ve fosilleri gözlemledi. Binlerce örnek topladı ve her birini dikkatle etiketleyerek gemiyle eve gönderdi. Bugün olsa blog yazardı ama harikulade bir günlük tuttu ve eve döndükten sonra yayınladı. 1839'da yayımlanan *Araştırma Günlüğü* [*Journal of Reseaches*] hemen popüler oldu. Bugün *Beagle Yolculuğu* [*The Voyage of the Beagle*] adıyla

bilinen günlükler, gelmiş geçmiş en önemli bilimsel yolculuklardan birinin klasik bir anlatısıdır.

Darwin'ın evrim hakkındaki fikirleri daha sonra şekillenecekti ama daha o tarihlerde bitki ve hayvanların zamanla nasıl değiştiğine kafa yormaya başlamıştı. *Araştırma Günlükleri* okurlarına çok önemli üç konuyu anlattı. İlk olarak Darwin, Şili'deyken deniz seviyesinin neredeyse 4,5 metre yükselmesine yol açan çok şiddetli bir depreme tanık olmuştu (bu gözlemi *Beagle*'ın güvenli güvertesinden yapmıştı). Lyell'in *Jeolojinin Prensipleri* eserinin bir kopyasını yanında bulunduran Darwin, depremler gibi şiddetli olayların geçmişi açıklayabileceği fikrinden çok etkilendi. Şili'deki deprem Lyell'in haklı olduğunu gösteriyordu.

İkinci olarak, Darwin en yeni bitki ve hayvan fosilleriyle günümüzde yaşayan canlı türlerinin arasındaki ilişkiden çok etkilenmişti. Güney Amerika'nın doğu kıyısında yaşayan büyük armadillolar ve onlara çok benzer fosiller bulmuştu; *benzer* olsalar da aynı değillerdi. Birçok örnek daha keşfetti ve bunları diğer doğabilimcilerin bulgularına ekledi.

Üçüncü ve en önemlisiyse, Darwin'in Galapagos Adaları'ndaki keşifleriydi. Bu takımadalar, Güney Amerika'nın batı kıyısının yüzlerce mil açığındaydı. Dev kaplumbağalar ve güzel kuşların da aralarında bulunduğu birçok şaşırtıcı bitki ve hayvan türüne ev sahipliği yapıyordu. Üstelik birçoğu sadece tek bir adada yaşıyordu. Darwin birçok adaya çıkıp dikkatle örnekler topladı. Bir kaplumbağanın hangi adadan geldiğini söyleyebilecek kadar tecrübeli bir ihtiyarla tanıştı. Kaplumbağaların görünümlerinde

belirgin farklar vardı. Ama Darwin bulduğu şeyin önemini İngiltere'ye döndükten sonra fark etti. Bir kuş uzmanı, farklı adalardan toplanan ispinozları inceledi ve aslında farklı türler olduğunu anladı. Galapagos Adaları'nın her biri, görünüşe göre, değişimin incelenebileceği birer mini-laboratuvardı.

Beagle, Güney Amerika'dan sonra Pasifik Okyanusu'nu geçerek Avustralya'ya ulaştı ve ardından da Afrika'nın güney ucundan dolandı. İngiltere'ye dönmeden önce Güney Amerika'ya kısa bir ziyaret daha yaptı. 1836 yılında İngiltere'den döndüğünde Darwin artık birinci sınıf bir doğabilimciydi. Beş yıl önce yolculuğa çıkan gergin genç adamdan eser kalmamıştı. Gönderdiği raporlar, mektuplar ve örnekler sayesinde yurdunda bilimsel bir şöhrete de kavuşmuştu.

Sonraki birkaç yılını uzun yolculuk boyunca topladığı birçok örnek üzerinde çalışarak geçirdi ve üç kitap yazdı. Ayrıca kuzeni Emma Wedgwood'la evlenerek Kent bölgesinde büyük bir kır evine taşındı. "Down House" geri kalan hayatı boyunca yuvası olacaktı. En ünlü çalışmasını orada gerçekleştirdi. Gizemli bir hastalığa yakalandığı ve çoğu zaman iyi olmadığı için evde olmaktan mutluydu. Hastalığına rağmen –ki sağlık problemini halen bilmiyoruz– Emma'dan dokuz çocuğu oldu. Birçok kitap ve makale kaleme aldı. Tüm biyoloji tarihindeki en önemli eserlerden biri olan *Türlerin Kökeni* [*On the Origin of Species*] 1859 yılında yayımlandı.

Darwin bu kitap yayımlanmadan yıllar önce "transmutasyon" konusunda özel defterler tutmuştu. *Beagle* yolculuğundan döndükten hemen sonra

1837 yılında notlar almaya başlamıştı. 1838 yılında Thomas Malthus'un *Nüfus Prensibi Üzerine Bir Deneme* [Essay on the Principle of Population] adlı çalışmasını okudu. Din adamı Malthus, daha çok neden bu kadar çok insanın yoksul olduğu sorusuyla ilgilenmişti. Yoksulların çok küçük yaşta evlendiğini ve yeterince bakamayacak kadar çok çocuk yaptığını ileri sürdü. Malthus'a göre bütün canlı türleri, hayatta kalabilecek olanlardan çok daha fazla yavru dünyaya getiriyordu. Kediler yılda üç kez yavrulayarak altı veya daha fazla yavru doğuruyordu. Meşe ağaçları her yıl binlerce meşe palamudu üretiyordu ve her meşe palamudu ağaç haline gelebiliyordu. Sinekler her yıl milyonlarca yavrulayabiliyordu. Bu bitki veya hayvanların bütün tohumları veya yavruları hayatta kalsaydı ve aynı şey daha sonraki kuşaklarda da gerçekleşseydi dünya çok geçmeden kedi, meşe ağacı veya sinekle dolup taşardı.

Malthus çok fazla fire verildiği için bütün bu ekstra tohum veya yavruların gerekli olduğuna inandı. Doğa acımasızdır, şartlar zordur. Darwin, Malthus'un denemesini okurken önemli bir şeyin farkına vardı. Bazı yavrular hayatta kalırken bazılarının bunu başaramamasının nedenini keşfetmişti. Bu aynı zamanda bitki ve hayvanların uzun zaman dilimlerinde aşama aşama değişmesinin nedenini de açıklıyordu. Hayatta kalanlar kardeşlerine göre bazı avantajlara sahip olmalıydı ve Darwin buna "en uyumlu olanın hayatta kalması" veya *doğal seçim* adını verdi. Darwin bütün yavruların ebeveynlerinden bazı özellikleri miras aldığını düşündü. Örneğin

hızlı bir koşucu olma özelliğini miras alabilirlerdi. En faydalı özelliklere sahip olanların hayatta kalma ihtimali en yüksekti. Örneğin daha hızlı koşmaları veya biraz daha sivri dikenlere sahip olmaları mümkündü. Bu özelliklere sahip olmayan daha az başarılı çocuklar, kendi çocuklarını dünyaya getirecek kadar uzun yaşamadığı için faydalı özellikler “seçilmiş” oluyordu.

Darwin doğadaki değişimin çok yavaş olduğunu fark etti. Ancak insanlar, bitkiler ve hayvanlarda arzu ettikleri özellikleri seçerek bu sürecin sorumluluğunu üstlendiğinde değişim çok daha hızlı olabilirdi. Darwin buna *yapay seçim* adını verdi. İnsanlar bunu binlerce yıldır yapıyordu. Darwin güvercin besledi ve güvercin tutkunlarıyla mektuplaştı. Yeni doğacak yavrularda bulunması istenen özelliklere sahip güvercinler dikkatle seçildiğinde, evcil güvercinlerin şekil ve davranışlarının ne kadar çabuk değişebildiğini biliyordu. Çiftçiler de inekler, koyunlar ve domuzlarla aynı şeyi yapıyordu. Daha iyi mahsul almaya çalışan veya daha güzel çiçekler yetiştirmek isteyen üreticilerin yaptığı da bundan başka bir şey değildi. Çoban köpeğinin buldoktan ne kadar farklı olduğunu bilirsiniz. İstenen özellikler dikkatli seçilirse hayvanlarda çeşitliliği sağlamak kolaydır.

Darwin, doğanın çok daha yavaş hareket ettiğini gördü ama yeterli zaman ve doğru çevre koşulları sağlandığında tam olarak aynı şey gerçekleşiyordu. Galapagos Adaları'ndaki kuşlar ve kaplumbağalar, ona doğal seçilimin nasıl işlediğini göstermişti. Toprak, avcılar ve besin kaynakları gibi yerel ko-

şullar her adada biraz farklıydı. Böylece adalarda-ki bitkiler ve hayvanlar farklı yerel koşullara uyum sağlamıştı. Farklı ispinoz türleri, farklı yemler (tohumlar, meyveler veya kaplumbağaların üzerinde yaşayan keneler) bulabildikleri için gagaları da buna uygun olarak "seçilmişti". Darwin'in öğrendiği gibi, bazı durumlarda o kadar büyük farklar oluşmuştu ki ortaya yeni türler çıkmıştı ama yine de bütün ispinozlar birbirinin yakın akrabasıydı. Zaman ve izolasyon, önemli farkların oluşmasına yol açmıştı ve yeni türler evrimleşmişti.

Darwin sessiz sedasız çok kapsamlı okumalar yaptı ve daha birçok gözlem biriktirdi. 1838 yılında teorisinin kısa bir taslağını çıkardı ve 1842 yılında daha uzun bir anlatımını kaleme aldı. Ancak düşüncelerini yayımlamadı. Neden mi? Emin olmak istiyordu. Canlıların dünyasına bakışının devrimci nitelikte olduğunu ve yeterince ikna edici olmaması durumunda diğer bilim insanları tarafından ciddi biçimde eleştirileceğini biliyordu. 1844 yılında Edinburghlu yayıncı ve amatör doğabilimci Robert Chambers, türlerin değişimi hakkındaki kendi görüşlerini isimsiz bir biçimde yayımladı. *Yaratılışın Doğal Tarihinin İzleri* [*Vestiges of the Natural History of Creation*] adını taşıyan kitap sansasyon yarattı. "Transmutasyon", yani başkalaşım hararetli tartışmalara konu oldu. Chambers yaşayan türlerin daha öncekilerin soyundan geldiğini gösteren birçok kanıt toplamıştı. Fikirleri çok muğlaktı ve bunun nasıl gerçekleştiğine dair gerçek bir teorisi yoktu. Birçok hata yapmıştı. Kitabı çok iyi satsa da önde gelen bilim insanları tarafından acımasızca

eleştirilmişti ve Darwin'in ikna etmeyi umduğu bilim insanları bunların ta kendisiydi. Bu nedenle bekledi. *Beagle* yolculuğuna ilişkin bazı önemli yayınlarını tamamladı ve kendine alışılmadık ama güvenli bir konu seçti: Kaya midyeleri denen küçük deniz canlılarını parçalara ayırıp incelemek zordu ama Darwin bu sayede birçok canlı ve fosil türü bulunan ve her bir türü yaşadıkları ortama farklı şekillerde uyum sağlayan bir hayvan grubu hakkında son derece önemli fikirler edindi.

Darwin kaya midyelerinden sonra nihayet büyük eserinin tekrar başına geçti. 1858 yılında *Doğal Seçilim* adını verdiği uzun bir kitabı yazarken postacı kara haberi getirdi. Çok uzaklardan, Asya'dan gelen bir mektupta Darwin'in kısa bir makale hakkındaki görüşlerini belirtmesi isteniyordu. Doğal seçilimin zaman içinde türlerin değişimine yol açabileceğini anlatan kısa bir makaleydi. Darwin'in dudaklarından bir inilti yükseldi. Makalenin yazarı Alfred Russel Wallace (1823-1913) Darwin'in aynı sonuca ulaşmak için izlediği yavaş ve zahmetli yolu özetleyebilmişti.

Darwin'in türler hakkındaki görüşlerini bilen iki arkadaşı, Charles Lyell ve Joseph Hooker devreye girdi. Londra'da Linnaeus'un adını taşıyan dernekte Wallace ve Darwin'in görüşleri ortak bir sunumla duyuruldu. Toplantıda söylenenler hiç kimsenin çok fazla dikkatini çekmedi. Darwin hasta yatağındaydı ve 8000 mil uzaktaki Wallace'ın bundan haberi bile yoktu. Ama Wallace'ın mektubu Darwin'i harekete geçirmeye yetti. Üzerinde çalıştığı uzun kitap yerine görüşlerinin bir özetini hızlıca kaleme almalıydı.

Türlerin Kökeni 24 Kasım 1859'da yayımlandı. Yayıncı 1250 kopya bastı ve hepsi bir gün içinde satıldı.

Darwin'ın kitabının merkezinde iki temel fikir vardı: Doğal seçim *faydalı özelliklerin*, yani canlıların hayatta kalmasına ve üremesine katkıda bulunan karakteristiklerin *varlığını sürdürmesini destekler*. (Yapay seçim, insanların istedikleri takdirde bitki ve hayvanların karakteristiklerini önemli ölçüde değiştirebileceğini göstermişti ve aynı zamanda bitkilerin ve hayvanların ne ölçüde değişebileceğini gözler önüne sermişti.) İkinci olarak, vahşi hayatta ve uzun vadede etkili olan doğal seçim *yeni türler üretmiştir*. Yeni türler zaman içinde yavaş yavaş *evrimleşmiştir*. Kitabın geri kalanı bu fikirlerin doğal dünyayı ne kadar iyi açıkladığını gösteren parlak kanıtlardan oluşuyordu. Darwin bu kitabında, yaşayan türlerle onların yakın akrabası olan fosil ataları arasındaki ilişki hakkında yazdı. Bitkilerin ve hayvanların dünya genelindeki coğrafi dağılımını anlattı. Coğrafi izolasyonun (Galapagos Adaları'nda olduğu gibi) yeni türlerin gelişebileceği koşullar sunduğunu açıkladı. Ayrıca bazı hayvanların embriyolarının diğerlerinininkine şaşırtıcı bir biçimde benzediğini vurguladı. Fizikte Newton'ın *Principia* eseri neyse, biyolojide Darwin'ın *Türlerin Kökeni* eseri oydu. Doğal dünyadaki birçok konuya açıklık getirdi.

Darwin'ın en büyük problemi kalıttımdı: Neden bazı yavrular ebeveynlerine benziyordu ve aynı zamanda onlardan ve birbirinden biraz farklı olabiliyordu? Bu konuda özenli okumalar yaptı ve düşündü. Bazı açıklamalar geliştirdi ama kalıtımın (genetiğin) çok az anlaşıldığını biliyordu ve bunu açıkça

dile getirdi. Ayrıca çok iyi biliyordu ki önemli olan nokta, kalıtımın *nasıl işlediğini* söylemek değil, *gerçekten etkili olduğunu* söylemekti.

Türlerin Kökeni büyük bir çalkantı yarattı. İnsanlar bu konuda konuştu ve yazdı. Bazıları olumlu şeyler söylerken bazıları eleştirdi. Darwin bu konuda çalışmaya devam etti; ölmeden önce kitabın altı baskısını yayımladı. Fikirlerini kısmen eleştirilere yanıt olarak kısmen de olgunlaşmaya devam ettiği için sürekli geliştirdi. *Türlerin Kökeni*'ni güncellemeye devam ederken bir yandan da onu ilgilendiren konularda şaşırtıcı sayıda kitap yazdı: Tozlaşmayı sağlayan böceklerle uyumlu çiçekler açan güzel orkideler, böcekleri yakalayıp sindiren bitkiler, duvarlara tutunabilen tırmanıcı bitkiler ve hatta mütevazı yersolucanları hakkında bile yazdı. "Çok geniş bir merak duygusuna sahip biri" olarak nitelendirilmesi hiç şaşırtıcı değildi. Görünüşe göre, hiçbir şey dikkatinden kaçmadı.

Darwin bu görüşlerinin kendi biyolojik tarihimiz için de geçerli olduğunu bilmesine rağmen *Türlerin Kökeni* insanın evrimi hakkında hiçbir şey söylemedi. *Türlerin Kökeni*'nin ilk baskısını okuyan her okur, Darwin'in insan türünün evrimine inandığını rahatça söyleyebilirdi ama Darwin bunu açıkça söylemek için on yıldan uzun bir süre bekledi. Sonunda 1871 yılında *İnsanın Türeyişi* [*The Descent of Man*]'ni yayımladı.

Darwin biyolojik evrimi geçerli bir bilimsel teori haline getirdi. Bazı bilim insanları buna ikna olmadı ama çoğu ikna oldu ve hatta bazen evrimin nasıl ve neden gerçekleştiğine dair kendi teorilerini orta-

ya attı. Darwin'in büyük eserinin birçok ayrıntısı, daha sonraki bilimsel çalışmalarda düzeltildi. Kesinlikle kusursuz değildi. Kusursuz olmasına gerek de yoktu. Çünkü bilim böyledir. Darwin'in Down House'taki çalışmaları ve bahçesi, dünya üzerindeki hayata bir daha asla aynı gözlerle bakamamamıza yol açtı. Gezegenimizin evrimsel tarihi, dünya üzerindeki en büyük gösteridir.



Hayatın Küçük Kutucukları

Göremeyeceğimiz veya duyamayacağımız şeyler var. Birçok yıldız görüş mesafemizin ötesinde. Atomları göremiyoruz. Hatta yağmur suyu birikintilerinde kaynaşan küçük yaratıkları da göremiyoruz. Birçok kuşun veya farenin duyabildiği sesleri duyamıyoruz. Ama yine de sorular sorarak ve çıplak gözle görebileceğimizden veya kulaklarımızla duyabileceğimizden çok daha iyi görmemizi veya duymamızı sağlayan araçlar kullanarak onlar hakkında bilgiler edinebiliyoruz. Teleskoplar uzayın derinliklerini görmemizi sağlarken, mikroskoplar canlıların küçük inşa bloklarını görebilmemizi sağlıyor.

17. yüzyılda mikrobiyolojinin öncüsü Antoine van Leeuwenhoek, kan hücrelerine ve bir sineğin bacaklarındaki tüylere bakmak için küçük mikroskopunu kullanmıştı. Yüz yıl sonra daha gelişmiş mikroskoplar, doğabilimcilere anatominin daha

ince detaylarını ve küçük ölçekli hayatın harikulade düzenini araştırma olanağı tanıdı. Basit bir mikroskoba oranla bakılan şeyleri daha da büyük gösterebilen “bileşik” mikroskop, iki mercekli bir borudur ve ikinci mercek, ilkinin görüntüsünü büyütür. Bu sayede bileşik büyütme elde edildi. Ancak birçok düşünceli kişi, mikroskoplara tam anlamıyla güvenmedi. İlk bileşik mikroskoplar çeşitli türden çarpıklıklar veya illüzyonlar üretmişti; örneğin, var olmayan garip renkler veya çizgiler gösteriyordu. Ayrıca incelenmek istenen şeyleri ince dilimlere kesmek ve kesilen dilimleri ince cam plakanın üzerine yerleştirmek için kullanılan yöntemler de incelikten yoksundu. Sonuç olarak birçok bilim insanı mikroskop kullanmanın onca zahmete değmeyeceğini düşündü.

Yine de doktorlar ve biyologlar, vücutların nasıl çalıştığını en ince ayrıntısına kadar bilmek istiyordu. Fransa’da Xavier Bichat (1771-1802) insan bedenini oluşturan farklı maddeleri incelemeye başladı. Kemik gibi sert, yağ gibi yumuşak veya kan gibi sıvı olabilen bu maddelere “doku” diyoruz. Bichat aynı tür dokuların vücudun neresinde bulunursa bulunsun benzer şekillerde davrandığını fark etti. Yani ister ellerde ve kollarda, ister ayaklarda ve bacaklarda olsun tüm kaslar aynı tür dokudan oluşuyordu. Bütün tendonlar (kasları kemiğe bağlayan parçalar) ya da seröz doku adı verilen ince kaplama (örneğin kalbi çevreleyen dokular) vücudun tüm parçalarında aynıydı. Hücre ve dokuların incelenmesine “histoloji” adı verildi. “Histolojinin babası” olarak kabul edilen Bichat da mikroskoplara şüpheyle yaklaşan

kişilerden biriydi ve basit büyüteçler kullanmayı tercih etti.

Bichat'ın çalışması, bitki ve hayvanları daha küçük ve daha temel yapıtaşları üzerinden anlamaya çalışmak için ilham kaynağı oldu. 1800'lerin başında bitki ve hayvanların temel yapıtaşlarının ne olduğu hakkında birçok rakip görüş vardı. Bileşik mikroskopların teknik problemleri, Fransa ve Britanya'da 1820'lerin sonundan itibaren çözüme kavuşturulmaya başladı. O tarihten itibaren mikroskopları kullanan insanlar, gördükleri şeyin gerçekte var olanın doğru bir resmi olduğuna daha çok güvenebildi.

1830'larda yeni mikroskoplar sayesinde iki Alman bilim insanı hayatın temel yapıtaşının hücreler olduğunu ve bütün bitki ve hayvanların hücrelerden oluştuğunu ileri sürdü. İlki, Schleiden adında bir botanikçiydi. Diğeri bir doktordu: Theodor Schwann (1810-82). Schwann hücrelerin nasıl oluştuğunu ve çalıştığını inceledi. Bitki ve hayvanların hücrelerinde hareket, sindirim, solunum ve duyumsama gibi şeylere olanak tanıyan etkinlikler gerçekleşir. Hücreler birlikte etkinlik gösterir ve hem bitkilerin hem de hayvanların nasıl fonksiyon gösterdiğini ve yaşadığını anlamak için temel öneme sahiptir.

Kendinizi yaraladığınızda –mesela parmağınızı kestiğinizde– yarayı iyileştirmek için deri dokusu oluşur. Peki dokular hücrelerden oluşuyorsa yeni hücreler nasıl oluşur? Schwann kimyayla ilgilendi ve yeni hücrelerin özel bir tür sıvıdan kristalize olduğunu ileri sürdü; bu bir laboratuvarı belirli

çözeltilerde kristallerin oluşmasına benzetilebilirdi. Schwann yumurtada veya rahimde embriyoların nasıl geliştiğini açıklamak istedi. Ayrıca hücrelerin nereden geldiğini, örneğin bir sıyrık veya berede nasıl ortaya çıktığını da merak etti. Bir doktor olarak yaranın çevresindeki alanın kızardığını ve irin hücreleriyle dolabildiğini gözlemlemişti. Bu irin hücrelerinin, şişlik olarak gördüğümüz sulu sıvıdan kristalleştiğini düşündü. Bu, kimya ve biyolojiyi birleştiren cazip bir teoriydi ama çok geçmeden fazla basit olduğu ortaya çıktı.

Mikroskoplar geliştikçe daha çok bilim insanı hücrelerde ne olduğunu gözlemlemeye başladı. En önemli araştırmacılardan biri Rudolf Virchow'du (1821-1902). İlgi alanları çok geniş bir adam olan Virchow çoğunlukla patologdu ama kamu sağlığı, politika, antropoloji ve arkeolojide de aktifti. (MÖ 800'lerde Homeros'un kitaplarında geçen Truva şehrinin kazılarında bulunmuştu.) 1850'lerde hücre teorisinin tıp ve patoloji (yani hastalıkların incelenmesi) açısından ne anlam ifade ettiğini düşünmeye başladı. Schwann gibi o da hücreleri yaşayan vücutların temel birimi olarak görüyordu. Hücrelerin sağlık ve hastalıktaki fonksiyonlarını anlamak, bilime dayalı yeni bir tıbbın anahtarı olacaktı. Virchow bu fikirlerini 1858 yılında yayımlanan *Hücre Patolojisi* [*Cellular Pathology*] adlı çok önemli kitabında sundu. Doktorların hastalarda gördüğü ve daha sonra otopsi odalarında kadavralara otopsi yaparken inceleyebildiği hastalıkların her zaman hücrelerdeki etkinliklerin sonucu olduğunu gösterdi. Özellikle ilgi duyduğu kanser büyümesi, irin ve

şişlikle birlikte görülen iltihaplanma, kalp hastalığı da hücrelerdeki etkinliğin sonucuydu. Patoloji derslerinde öğrencilerine her zaman “mikroskopik bakmayı öğrenmelerini” söyledi: Hücrelerin seviyesine kadar derinlemesine bakmak gerekti.

Virchow mükemmel mikroskopik gözlemlerini sağlam bir biyolojik doğruyla birleştirdi: “Bütün hücreler, hücrelerden gelir.” Schwann’ı tam bu noktada geride bıraktı. Örneğin bir parçalanma veya sıyrılma sonrası oluşan şişlikteki irin hücreleri diğer hücrelerden gelir. Vücut sıvılarından kristalleşmez. Ayrıca kanser büyümesi de diğer hücrelerden kaynaklanır; bu durumda hücreler yanlış bir biçimde davranır ve olmaması gerektiği gibi bölünür. Mikroskopla gözlemleyebileceğimiz her hücre, mevcut hücrelerin ikiye bölünmesiyle oluşmuştur; “anne” hücre bölünerek “çocuk” hücreleri oluşturur. Biyologlar daha çok gözlem yaptıkça, hücre bölünmesinin nasıl gerçekleştiğini bazen görebildiler. Hücre ikiye bölünürken içi de değişiyormuş gibiydi. Özel bir şey gerçekleşiyordu.

Daha önceki gözlemler, hücrelerin sadece aynı türden malzemeyle dolu bir çuval olmadığını göstermişti. 1830’larda İngiliz botanikçi Robert Brown (1773-1858) her hücrenin merkezinde çevresine göre daha koyu renkli bir *çekirdeğin* yer aldığını ileri sürdü. Brown mikroskopuyla birçok hücreyi incelemişti ve görünüşe göre hepsinin çekirdeği vardı. Çok geçmeden çekirdek tüm hücrelerin parçası olarak kabul gördü. Hücrenin içindeki diğer tüm materyale *protoplazma* adı verildi. Bu sözcük, “ilk yapı” anlamına gelir. O tarihlerde protoplazmaya hücrelerdeki

canlı madde gözüyle bakılıyordu. Protoplazmanın işlevi bitki ve hayvanlara hayat vermektir. Zamanla hücrelerde çekirdeğin dışında başka yapılar da görüldü ve hepsine ayrı bir ad verildi.

Bilim insanları hücrelerin çekirdek ve diğer parçalarının keşfini vakit kaybetmeden kabul etti. Ama "kendiliğinden üreme" hakkındaki çok eski tartışmada durum farklıydı: Çürüyen et ve durgun suda türlü türlü minik ama canlı yaratık üreyordu. İnsanlar masanın üstünde bir et parçasını açıkta bırakırlarsa, birkaç gün içinde kurtçuklarla karşılaşmayı umabilirdi. Sineklerin yumurtladığını ve kurtçukların bu yumurtalardan çıktığını bilmiyorlardı. O halde kurtçukların nereden geldiğini nasıl açıklayabilirlerdi? Bir gölcükten aldığınız su damlasını mikroskopla inceleyin. Bir sürü küçük yaratığın kaynaştığını görürsünüz. Nasıl ortaya çıkarlar?

19. yüzyıl bilim insanlarının gözünde en basit açıklama, bu yaratıkların üreme ortamlarında bir tür kimyasal süreç sonucunda ortaya çıktığı veya yaratıldığıydı. Bu yaygın bir görüştü ve kulağa mantıklı geliyordu. Et konduğunda kurtçuklar içinde olmadığına göre, etin çürürken bu mide bulandırıcı yaratıkları ürettiğini varsaymaktan daha iyi bir açıklama olabilir miydi? Çok az kişi, filler veya meşe ağaçları gibi karmaşık şeylerin kendiliğinden bir biçimde ürediğini düşünüyordu ama basit yaşam formları hiçbir açıklaması olmadan ortaya çıkıyor gibi görünüyordu. Üreme ortamlarında kendiliğinden ortaya çıkıyor gibiydiler. Schwann'ın savunduğu gibi canlı hücrelerin özel vücut sıvılarından kristalleşmesi bile bir nevi kendiliğinden

üremeydi; canlı hücrelerin, canlı olmayan maddelerden ortaya çıktığını varsayıyordu.

1600'ler ve 1700'lerde doğabilimciler kendiliğinden üremenin gerçekleşmediğinin artık ispatlandığını düşündü ama problem ortadan kalkmamıştı. 1850'lerin sonundan itibaren iki Fransız bilim insanı tarafından hararetli bir biçimde tartışıldı. Tartışmanın kazananı, sonunda bilim camiasını kendiliğinden üreme diye bir şeyin olmadığına ikna etti. Ama öykü o kadar basit değildi: Kazanan (haklı olan) adil davranmamıştı.

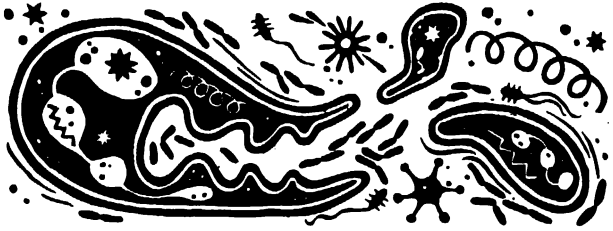
İki Fransız bilim insanının ilki, kimyacı Louis Pasteur'dü (1822-95). 1850'lerde canlı hücrelerin çok olağandışı şeyler yapabileceğinden şüphe duymaya başlamıştı. Çeşitli bileşiklerin kimyasal özelliklerini araştırmaya alışkındı. Ayrıca fermantasyon, yani mayalanmaya da aşinaydı. Şarap üretmek için üzümler mayayla karıştırılıyordu ve ekmek yapmak için un mayayla karıştırılıp bekletildikten sonra pişiriliyordu. Pasteur'den önce fermantasyonun mayanın sadece katalizör vazifesi üstlendiği özel bir kimyasal reaksiyon olduğu düşünülüyordu. Buna göre maya, süreci hızlandırıyordu ama reaksiyon sırasında değişmeden kalıyordu. Pasteur, fermantasyonun mayanın neden olduğu bir biyolojik süreç olduğunu gösterdi. Maya canlıyken üzümlerdeki ve undaki şekerle besleniyordu. Mayadaki hücreler bölünerek daha fazla hücre ürettiyordu ve bu süreçteki yaşam etkinlikleri şaraptaki alkolü ürettiyordu veya ekmeği hafif ve yumuşak hale getiriyordu. Elbette ki bu süreçlerin doğru anda ısı uygulanarak durdurulması gerekliydi. Mayanın

yaşamaya devam etmesine izin verildiğinde şarap sirkeye dönüşüyordu ve ekmek hamuru sonunda tekrar çöküyordu. Mayalanma sırasında gerçekleşen şey buysa, kimyasal reaksiyonlarla açıklanan süreçlerde –örneğin kendiliğinden üremede– diğer mikroorganizmaların rolü ne olabilirdi? Pasteur bu sorunun yanıtını aradı ve kendiliğinden üreme görüşünü destekleyen vatandaşı Felix Pouchet’le (1800-72) açık bir rekabetin içine girdi.

Pasteur bir deney dizisinde saman ve su karışımlarını kaynatarak steril hale getirdi. Daha sonra açık havada bıraktı. Böylece üstleri toz partiküllerle kaplandı. Birkaç gün sonra incelendiğinde sıvının genellikle mikroorganizmalarla dolu olduğu görülüyordu. Pasteur, havadaki toz partiküllerini uzaklaştırırsanız çözeltilinin steril kalacağını gösterdi. Bu mikroorganizmaların toz partikülleriyle geldiğini (havanın kendisinden kaynaklanmadığını) göstermek için kuğu gibi kıvrımlı bir boynu olan özel bir cam kap tasarladı. Bu sayede içine toz değil, sadece hava girebilecekti. Pouchet de benzer deneyler yaptığında cam kapları birkaç gün sonra mikroorganizmalarla dolmuştu. Bu sonuçları, kendiliğinden üremenin gerçekleşebileceğinin ispatı olarak yorumladı. Pasteur, deneylerinin sonucu beklediği gibi olmayınca cam kaplarını yeterince iyi temizlemediğini düşündü ve Pouchet’in her zaman özensiz davrandığını varsaydı. Beklediği gibi sonuçlanmayan, hatta Pouchet’i destekler mahiyetteki bazı deneylerini sessizce görmezden gelse de, Pasteur günün kazananı oldu! Bu zaferin arkasında kısmen kendi haklılığına inanan inatçı ve kararlı bir bilim

insanı olması, kısmen de Virchow'un "bütün hücreler hücrelerden gelir" savının destek bulması vardı. İnsanlar Pasteur'e inanmak istedi çünkü teorileri köhne fikirlere kıyasla önemli bir adımdı ve bilim açısından da çok önemliydi.

Mikroskopi, tıbbi ve biyolojik araştırmalarda önemli ilerlemelere olanak tanır. Mikroskoplar geliştirildi ve mercek altında incelenecek örnekleri hazırlarken kullanılan araçlar da geliştirildi. Boya gibi davranan özel kimyasallar, hücre yapısının başka türlü görülemeyen özelliklerini renklendirip vurguladığı için bilhassa önemliydi. Özellikle de renklendirilen hücre çekirdeğinde bir dizi koyu renkli iplik bulunduğu gözlemlendi ve bunlara "kromozom" adı verildi. ("Kromo" sözcüğü Yunançadaki "renk" sözcüğünden geliyordu.) Hücre bölünürken kromozomların arttığı görülebiliyordu. Bu keşfin ve bilim insanları tarafından tanımlanan hücrenin diğer parçalarının önemi, 20. yüzyılda anlaşılabilecekti. Ama 19. yüzyıl doktorları ve biyologları bunun zeminini hazırlamaya başladı. Her şeyden önemlisi, bitkilerin ve hayvanların hem sağlıklıyken hem de hastayken nasıl fonksiyon gösterdiğini anlamak için onları oluşturan hücrelerden başlamak gerektiğini ortaya koydular. Belli bir hücre türü, hastalıkların anlaşılmasında özellikle önemli hale geldi: Bunlar *bakteri* adı verilen tek hücreli organizmalardı. Louis Pasteur'le işimiz henüz bitmedi çünkü mikroplar ve hastalık arasındaki bağlantının kurulmasında ve mikroorganizmaların günlük hayatımızdaki yerinin anlaşılmasında merkezi bir rol oynadı.



Öksürük, Hapşırık ve Hastalık

Burnumuz aktığında, öksürdüğümüzde veya midemiz bozulduğunda genellikle hastalık veya virüs *kaptığımızı* söyleriz; bununla bir tür mikrobu kastederiz. “Kapmak” ifadesi bize o kadar doğal gelir ki hastalıklara mikropların neden olabileceği teorisi ortaya atıldığında bunun ilk başta ne kadar şaşırtıcı olduğunun farkına varmayız. Yüzyıllar önce doktorlar, hastalıkların “humor” adı verilen vücut sıvılarındaki değişikliklerden kaynaklandığını söylüyordu. Daha da yakın tarihlerde doktorlar bünyenin zayıflığını (buna “kötü genler” de diyebiliriz), yeme-ye veya içmeye çok fazla düşkün olmayı ya da bütün geceyi uyumadan geçirmek gibi kötü alışkanlıkları sorumlu tutuyordu. Hiç kimse dışarıdan gelen canlı bir organizmanın hastalığa neden olabileceğini

düşünmemişti. Bu yeni bir fikirdi ve hastalığın ne anlama geldiğini yeni baştan düşünmeyi gerektirdi.

Doktorlar daha eski çağlarda hastalığın "tohumları" hakkında konuşmuştu. "Virüs" sözcüğü de sıkça kullanılmıştı ama o zamanlar "zehir" anlamında kullanılmıştı. İnsanların kazayla veya kasten zehirlenerek ölmesi yeni bir şey değildi. Mikrop teorisinin yeni olan tarafı, dış kaynağın küçük bir canlı yaratık, yani mikroorganizma olmasıydı. Bu, hastalıklar konusunda savaş dilinin kullanılmasını da beraberinde getirdi. Vücudun mikroplara karşı kendini "savunduğu" ve enfeksiyonla "savaşabildiği" söylendi. Mikrop teorisi tıpta önemli bir dönüm noktasıydı.

Son bölümde bunun en önemli savunucusu Louis Pasteur'ü tanımiştık. Pasteur mikroplara aşama aşama geldi. Birçok günlük olayda, örneğin bira yapımında, şarabın mayalanmasında ve ekmeğin pişirilmesinde mikroorganizmaların rolünü araştırmakla meşguldü. Süt ve süt ürünlerinin "pastörize edilmesi" de Pasteur'ün yaptığı keşifleri temel alıyordu. Buzdolabınıza baktığınızda onun ismiyle karşılaşrsınız. Pastörize süt, içindeki "mikropların" ölmesi için doğru ısıya kadar kaynatılmıştır. Uzun süre dayanır ve güvenle içilebilir.

Bakteri, maya, mantar ve diğer mikroorganizmaların insan ve hayvan hastalıklarına yol açabileceğini göstermek yine de büyük bir adımdı. Mikroorganizmaları mikroskop aracılığıyla görmekle, onların belirli bir hastalığa yol açtığını göstermek birbirinden tamamen farklı şeylerdi. Günümüzde "enfeksiyöz" olarak nitelendirdiğimiz hastalıklar her

zaman ölümcül olmuştur. Bubonik veba veya “kara ölüm”, vücutta “bubo” [hıyarcık] denen çok ağırlı şişliklere ve yüksek ateşe yol açıyordu. 1340’lardan itibaren İngiliz kentlerini ve kasabalarını 300 yılı aşkın bir süreyle tekrar tekrar kasıp kavurdu. Hastalık, sıçanların üzerinde yaşayan pireler yoluyla yayılıyordu ama sıçanlar ölünce pireler insanlara da geçiyordu. Çiçek, tifüs ve kızıl da ciltte yol açtığı döküntüler ve yüksek ateşle birlikte çok fazla can kaybına neden oluyordu. Anne babalar, sekiz veya daha fazla çocuk yapabiliyordu ve birçoğunu henüz küçük yaştayken hastalığa kurban veriyordu.

Doktorlar bu hastalıkları incelediğinde iki farklı açıklama getirdiler. Bazıları tüm toplumu etkisi altına alan bu hastalıkların *kontajiyöz* olduğunu düşündü. Bu, hastalıkların kişiden kişiye temas yoluyla yayıldığı anlamına geliyordu. Sağlıklı bir kişi, hasta birine veya hastanın kıyafetlerine veya çarşaflarına dokunduğu zaman hastalığa yakalanıyordu. Ciltte korkunç beneklerin çıkmasına yol açan çiçek hastalığı, görünüşe göre kontajiyöz hastalıktı; bu hastalığa hiç yakalanmamış olan kişiler bir arkadaşının veya akrabasının bakımını üstlendiğinde hastalık genellikle onlara da bulaşıyordu.

Diğer hastalıkların yayılmasını bulaşma yoluyla açıklamak bu kadar kolay değildi. Doktorlar bu hastalıklara miazmaların neden olduğu yönünde bir teori geliştirdi. Miazma kötü veya sağlıklı bir koku veya buğudur. Miazmatik hastalıkların atmosferdeki sağlıklı oluşumlardan, örneğin çürüyen sebzeler ve lağım sularının pis kokusundan veya hasta odalarının kötü kokusundan kaynaklandığı söylendi.

1800'lerde kolera en korkulan salgın hastalıktı. Hindistan'da yaygın olarak görülüyordu ama 1920'lerde tüm dünyaya yayılmaya başladı. Hindistan'dan Britanya'ya ulaşması altı yıl aldı. Bu yeni ve dehşet verici deneyim büyük paniğe yol açtı. Koleraya yakalananlar yoğun ishal ve kusmanın ardından bir deri bir kemik kalıyordu ve ıstırap içinde korkunç bir ölüme sürükleniyordu. Hastalık zavallı kurbanları genellikle bir gün içinde öldürüyordu.

Günümüzde uluslararası seyahatler hastalıkların çabucak yayılmasına neden olurken, o günlerde hastalıklar çok daha yavaş bir biçimde ilerliyordu. Avrupalı doktorlar ve yetkililer koleranın Asya ve Doğu Avrupa'ya yavaş yavaş yayılmasını gözlemlerken, bunun temas yoluyla mı bulaştığı yoksa miazmatik bir salgın mı olduğu noktasında kararsız kaldı. Birçok kişi, hastalığın herkesin paylaştığı bir şey aracılığıyla yayıldığından endişelendi. Hastalık soluk alıp verdikleri hava yoluyla yayılıyor olabilir miydi?

Yetkililer, hangi teoriye inandıklarına bağlı olarak hastalığın yayılmasını durdurmak için farklı önlemlere başvurdu. Hastalık temas yoluyla bulaşıyorsa kurbanları izole etmek ve karantina altına almak en etkili önlemdi. Miazmadan kaynaklanıyorsa havayı temizlemek ve hava kalitesini artırmak önemliydi. Kolera 1831 yılında Britanya'yı ilk kez etkisi altına aldığı anda çok hararetli tartışmalara konu oldu. Oluşan panik havasında tıbbi görüşler bölündü ama karantina önlemleri çok fazla işe yaramıyormuş gibiydi. Hastalık 1848 ve 1854 yıllarında tekrar ortaya çıktığında Londralı doktor

John Snow (1813-58) olup biteni zekice çözümlledi. Yaşadığı semtin sakinleriyle konuştu ve vakaların görüldüğü evlerin haritasını çıkardı. Hastalığın Londra'nın merkezinde yer alan Soho'daki bir tulumba suyundan kaynaklandığını tespit etti. Tulumba kuyusunun kolera kurbanlarının dışkı veya kusmuğuyla kirlenmiş olabileceğini düşündü ve mikroskopla incelemek için örnek aldı. Snow hastalığın nedenini tam olarak belirleyemese de bu çalışmasıyla halk sağlığı için temiz suya duyulan ihtiyacı vurguladı.

Snow'un yürüttüğü araştırma, koleranın nedenini değil, nasıl yayıldığını gösterdi. Hastalığın nedeninin belirlenmesinde laboratuvar ve özellikle de Louis Pasteur'ün laboratuvarı kilit rol oynadı. Pasteur mikroorganizmalar üzerindeki araştırmalarını sürdürürken, Fransız devleti tarafından ipek endüstrisini sarsan ipekböceği hastalığını araştırma-ya davet edildi. Pasteur görev bilinciyle, ailesiyle birlikte Fransa'nın güneyine, ipek üretimi yapılan bölgeye taşındı. Problemin nedenini belirlemeye çalışırken karısı ve çocuklarından da yardım aldı. İpekböceği larvalarını etkisi altına alan şeyin bir mikroorganizma olduğu ortaya çıktı. Pasteur bu mikroorganizmayı önlemenin yolunu göstererek Fransız ipek endüstrisini kurtardı.

Pasteur, hastalıkların izini sürmeye girişti. İnsanların ve hayvanların yakalandığı birçok hastalığa mikroorganizmaların neden olduğu inancını kanıtlamak istedi. Çiftlik hayvanlarında görülen ve bazen de insanlara bulaşan şarbon hastalığıyla başladı. Şarbon yakın geçmişe kadar unutulmuştu

ama teröristlerin tehditleriyle yeniden gündeme geldi. Şarbon ciltte kötü yaralara neden olur ve kana karışırsa ölümcül olabilir. Tespit edilmesi görece daha kolay olan büyük bir bakteriden kaynaklanır. Pasteur'ün aşı yaparak önleyebildiği ilk insan hastalığı olmuştur.

1796'ya geri döndüğümüzde, İngiliz köy doktoru Edward Jenner bir çocuğa benzer ama çok daha hafif bir hastalığı enjekte ederek çiçek hastalığını önlemeyi başarmıştı. Kovpoks, ineklerde görülen çiçek hastalığıydı ve bazen sütçü kızlara bulaştığı da oluyordu. Sütçü kızlar daha tehlikeli olan çiçek hastalığından bu sayede korunuyormuş gibiydi. Jenner yeni prosedürüne *aşı* [*vaccination*] adını verdi; bu adı Latince inek anlamına gelen *vacca* sözcüğünden türetmişti. Aşı programları birçok ülkede başlatıldı ve bu ciddi hastalığın çok daha az görülmesine katkıda bulundu.

Pasteur de şarbon hastalığı için benzer bir şey yapmak istiyordu ama şarbonla yakından bağlantılı bir hastalık yoktu. Bunun yerine, şarbon bakterisini daha zayıf hale getirmenin yollarını denedi. Bakterinin yaşam koşullarını, örneğin sıcaklığı değiştirdi; beslenebileceği gıdayı değiştirdi veya bakteriyi açık havaya maruz bıraktı. Tıpkı bizim gibi bakterinin de gelişebilmek için doğru koşullara ihtiyacı vardı. Pasteur, şarbon bakterisini hastalığa yol açamayacak kadar zayıflatmayı başardı ve bu zayıflatılmış bakteriye Jenner'ın anısına *aşı* [*vaccine*] adını verdi. Daha sonra da deneye tanıklık etmeleri için gazetecileri çağırdı. Aşı yaptığı koyun ve ineklere şarbon bakterisi verdi. Deney çarpıcı bir

başarıyla sonuçlandı. Aşılanan hayvanlar bakteriden etkilenmezken korunmayan hayvanlar hastalıktan öldü. Pasteur dünyanın tıp biliminin gücünü görmesini sağladı.

Şarbondan sonra sıra kuduz geldi. Kuduz genellikle enfeksiyonlu bir hayvanın ısırmasıyla bulaşan korkunç bir hastalıktı. Çoğu zaman ölümcüldü; birçoğu küçük yaşta olan kurbanların ağzı köpürüyordu ve su bile içmeleri mümkün olmuyordu. Pasteur ve kuduz hakkındaki dikkate değer bir noktada, Pasteur'ün uğraştığı şeyi hiç görememiş olmasıydı. Kuduz neden olan virüs öylesine küçüktü ki Pasteur ve çağdaşlarının kullandığı mikroskoplarla görüleliyordu. Ancak Pasteur kurbanlarının semptomlarını biliyordu. Kuduz neden olan virüs, beyin ve omuriliğe saldırıyordu; sinir sisteminin merkezini hedef alıyordu. Bu nedenle Pasteur virüsü yapay olarak "kültürlemek" (yetiştirmek) için tavşanların omuriliğini kullandı. Virüsü hangi koşullarda kültürlediğine bağlı olarak daha çok veya daha az zararlı hale getirebiliyordu. Aşı üretmek için daha zayıf virüsleri kullandı. İlk insan vakasında çarpıcı bir başarıya ulaşınca Pasteur dünya çapında şöhrete ulaştı. Joseph Meister kuduz köpek tarafından ısırılmış küçük bir çocuktü. Çaresiz anne babası onu Pasteur'e getirmişti. Pasteur bir dizi enjeksiyonla çocuğun hayatını kurtarmak için elinden geleni yapmayı kabul etti. Pasteur kimyacıydı, dolayısıyla enjeksiyonları bir doktorun yapması gerekti ama aşı başarılı oldu. Küçük Meister yaşadı ve hayatının geri kalanı boyunca Pasteur için çalıştı. Kuduz hayvanlar tarafından ısırılan diğer insanlar,

yeni mucizevi tedaviden yararlanmak için Paris'e akın etti. Başarılı tedavi uluslararası bir sansasyon yarattı. Pasteur'ün adını taşıyan bir enstitünün kurulması için bağışlar toplandı. Pasteur ölene kadar bu enstitüde çalıştı. Pasteur Enstitüsü yüzyılı aşkın bir süre sonra halen gücüne güç katıyor.

Pasteur hem çarpıcı başarılarıyla hem de mikroorganizmaları yetiştirip inceleme yöntemleriyle her zaman olağandışıydı. Diğer bilim insanları onun yöntemlerini hantal ve zorlu buldu. Bilim insanlarının halen bakterileri incelemek için kullandığı laboratuvar araçlarının birçoğu, Pasteur'ün Alman rakibi Robert Koch (1843-1910) tarafından geliştirildi. Pasteur'ün aksine Koch bir doktordu ve bu çalışmalarına hastalarını tedavi ederken başlamıştı. O da kolayca görülebilen şarbon bakterisi üzerinde çalıştı. Şarbonun hayvanlardan insanlara nasıl geçtiğini inceledi ve bakterinin karmaşık bir yaşam döngüsü olduğunu keşfetti. "Spor aşaması" denilen aşamada bir tür kış uykusuna yatıyormuş gibiydi. Öldürülmesi çok zor olan bu sporlar hem insanlara hem de hayvanlara bulaşabildiği için hastalık birden fazla yönde ilerleyebiliyordu. Bakteri yalnızca tek hücreden oluşsa da çok karmaşık bir organizmaydı.

Koch, hastalığa neden olan bakterilerin görünür bir kaydını tutmak için fotoğrafçılığın kullanılmasına öncülük yaptı. Bakterilerini agar-agar adındaki bir tür denizyosunu tabakasına yerleştirdi. Bu jölemsi tabaka, bakteri kolonilerinin tanımlanıp incelenmesine olanak tanıdı. Bu, Pasteur'ün kıvrımlı cam kaplarından ve sulu karışımlarından çok daha

az karmaşıktı. Koch'un Petri adındaki asistanı, denizyosununu yerleştirmek ve bakterileri yetiştirmek için kullanılan küçük tabağı icat etti. Koch da farklı bakterileri tanımlamak için renkli lekelerin kullanımına değer verdi. Bu gelişmeler bakteriolojinin çehresini değiştirdi ve tüm dünyadan doktorlar ve bilim insanlarının bu küçük organizmalardan anlam çıkarmaya başlamasına yardımcı oldu.

Koch tam bir "mikrop avcısıydı." ("Mikrop" sadece mikroorganizmanın kısaltmasıdır.) 19. yüzyılın en önemli hastalıklarından ikisine neden olan bakteriyi tanımladı. 1882 yılında tüberküloza yol açan bakteriyi keşfettiğini duyurdu. Tüberküloz, 19. yüzyılda diğer her hastalıktan daha çok ölüme yol açmıştı ama doktorlar bunun kalıtsal olduğunu ya da sağlıklı yaşam tarzından kaynaklandığını düşünüyordu. Koch'un araştırması, tüberkülozun hasta bireyler tarafından yayılan bulaşıcı bir hastalık olduğunu gösterdi. Grip, kızamık, tifüs ve kolera gibi salgın hastalıklardan farklıydı çünkü yavaştı. Yayılırken ve bulaşırken de, öldürürken de yavaştı. Tüberküloz genellikle akciğeri yıllarca tahrip ediyordu.

Koch'un ikinci büyük bulgusu, en çok korkulan diğer hastalığa, koleraya neden olan bakteriydi. 1883 yılında Mısır'da ortaya çıktığında Fransızlar ve Almanlar bu hastalığın nedenini araştırmak için bilim insanları gönderdi. Bu bir nevi yarıştı. Fransız ekibinden biri hastalığa yakalanıp öldü. (Pasteur de gitmek istedi ama fazla zayıftı.) Koch ve Alman meslektaşları, doğru bakteriyi bulmuş olabileceklerini düşündüler ama emin olamadılar. Koch hastalığın

her zaman bulunduğu Hindistan'a gitti. Kolera basilini tanımlarken Snow'un haklı olduğunu gösterdi; suyun içinde olan bir şeydi. Hem hastaların diyare örneklerinde hem de su çektikleri kuyularda kolera basiline rastladı. Bulaşıcı hastalıkların nedenini anlamak, daha iyi kontrol edilebilmelerine zemin hazırladı ve nihayetinde son yüzyılda milyonlarca insanın hayatına mal olan aşılardan geliştirilmesini sağladı.

1870'lerin sonundan itibaren birçok hastalığa neden olan mikrop doğru bir biçimde tanımlandı (ve birçoğunun aslında hiç tehlikeli olmadığı açıklandı.) Bu heyecan verici bir dönemdi ve birçok doktor, tıp ve hijyen için yeni bir şafağın müjdelendiğini düşündü. Temiz suyun, sütün ve yiyip içtiğimiz her şeyin önemi anlaşıldı. Doktorlar bize tuvaletten sonra ellerimizi yıkamamızı veya öksürürken ağzımızı kapatmamızı tavsiye etmeye başladı. Mikropları tanımlamak, bilim insanlarının aşı ve daha sonra da ilaç üretebileceği anlamına geliyordu. Ve modern ameliyatlar da mümkün hale geldi.

Daha 1860'larda İngiliz cerrah Joseph Lister (1827-1912) Pasteur'ün mikroplarından ihlam aldı. *Antiseptik* ameliyat adını verdiği yöntemi geliştirdi. İlk yardım çantanızda büyük olasılıkla bir antiseptik krem vardır. Lister'in yeni yöntemi, lağım suyunu dezenfekte etmekte kullanılan fenol adıyla bilinen karbolik asitten yararlanıyordu. Lister, ameliyat aletlerini ve vücudun kesilen kısımlarına yerleştirdiği bandajları yıkamak için karbolik asit kullandı. Daha sonra operasyon sırasında hastanın vücuduna ve cerrahın eline karbolik asit püskürtmeye yarayan bir araç icat etti. Hastalarının duru-

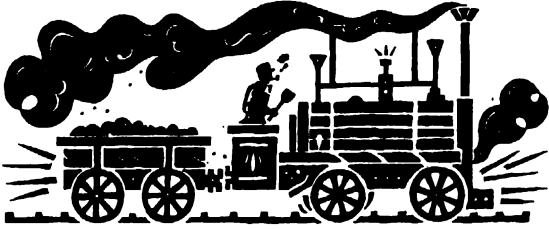
munu, onun yöntemlerini kullanmayan cerrahların hastalarıyla veya kendisinin daha önceki hastalarıyla kıyasladığında çok daha fazlasının ameliyattan sonra hayatta kalabildiğini gördü. Operasyon bölgesinde başlayan ve kana karışan enfeksiyonlardan dolayı ölmüyorlardı. Pasteur kendiliğinden üreme diye bir şeyin olmadığını kanıtlayan deneylerinde, “mikropların” havadaki toz partikülleriyle taşındığını göstermişti. Lister karbolik asit uygulayarak bu mikropları öldürmüştü.

Robert Koch, Pasteur’ün laboratuvar araçlarını geliştirdiği gibi Lister’in antiseptik ameliyat yöntemini de daha ilerilere taşıdı. Lister yarada hastalığa neden olan her türlü mikrobu öldürmeyi amaçladı. Koch’un *aseptik* ameliyat yöntemi, her şeyden önce mikropların yaraya ulaşmasını engelledi. Koch ameliyat araçlarını sterilize etmek için çok sıcak buhar kullanan bir cihaz icat etti. Aseptik ameliyat, cerrahların, vücut boşluklarına (göğüs, karın ve kafatası) ilk kez güvenle girebilmesine olanak tanıdı. Ameliyat önlükleri ve maskeler, lastik eldivenler ve steril ekipmanla modern ameliyat tiyatromuz aşama aşama ortaya çıktı.

Ameliyatlar modern hijyenle birlikte anestezi olmadan gelişemezdi. Anestezi 1840’larda Amerika’da tıbbi olarak uygulanmaya başlandı. Tıbbın hizmetindeki kimyanın bir zaferiydi çünkü insanları uyutmak için uygulanan bileşikler –eter ve kloroform– laboratuvarda üretilen kimyasallardı. (Humphry Davy’nin nitröz oksidi de ilk anestezi yöntemleri arasındaydı.) Ameliyatlardan doğuma kadar birçok uygulamada şiddetli ağrıların ve bazen de

ölümün önüne geçilebilmesi, mucizeden başka bir şey değildi. Bunun öncülerinden biri, kolerayla ünlenen John Snow'du. Snow'un anestezi kariyeri, Kraliçe Victoria'ya son iki çocuğunu doğururken anestezi uygulamasıyla birlikte zirveye çıkmıştı. Anestezisiz yedi bebek doğurmuş olan Kraliçe, bunun harika bir şey olduğunu düşünmüştü.

Mikropları anlamak, gelişmiş cerrahiye mümkün kıldı. Doktorların insanlık tarihi boyunca çok fazla acı ve ölüme yol açmış bulaşıcı hastalıkları anlamasını sağladı. Edward Jenner'ın belirli hastalıkların aşılarını keşfetmesi artık bilimsel bir temele oturdu. O dönemde zararı görülmüş olsa bile bu aşılardan değeri vardı; aşı olan herkesin birçok bulaşıcı hastalıktan korunabileceği umudunu yaydı. Bugün mikroplar hakkında Pasteur ve Koch'un zamanına göre çok daha fazla bilgi sahibiyiz. 36. Bölümde göreceğimiz gibi bu bakteri, virüs ve parazitlerin yeni koşullara adapte olup değişmekte ne kadar usta olduklarını daha iyi biliyoruz. Doktorların onlara karşı uyguladığı ilaçlar ve tedavilere adapte oluyorlar ve daha dirençli hale geliyorlar. Bu bir Darwinci evrim dersidir. Darwin'in öncelikle öğrettiği gibi, uyum sağlayabildikleri için hayatta kalabiliyorlar.



Motorlar ve Enerji

"Bayım, burada tüm dünyanın sahip olmayı arzuladığı şeyi satıyorum – GÜÇ." Mühendis Matthew Boulton (1728-1809) neden söz ettiğini gayet iyi biliyordu. 1770'lerde Boulton ve daha birçok hırslı adam, madencilik ve imalatla buhar makinelerini kullanıyordu. Mucit James Watt (1736-1819) da onların arasındaydı. Enerji veya gücü evcilleştirmişe benziyorlardı. Sanayileşen ve fabrika sistemini geliştiren ilk ülke olan Britanya'da Sanayi Devrimini ileri taşımışlardı. Bu, bilimsel ilerlemenin yön verdiği bir devrimdi ve ürünleri çok hızlı üretmek ve çok uzaklara nakledeyerek yaygın biçimde dağıtmak için muazzam güç artışlarını temel alan bir devrimdi. Modern dünyamız enerji olmadan hayal edilemez; çok fazla enerjiye ihtiyaç duyar. Ve her şey buharla başlamıştır.

Buhar makinelerinin kendisi oldukça basitti. Kapğını kapattığınız bir tencerede su kaynattığınızda

bu prensibin nasıl işlediğini her seferinde görebilirsiniz. Buhar gücü, buharın dışarı çıkabilmesi için kapağa baskı uygular ve onu tıngırdatar. Tencere yerine bir ucunda küçük bir delik olan kapalı bir silindire sahip olduğunuzu hayal edin. Bunun içine hareket edebilen bir piston yerleştirilir. (Piston, silindire tam uyan bir disk ve deliğe tam uyan bir tokmaktan oluşur.) Kaçan buharın baskısı, pistonu yukarı doğru iter ve ona iliştirilen şeyi –belki de bir trenin tekerleklerini– hareket ettirir.

Ne Boulton ne de Watt buhar makinesini icat etti. Buhar makinesi yüz yılı aşkın bir süredir vardı. Ama ilk modeller ham, güvenilmez ve verimsizdi. Özellikle Watt, buhar makinesinin geliştirilmesinin ardındaki beyindi. Watt'ın modeli Britanya'nın sanayileşmesine katkıda bulunan gücü sağlamakla kalmadı, aynı zamanda bilim insanlarının doğanın temel bir yasasını araştırmasına olanak tanıdı. Lavoisier'in düşündüğü gibi ısıнын bir madde değil, bir enerji türü olduğunu görmelerini sağladı.

Sanayi Devrimi sırasında motorları araştıran düşünceli kişiler arasında biri özellikle ön plana çıkıyordu: genç Fransız mühendis Sadi Carnot (1796-1832). Fransız ve İngilizler bu dönemde en büyük rakipti. Carnot, İngilizlerin buhar makinelerinin tasarlanmasında ve üretilen gücün kullanılmasında öne geçtiğinin farkındaydı. Fransızların geride kalmasını istemiyordu ve buhar makinelerinin işini yapmasını izlerken temel bir bilimsel prensibi keşfetti. Bu, buhar makinelerinin *verimliliğiyle* ilgiliydi.

Buhar makinesi mükemmel biçimde verimli olursa suyu kaynatmak için ihtiyaç duyulan *tüm* enerji-

yi güce dönüştürür. Buhar üretmek için kömür veya odun yakılarak üretilen ısı miktarını ve ardından da gücü veya pistonun ürettiği işi ölçersiniz. Buhar makinesi mutlak biçimde verimli olsaydı iki ölçüm birbirinin tıpatıp aynısı olurdu. Ne yazık ki mutlak verimli buhar makinesi yapmak olanaksızdır.

Bütün buhar makinelerinde soğuyan buharın ve suyun toplandığı bir hazne veya "tekne" vardır. Motora giren buharın sıcaklığını ve her döngü sonunda haznede kalan buharın (veya suyun) sıcaklığını ölçebilirsiniz. Kaynaktaki sıcaklık, haznede kalan sıcaklıktan her zaman daha yüksektir. Carnot, buhar makinelerinin verimini hesaplamak için bu iki sıcaklık değeri arasındaki farkın kullanılabileceğini gösterdi. Kusursuz verimliliğe 1 denirse, aktüel verimliliği belirlemek için haznedeki sıcaklık, kaynaktaki sıcaklığa bölünür ve 1'den çıkarılır. Kusursuz verimliliği gösteren 1'i elde etmenin tek yolu, buhar makinesinin bütün ısıyı buhardan almasıdır. Yani $1 - 0 = 1$ olur. Bunun için de sıcaklık ölçümlerinden birinin ya sıfır ya da sonsuz olması gerekir. Kaynaktaki buharın sıcaklığının sonsuz olması ya da haznede kalan buharın (veya suyun) sıcaklığının "mutlak sıfır" (teorik olarak en düşük olası sıcaklık) olması mümkün değildir, bu nedenle verimlilik her zaman mükemmellikten uzaktır.

Carnot'un motorların verimliliğini hesaplamayı amaçlayan basit denklemi, doğanın derin bir yasasını da özetler. Bazen bilimkurguda karşımıza çıkan "devridaim", yani devamlı hareket denilen şeyin gerçek dünyada neden asla var olamayacağını açıklar. Enerji üretmek için her zaman enerji

kullanmak zorundayız. Örneğin ilk başta suyu ısıtmak için kömür veya başka yakıtları yakmamız gerekir. 1840'lar ve 1850'lerde diğer bilim insanları doğanın bu temel olgusu üzerinde çalışıyordu. Alman fizikçi Rudolph Clausius (1822-88) onlardan biriydi. Hayatının büyük bir kısmını dikkatle kontrol edilmiş deneysel koşullarda ısıнын nasıl aktığını inceleyerek geçirdi. Bunu yaparken fizikte yeni bir kavramı ortaya attı: *entropi*. Bu, bir sistemdeki şeylerin ne kadar dağınık (düzensiz) olduğunun ölçümüdür. Bir şeyleri karıştırmak, ayrıştırmaktan çok daha kolaydır. Beyaz ve siyah boyayı karıştırırsanız gri boya elde edersiniz. Karıştırmak kolaydır ama tekrar siyah ve beyaz boya elde etmek için gri boyayı ayrıştırmak olanaksızdır. Çayınıza süt ve şeker koyup karıştırırsanız, zahmete girmeyi göze alırsanız şekeri geri alabilirsiniz ama sütü geri alamazsınız. Enerjide de durum farklı değildir; kömürü yaktıktan sonra açığa çıkan ısıyı kullanarak kömürü geri elde edemezsiniz.

19. yüzyıl insanına göre entropi bunaltıcı bir fi-kirdi. Clausius, evrenin gittikçe daha karışık hale geldiğini çünkü entropinin onun "doğal" aşaması olduğunu açıkladı. Tıpkı bir odayı derleyip toparlamanın o odayı dağıtmaktan daha fazla enerji gerektirmesi gibi, birbirine karışan şeyleri ayrıştırmak daha fazla enerji gerektirir. Clausius'a göre evren yavaşça zayıflar ve en sonunda maddeyle enerji tüm uzayda eşit bir biçimde dağılacaktır. Güneşimiz bile eninde sonunda ölecektir. Yaklaşık beş milyar yıl sonra o öldüğünde dünya üzerindeki yaşam da son bulacaktır. Bu arada elbette bitkiler ve hay-

vanlar, insanlar ve insanların evleri ve bilgisayarları Clausius'un nihai son öngörüsüne meydan okur. Eski bir deyişte söylendiği gibi "yağmur yağarken küpünü doldurur", yani fırsatlardan sonuna kadar yararlanır.

Fizikçiler ve mühendisler, entropinin etkileri hakkında endişelenirken bir yandan da enerjinin tam olarak ne olduğunu araştırdı. Isı önemli bir enerji türüdür ve enerji incelemesine *termodinamik* denir (bu terim Yunanca "ısı" ve "güç" anlamına gelen sözcükler birleştirilerek türetilmiştir). 1840'larda birçok kişi farklı enerji türleri arasındaki ilişki hakkında benzer sonuçlara ulaştı. Çok çeşitli şeyleri araştırdılar. Su donduğunda veya kaynadığında ne olur? Kaslarımız ağırlıklarını nasıl kaldırabilir? Buhar makineleri, iş yapabilen bir şey üretmek için sıcak su buharını nasıl kullanır? (Buharlı trenlerin kullanıldığı ilk demiryolu, 1825 yılında İngiltere'nin kuzeyinde açıldı.) Soruna farklı açılardan yaklaşanlar sonunda aynı sonuca vardı: Enerjiyi yoktan var edemezsiniz veya tamamen yok edemezsiniz. Enerjiyle yapabileceğiniz tek şey, onu bir formdan başka bir forma dönüştürmektir. Bazen bu sırada sizin için bir şeyler yapmasını da sağlayabilirsiniz. Bu, *enerji korunumu* prensibi olarak bilinmeye başladı.

Manchesterlı fizikçi J. P. Joule (1818-89) ısı ve iş arasındaki ilişkiyi anlamak istedi. Belirli miktarda iş yapmak için ne kadar enerjiye ihtiyaç duyulur? Joule bir dizi parlak deney gerçekleştirerek ısı ve iş arasında matematiksel olarak ifade edilebilecek doğrudan bir ilişki bulunduğunu gösterdi. İş üretmek

(örneğin bir bisikleti sürmek) için enerji kullanırsınız. Isı yaygın bir enerji türüdür. Bir dağın zirvesine tırmandığınızı düşünün. Kaslarınızı her hareket ettirdiğinizde enerji kullanırsınız. Bu enerji, yediğimiz ve sindirdiğimiz gıdalardan gelir ve soluduğumuz oksijeni kullanarak gıdalarımızdaki kalorileri “yakarız”. Dağın zirvesine doğru biri çok dik, diğeri hafif eğimli iki yol olabilir. Joule, ihtiyaç duyulan enerji bakımından hangi yolu izlediğinizin bir öneminin olmadığını gösterdi. Dik yolu izlemek, kaslarınızın ağrımasına neden olabilir ama vücudunuzun ağırlığını dağın zirvesine hareket ettirirken kullandığınız enerji miktarı aynıdır. Hangi yolu izlerseniz izleyin veya ister koşun, ister yürüyün sonuç değişmez. Joule’nin adı, enerji birimi veya sıcaklık birimi de dahil olmak üzere birçok ölçümle ilişkilendirilmiştir ve fizikçiler bu şekilde Joule’yi anmaya devam eder.

İnsanlar uzunca bir süre objelerin ne kadar ısı içerdiğini, yani *sıcaklığının* ne olduğunu ölçmeye çalışmıştı. 12. Bölümde tanıdığımız Galileo, sıcaklık arttıkça değişen “termoskop” [ısıgözler] aracını denemişti. Termoskop bir şeyin ısındığını veya soğuduğunu görmeye yarıyordu. *Termometre* sıcaklığın derecesinin sayılarla ifade edilebilmesini sağladı. Sıcaklık skalasını oluşturmaya dönük ilk iki girişimi bugün halen kullanıyoruz. Skalalardan biri, Alman fizikçi Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1736) tarafından geliştirildi. Fahrenheit hem cıva hem alkol içeren termometreler kullandı. Fahrenheit’ın skalasında su 32 derecede donar ve normal vücut sıcaklığımız 98.6 derecedir. İkinci skala, Anders Celsius (1701-44) tarafından geliştirildi. Celsi-

us suyun donma ve kaynama noktalarını esas aldı ve donma noktasını 0, kaynama noktasını 100 derece olarak belirledi. Celsius'un termometresi, bu iki nokta arasındaki sıcaklıkları ölçer.¹ Bu iki skala, halen günlük yaşamımızın bir parçasıdır; bir kekin kaç derecede pişirileceğini söylerken ya da havalar hakkında yakınıırken bunları kullanırız.

İskoçyalı fizikçi William Thomson (1824-1907) başka bir skala geliştirdi. Isı ve diğer enerji türlerinin doğada nasıl etkili olduğuna ilgi duydu. Glasgow Üniversitesinde öğretim görevlisiydi ve daha sonra Lord Kelvin unvanını aldı. Kelvin veya K skalası olarak bilinen sıcaklık skalası, çok hassas ölçümler ve bilimsel prensiplere dayanıyordu. Sıcaklık ölçümünde Celsius ve Fahrenheit skalaları, K skalasına oranla çok ilkel idi.

K skalasının tanımlayıcı noktası, "suyun üçlü noktasıdır". Bu, suyun buz (katı), su (sıvı) ve su buharı (gaz) halinin "termodinamik dengede" olduğu zaman gerçekleşir. Termodinamik denge durumunda, deneysel bir sistemdeki madde, çevresinden izole edilir ve böylece sıcaklık ve basınç sabitlenir. Sonrasında maddenin halinde hiçbir değişiklik olmaz ve sisteme enerji girişi-çıkışı gerçekleşmez. Suyun üçlü noktası katı, sıvı ve gaz hallerinin kusursuz dengede tutulduğu noktadır. Sıcaklık veya basınç değişir değişmez denge veya muvazene kaybolur.

Celsius ve Fahrenheit skalasında sıcaklıklar çok düşerse eksiye iner. Hava tahmincilerinin "eksi iki

¹ Santigrat cinsinden -çn.

veya üç derece" gibi ifadeler kullandığını duymuşsunuzdur. K skalasında eksi değer yoktur. Suyun donma noktası 273.16 Kelvin'dir (Celsius skalasında 0 santigrat derece ve Fahrenheit skalasında 32 derecedir). K skalasında 0 çok daha soğuktur ama 0 gerçekten 0 veya "mutlak sıfır" anlamına gelir. Bu imkansız derecede soğuk havada tüm hareket, tüm enerji durur. Mükemmel verimlilikte bir motor gibi bu da olanaksızdır.

Kelvin ve diğerleri, hem bilimi hem de her türlü motorun pratik işleyişini açıkladı. 19. yüzyıl ilerledikçe bu bölümde ele aldığımız üç keşif, termodinamiğin birinci, ikinci ve üçüncü "yasası" olarak anılmaya başlandı: enerji korunumu, entropi "yasası" ve mutlak sıfırda atomların mutlak hareketsizliği. Bu yasalar enerji, iş ve güç hakkında önemli noktaları anlamamıza yardımcı oldu.

Modern dünya, yeni bulunan güce hiçbir zaman doyamadı. Fabrikalar, gemiler, trenler ve Kelvin'in ömrünün sonlarına doğru motorlu taşıtlar için güce ihtiyaç vardı. Trenler ve buharlı gemiler, kazanlarında yakılan kömürün ısını kullanarak hareket etti. Ama taşıtlarda yeni bir motor türü kullanıldı: İçten yanmalı motor. Bunun için 19. yüzyılın sonlarına doğru keşfedilen petrol veya gazolin adındaki çok uçucu yakıtı ihtiyaç duyuldu. Petrol bir sonraki yüzyılın en önemli ürünlerinden biri haline geldi. Yeni milenyumda da dünyada uğruna en çok mücadele edilen ve gittikçe nadir hale gelen enerji kaynaklarından biri durumunda.



Elementler Tablosu

Bir şey pişirmek için malzemeleri her karıştırdığımızda kimyasal reaksiyonları kullanırız. Su ısıtıcılarımızda biriken kireci sökerken çıkan fışkırtılar, kimyanın bizim için çalıştığının işaretidir. Taşıdığımız plastik su şişeleri, giydiğimiz renkli kıyafetler yüzlerce yılda elde edilen kimya bilgileri sayesinde mümkündür.

Kimya 19. yüzyılda modern hale geldi. Yeniden özetlemek gerekirse, bu yüzyılın başında kimyacılar, 21. Bölümde gördüğümüz Dalton'un atom fikrini benimsemişti. Daha sonra hangi ülkeden olursa olsun bütün kimyacıların anlayabileceği özel bir dilin ortaya çıkmasında önemli adımlar atıldı. Elementlerin simgeleri belirlendi. Bu sisteme göre, örneğin, iki hidrojen atomu için H_2 simgesi kullanıldı. Herkes *atomun* maddenin en küçük birimi olduğunu kabul etti. Sadece bir tek atom türünden oluşan

maddeler (örneğin karbon) için *element* sözcüğü kullanıldı. Kimyasal olarak birbirine bağlanan iki veya daha çok elemente *bileşik* dendi. Bileşikler elementlere ayrıştırılabilirdi (örneğin amonyum bileşiği nitrojen ve hidrojen elementlerine ayrıştırılabilir) ama tek tek elementlere ulaşıldıktan sonra onları daha fazla parçalamak mümkün değildi.

Atomlar, Dalton'un ileri sürdüğü gibi sert küçük toplar değildi ama tam olarak neye benzediklerini tarif etmek de son derece güçtü. Kimyacılar atomların diğer atomlarla veya bileşiklerle yan yana getirildiğinde nasıl davrandığı hakkında daha fazla şey keşfetmeye başladı. Bazı elementler ne yaparsanız yapın başka elementlerle reaksiyona girmiyordu. Bazı elementlerse o kadar şiddetli bir reaksiyona giriyordu ki patlamalara karşı önlem almak gerekiyordu. Bazen de reaksiyon siz tetiklerseniz gerçekleşiyordu. Oksijen ve hidrojen bir şişeye konursa hiçbir şey olmaz. Ama bir kıvılcım çakılırsa dikkatli olmanız gerekir! Büyük bir patlama gerçekleşse de bu reaksiyon sudan daha olağandışı bir şey üretmez. Diğer uçta, magnezyum ve karbon havasız bir şişeye konup sonsuza dek ısıtılsa da hiçbir şey olmaz. Ama şişeye biraz hava girerse parlak bir ışık ve aşırı ısıyla karşı karşıya kalırsınız.

Kimyacılar çeşitli kimyasal reaksiyonların farkındaydı. Bunlara neyin neden olduğunu da merak ettiler. Laboratuvarda ortaya çıkan modelleri araştırdılar. Deneyler asıl olarak iki yoldan gerçekleşti: sentez ve analiz. *Sentezde* elementler bir araya getirilir: Tek tek elementlerle veya basit bileşiklerle başlanır ve bunlar birbiriyle reaksiyona geçtiğinde

sonuçlara –ortaya ne çıktığına– bakılır. *Analiz* ise bunun tam tersidir: Daha karmaşık bileşiklerle başlanır, ayrıştırmak için bir şeyler yapılır ve son ürüne bakılarak başlangıçtaki bileşik anlaşılmaya çalışılır. Bu yöntemler, kimyacılar birçok basit bileşiğin neden oluştuğuna dair iyi bir fikir verdi. Hakkında fikir sahibi oldukları maddelere yeni bileşenler ekleyerek daha karmaşık bileşikler üretmeleri kolaylaştı.

Bütün bu deneylerin sonucunda özellikle iki nokta netlik kazandı. Öncelikle, daha önce gördüğümüz gibi elementler görünüşe göre pozitif veya negatif eğilimlere sahipti. Eski bir tabirde dendiği gibi, zıt kutuplar birbirini çeker. Örneğin doğal olarak pozitif bir element olan sodyum, negatif bir element olan klorla birleştiğinde sodyum klorür, yani yemeklerimize serptiğimiz sofraya tuzu ortaya çıkar. Pozitif ve negatif birbirini götürdüğünden tuz nötrdür. Bütün durağan bileşikler (bir şey yapılmadıkça değişmeyenler) nötrdür. Nötr bileşikleri oluşturan elementlerin de nötr olması gerekmez. Soyduum ve kloru birleştirmek sentez örneğidir. Ürettiğiniz tuzun kimyasal analizini yapabilirsiniz. Tuzu suda çözüldürün ve çözeltiyi pozitif ve negatif kutbu olan bir elektrik alanına koyun. Sodyum negatif kutba, klor pozitif kutba giderek ayrışır. Yüzlerce benzer deney, kimyacıları bu tür elementlerin atomlarının pozitif ve negatif karakteristiklere sahip olduğuna ikna etti. Bu karakteristikler, elementler birbiriyle reaksiyona girdiğinde neler gerçekleşeceğini belirleyen önemli bir rol oynar.

İkinci olarak, deneyler sırasında kimi atom grupları birbirine yapışabilir ve bu kolektif atomlar bir

tek birimmiş gibi davranabilir. “Radikaller” denen bu birimler de pozitif veya negatiftir. Radikaller “organik” kimyada bilhassa önemliydi: Kimyacılar eter, alkol veya benzen gibi birbiriyle ilişkili (tümü karbon içeren) bileşikler dizisini anlamaya başlamıştı. Benzenler her biri halka şeklinde bir yapıya sahip çok ilginç bir gruptu. Birçok kimyacı bu organik grupları sınıflandırmak ve bunların nelerden oluştuğunu ve nasıl reaksiyon gösterdiğini anlamak için can atıyordu. Söz konusu maddelerin birçoğunun sanayide değerli hale gelmesi de bunun önemli bir boyutuydu. Bu tür endüstriyel kimyasallar gitgide küçük laboratuvarlarda değil, fabrikalarda üretildi. Suni gübre, boya, ilaç ve kumaş boyasına ve özellikle 1850’lerden itibaren petrol ürünlerine talep arttı. Modern kimya sanayi ortaya çıktı ve kimya sadece merak veya zenginlik uğruna girilen bir uğraş olmanın ötesine geçip kariyer haline geldi.

Elementler de kendilerine özgü benzersiz kimyasal ve fiziksel özelliklere sahiptir. Gitgide daha fazlası keşfedildikçe, kimyacılar belirli modeller belirledi. Hidrojen, sodyum veya klor gibi bazı elementlerin atomlarının diğer atomlarla sadece tek tek birleşmek istediği anlaşıldı. Örneğin hidrojenin bir tek atomuyla klorun bir tek atomu birleşerek güçlü bir asit oluşturur: hidroklorik asit (HCl). Oksijen, baryum ve magnezyum gibi bazı elementlerin bir tek atomu, görünüşe göre diğer atomlar veya radikallerle birleşmek için ikili bir kapasiteye sahipti. Örneğin suyu oluşturmak için iki hidrojen atomu oksijenle birleşir. Bazı elementler daha da esnekti ve çok sıkı kurallar koymayı güçleştiren istisnalar

her zaman mevcuttu. Elementlerin (ve radikallerin) kimyasal reaksiyona girmeye ne kadar hazır olduğu da değişkenlik arz ediyordu. Örneğin fosfor öylesine aktiftir ki dikkat etmeyi gerektirir ama silikon genellikle durgundur ve çok daha az tehlikelidir.

Elementlerin fiziksel özellikleri de önemli farklar taşıyordu. Örneğin normal sıcaklıklarda hidrojen, oksijen, nitrojen ve klor gazdır; cıva ve sodyumsa sıvıdır. Elementlerin birçoğu doğal olarak katıdır; kurşun, bakır, nikel ve altın gibi metaller bunların arasındadır. Başta karbon ve sülfür olmak üzere yaygın bir şekilde araştırılan daha birçok element, normalde katı haldedir. Birçok katı element sıradan bir fırına konduğunda kolayca eriyebilir ve bazen de buharlaşabilir (yani gaza dönüşebilir). Sıvı cıva ve sodyumun buharlaşması da kolaydır (ama tehlikelidir). 19. yüzyıl kimyacıları oksijen ve nitrojen gibi gazları katı hal şöyle dursun, sıvı hale dönüştürmek için bile sıcaklığı gerektiği kadar düşüremiyordu. Ama bunun yalnızca teknik bir problem olduğunun farkına vardılar. Prensipte her bir element, maddenin katı, sıvı ve gaz hallerinin her birinde var olabilir.

1850'ler itibariyle kimya olgunlaşmıştı ve bu heyecan verici dönemde tartışılmayı bekleyen daha birçok konu vardı: atomların bağıl ağırlıkları, moleküllerin (atom gruplarının) birbiriyle nasıl birleştiği, "organik" ve "inorganik" bileşenlerin arasındaki farklar ve daha bir sürü şey. 1860 yılında modern kimyanın doğmasına katkıda bulunan bir gelişme yaşandı. Uluslararası toplantılar günümüzde çok olağan görülse de o zamanlar olağandışı bir şeydi.

Telefon, elektronik posta ve kolay seyahat imkânlarından önce bilim insanları nadiren görüşmüştü ve çoğunlukla mektuplaşarak iletişim kurmuştu. Yurtdışındaki bilim insanlarının görüşlerini alabilmek ve açık bir tartışma yürütebilmek nadir rastlanan bir olaydı. Uluslararası toplantılar 1850'lerde başladı. Trenler ve buharlı gemiler seyahat etmeyi kolaylaştırdı ve insanların farklı ülkelerden meslektaşlarıyla buluşup konuşabilmesini sağladı. Ayrıca bilim camiasında yaygın olarak paylaşılan bir inanç bütün dünyaya ilan edildi: Bilim objektif ve uluslararasıdır; genellikle insanları bölen ve ulusların birbiriyle savaşmasına yol açan din ve politikanın üstündedir.

1860 yılında Almanya'nın Karlsruhe şehrinde düzenlenen kimya kongresi üç gün sürdü. Avrupa'nın dört bir yanından en önemli genç kimyacıların birçoğu orada hazır bulundu. İçlerinden üçü, yüzyılın geri kalanı boyunca kimyaya yön verecekti. Kongrenin amaçları Alman August Kekule (1829-96) tarafından belirlendi. Kekule, farklı ülkelerden kimyacıların çalıştıkları maddeleri tanımlamak için kullanmaları gereken sözcüklerin yanı sıra atomlar ve moleküllerin doğası hakkında hemfikir olmalarını istemişti. Ateşli Sicilyalı kimyacı Stanislao Cannizzaro (1826-1910) zaten bunu savunuyordu ve kongreye seve seve katıldı. Sibirya'dan gelen tutkulu Rus kimyacı Dmitriy İvanoviç Mendeleyev (1834-1907) de aynı fikirdeydi. Delegeler Kekule'in önerilerini üç gün boyunca tartıştı ve tam bir fikir birliğine ulaşılmasa bile tohumlar atılmış oldu.

Kongrede 1858 yılında Cannizzaro tarafından yayımlanan bir makalenin kopyaları delegelerin

birçoğuna dağıtıldı. Cannizzaro bu makalesinde yüzyılın ilk yarısındaki kimya tarihini özetledi. Kimyacıları kendi yurttaşı Avogadro'nun çalışmalarını ciddiye almaya davet etti. Avogadro atom ve molekül arasında net bir ayırım yapabilmmişti. Cannizzaro elementlerin bağıl atomik ağırlıklarını belirlemenin çok önemli olduğunu savundu ve bunun nasıl yapılabileceğini gösterdi.

Mendeleyev mesajı aldı. Dişli bir kadın olan annesine çok şey borçluydu. 14 çocuğundan sonuncusunu Sibirya'dan St. Petersburg'a götürerek kimya eğitimi almasını sağlamıştı. Mendeleyev, zamanının önde gelen kimyacılarından birçoğu gibi kendi deneylerini ve öğrencilerine öğrettiklerini temel alan bir ders kitabı yazdı. Cannizzaro gibi o da tanımlanan birçok elementi düzenlemek istedi. Modeller zaten ortaya çıkmıştı: "Halojen" ailesi (örneğin klor, brom, iyot) benzer şekillerde reaksiyon gösteriyordu. Ayrıca kimyasal reaksiyonlarda birbirlerinin yerine geçebiliyorlardı. Bakır ve gümüş gibi bazı metaller de reaksiyonlarda benzerlikler taşıyordu. Mendeleyev elementleri bağıl atomik ağırlıklarına göre listelemeye başladı. (Bu sıralamaya göre hidrojen halen 1'di.) 1869 yılında görüşlerini duyurdu.

Mendeleyev elementleri atom ağırlıklarına göre sıralamaktan daha fazlasını yaptı. Sıraları ve sütunları olan, hem soldan sağa hem yukarıdan aşağıya okunabilen bir tablo oluşturdu ve benzer kimyasal özelliklere sahip elementler arasındaki ilişkileri gösterdi. Kendi verdiği adla *periyodik tablo*, ilk başta kabataslaktı ve çok az kimyacının ilgisini çekti. Ancak Mendeleyev tablonun eksikliklerini

tamamlaya başladıkça ilginç bir şey gerçekleşti. Eksik elementler varmış gibi görünüyordu. Tabloya göre orada olması gereken maddeler vardı ama henüz keşfedilmemişti. Aslında tabloda bağlı atomik ağırlıkların öngördüğü bir sütun tamamen yoktu. Yıllar sonra bu kayıp sütun, “soylu” gazlar adı verilen reaktif olmayan gazlarla doldurulacaktı. Kendisinden alttaki insanlarla sosyal olarak kaynaşmayan aristokratik soylular gibi, bu gazlar da kimyasal reaksiyonlardan uzak duruyordu. Temel olanlar 1890’larda keşfedildi ve Mendeleev bulguları ilk başta kabul etmedi. Ama sahip oldukları atom ağırlıklarıyla helyum, neon ve argonun periyodik tablo tarafından öngörülen elementler olduğunu çok geçmeden fark etti.

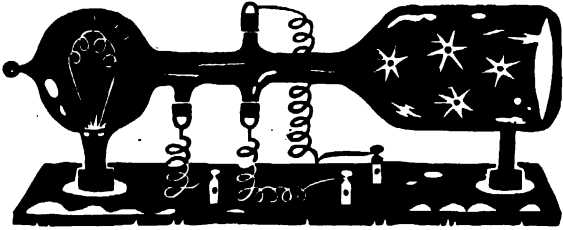
1870’ler ve 1880’lerde kimyacılar Mendeleev’in hazırladığı tabloyla öngördüğü daha birçok elementi keşfetti. Mendeleev’in berilyum ve galyum adı verilecek elementlerin var olması gerektiği yönündeki öngörüsü, birçok kimyacı tarafından çılgınca bir spekülasyon olarak ciddiye alınmamıştı. Ancak belirlediği boşluklar aşama aşama dolmaya başladıkça, kimyacılar periyodik tablonun önemini teslim etti. Tablo doğadaki yeni elementleri keşfetmeleri için onlara rehberlik etti. Her bir elementin neye benzediğini ve diğer kimyasallarla nasıl reaksiyona girdiğini de açıkladı. Mendeleev’in elementleri anlayabilme çabasıyla başlayan şey, doğanın davranışlarının kapısını açan harikulade bir anahtar sundu. Periyodik tablo günümüzde tüm dünyadaki sınıflarda ve kimya laboratuvarlarında asılıdır.

19. yüzyılın geri kalanının büyük bir kısmında kimyacılar kimyasal bileşimle ilgilendi. Spesifik bileşiklerin hangi atomlar ve radikallerden oluştuğu araştırıldı. İlk uluslararası kimya kongresinin arkasındaki beyin olan August Kekule daha da ileri gitti. Bilim insanlarını kimyasal yapıyı anlamaya teşvik etti. Günümüzün kimyası ve moleküler biyolojisi, bir maddedeki atomlar ve moleküllerin nasıl düzenlendiğini, nerede bulunduğunu ve hangi şekilleri aldığını araştıran bilim insanlarının eseri-
dir. Bu anlayış olmadan yeni ilaçlar araştırılamazdı ve Kekule buna öncülük etti. Rüyasında karbon atomları zincirinin tıpkı kendi kuyruğunu ısiran bir yılan gibi kıvrıldığını görmüştü. Bu rüya, en önemli kavrayışlarından biri için ona ilham verdi: Hidrojen ve karbonun bileşiminden oluşan benzen, kapalı bir halka yapısına sahipti. Halkanın çeşitli noktalarında radikaller veya elementler eklenebiliyordu ve bu kavrayış organik kimya için önemli bir ilerlemeydi.

Rüyalar bir şeydir, çalışıp didinmek başka bir şeydir. Kekule laboratuvarında saatlerce çalışarak deneyler yaptı. Organik kimyayı, yani karbon bileşiklerinin kimyasını kavradı ve bunların doğal ailelerinde nasıl sınıflandırılmaları gerektiğini tüm kimya dünyasına öğretti. Karbonların diğer kimyasallara bağlanırken gösterdiği esneklikten büyülenmişti. O zamanlar ısınma ve aydınlatma için yaygın olarak kullanılan metan gazı, bir karbon atomunun dört hidrojen atomuyla birleşmesinden oluşuyordu (CH_4). İki oksijen atomu, bir karbon atomuyla birleştiğindeyse karbondioksit (CO_2) oluşuyordu. Bu

atomik tercihler değiştirilemez değildi. Karbon ve oksijenin birer atomu birleştiğinde ölümcül karbonmonoksit oluşabiliyordu.

Kimyacılar bu birleşme modelleri için bir sözcük türetti: *valans* veya birleşme değeri. Bu değer, Mendeleyev'in periyodik tablosunda her elementin konumuna bakılarak hesaplanabiliyordu. Bunun neden böyle olduğuna dair spekülasyonlar geliştirildi. Ama fizikçilerin atomun ve elektronun içsel yapısını keşfetmesiyle birlikte gerçek bir anlayışa ulaşılabildi. Elektron, kimyacının atomunu fizikçilerin üzerinde çalıştığı atomlara bağladı. Bir sonraki bölümde bu öyküye göz atacağız.



Atomun İçine Doğru

Kimyacılar atomu sevmişti. Atomlar kimyasal reaksiyonlara giriyordu. Bileşiklerin içinde net konumları vardı. Aşağı yukarı periyodik tablodaki yerine göre belirlenen özelliklere sahipti. Her atom, diğer atomlarla ilişkisinde negatif ya da pozitif olma eğilimindeydi ve valans adı verilen birleşme modellerine sahipti. Kimyacılar bir tek atomla atomların bir araya gelip oluşturdukları moleküllerin (birbirine bağlanan atom grupları) arasındaki farkı da anlamıştı. Atomların birçoğu tek başına olmaktan hoşnut görünürken, hidrojen ve oksijen gibi bazı atomların doğal olarak moleküler formda (H_2 veya O_2) bulunduğu fark edilmişti. Hidrojen her zaman 1 olmakla birlikte, atomların bağıl ağırlıkları da git-tikçe daha doğru ölçülebildi.

Ancak bu gelişmelerin hiçbiri, kimyacılarla atomların daha ince yapıları hakkında çok fazla ipucu

sunmadı. Kimyacılar laboratuvarlarında atomları manipüle edebiliyordu ama maddenin bu parçacıklarının tam anlamıyla ne olduğu hakkında çok fazla şey söyleyemiyordu.

19. yüzyılın büyük bir kısmında fizikçiler ağırlıklı olarak başka şeylerle ilgilendi: Enerjinin nasıl korunduğunu, elektrik ve manyetizmanın nasıl ölçülebileceğini, ısıнын doğasını ve gazların davranışını araştırdılar. Kinetik teorisi denilen gazlar teorisi, atomlar ve moleküller hakkında da düşünmeyi gerektiriyordu. Ancak atom teorisi görülen ve ölçülen şeyleri açıklamakta son derece faydalı olsa da fizikçiler –tıpkı kimyacılar gibi– atomların gerçek doğasını anlamamanın zor olduğu konusunda hemfikirdi.

Atomların maddenin en küçük birimi olmadığının ilk işareti, atomun bileşenlerinden birinin çığır açıcı keşfiyle geldi: *elektron*. Deneyler, atomların elektrik yüklerine sahip olabildiğini zaten göstermişti; bir çözeltideki elektrik akımları bazı atomları pozitif kutba, geri kalanını da negatif kutba çekiyordu. Fizikçiler, atomun elektriksel özelliklerinin kimyasal reaksiyonlarda rol oynayıp oynamadığından emin değildi. Ancak atomların elektrik yüklerini ölçtüler ve bunların belirli birimler şeklinde bulunduğunu fark ettiler. 1894'te bu birimlere "elektron" adı verildi. Cambridge'te J. J. Thomson (1856-1940) deneylerinde katot tüpü kullanmaya daha yeni başlamıştı.

Katot tüpü oldukça basittir. Bu kadar basit bir şeyin bize atomun ve evrenin temel yapısını anlatmaya başlaması gerçekten şaşırtıcıdır. Tüpün içindeki havanın çoğu boşaltılarak kısmi bir vakum oluşturu-

rulur ve iki uca elektrotlar yerleştirilir. İki uç arasında elektrik akımı aktarılırken birbirinden ilginç şeyler gerçekleşir. Işınlara (radyasyonlara) oluşması da bunların arasındadır. Radyasyonlar enerji veya parçacık akımıdır; katot tüpündeki radyasyonlar çoğunlukla hızlı hareket eden, elektrik yüklü parçacıklardan oluşur. Thomson ve Cavendish Laboratuvarlarındaki meslektaşları, elektrik yükünü ve bu radyasyonlardan bazılarının ağırlığını ölçmeye başladı. İki ölçümün birbiriyle ilişkisini anlamaya çalıştılar. 1897'de Thomson bu ışınların, elektrik yüklü atomaltı parçacık akışı olduğunu ileri sürdü; yani bunlar atomların parçacıklarıydı. Ağırlıkları da en hafif atom olan hidrojenin sadece çok küçük bir miktarıydı. Fizikçilerin Thomson'un elektronu bulduğunu kabul etmesi yıllar aldı. Thomson ve diğerlerinin bir süredir ölçtüğü şey, elektrik yükü birimiydi.

Atomlar elektronlara sahiptir. Peki ya başka? Bu sorunun yanıtı, katot tüpüyle yapılan başka deneylerin sonuçlarında aşama aşama ortaya çıktı. Tüpün içindeki vakumlar daha iyi hale geldikçe daha güçlü elektrik akımları aktarılabildi. Bu teknik gelişmelerden faydalananlardan biri de Thomson'un eski öğrencisi, çalışma arkadaşı ve en sonunda Cambridge'deki Cavendish Laboratuvarlarındaki halefi Yeni Zelandalı Ernest Rutherford'du (1873-1937). 1890'ların sonunda Rutherford ve Thomson fizikçilerin gözünde çok önem kazanan uranyum elementinin iki farklı ışın türü yaydığını tanımladı.

Uranyum ışınlarının biri, manyetik alanda bükülebilirken diğeri büküleliyordu. Bunların ne olduğunu bilmeyen Rutherford, Yunancadaki A ve B

harflerini kullanarak birine “alfa”, diğerine “beta” ışını dedi. Bu adlar kaldı. Rutherford bu tuhaf ışınların ikisiyle de on yıllar boyunca deneyler yapmayı sürdürdü. Sadece uranyumun değil, bütün bir element grubunun bu ışınları gönderdiği (yaydığı) anlaşıldı. Bu elementler, 20. yüzyılın ilk yıllarında büyük heyecan yarattı ve günümüzde de çok önemlidir. “Radyoaktif” elementler içinde uranyum, radium ve toryum en yaygın olanlardır. Bilim insanları bu özel nitelikleri araştırmaya başladığında atom yapısı hakkında önemli şeyler öğrendi.

Alfa “ışını” temeldi. (Buna aynı zamanda “alfa parçacığı” da dendi; atom fiziğinin çok küçük ve çok hızlı dünyasında ayrımlar bazen bulanıklaşır.) Rutherford ve meslektaşları, bu ışınları çok ince metal levhalara yansıtıp neler olduğunu ölçtü. Normalde parçacıklar metal levhaları geçti ama bazen geriye yansıdı. Olup bitenleri anlamaya çalışan Rutherford’un şaşkınlığını hayal edin. Bir kâğıt tabakasına doğru ağır bir topu ateşlemiş ve top mermisinin geri sektiğini görmüş gibiydi. Bu deney, alfa parçacığının, metal levhayı oluşturan atomların çok yoğun bir katmanıyla karşılaştığı anlamına geliyordu. Bu yoğun bölge, atomun *çekirdeğiydi*. Deneyler, atomun çoğunlukla boş alandan oluştuğunu göstermişti. Alfa parçacıklarının birçoğu bu sayede metal levhanın diğer tarafına geçebilmişti. Sadece merkezi çekirdekteki çok yoğun katmana rastladıkları zaman geri sekiyorlardı. Sonraki çalışmalar, çekirdeğin pozitif yüklü olduğunu gösterdi. Fizikçiler, çekirdeğin pozitif yükünün elektronların negatif yükleriyle dengelendiğini ve çekirdeği çevreleyen

büyük ölçüde boş alanda elektronların çemberin etrafında döndüğünü düşünmeye başladı.

Rutherford günümüzde nükleer fiziğin kurucusu kabul edilir. 1908 yılında keşiflerinden dolayı Nobel Kimya Ödülüne layık görüldü. Nobel Ödülleri, İsveçli kurucusunun adını taşır. 1901 yılından itibaren bilim dünyasındaki en prestijli ödül haline gelmiştir. Nobel Ödülü kazanmak, birçok hırslı bilim insanının hedefidir. Rutherford seçkin öğrenciler ve çalışma arkadaşları bulmakta ustaydı ve içlerinden birçoğu da Nobel Ödülü kazandı.

Danimarka'dan Niels Bohr (1885-1962) bunlardan biriydi. Atomun kütlesinin neredeyse bütünüyle küçük çekirdeğinde biriktiğini savunan Rutherford'un izinden gitti. 1913 yılında "Bohr Atomu" denilen bir şeyi geliştirmek için "kuantum" adında heyecan verici yeni bir araç uyguladı. "Bohr Atomu", atomun içinde olup bitenleri görselleştiren bir modeldi; bilim insanlarının o tarihte sahip olduğu en iyi bilgilere dayalıydı. Atomun güneş sistemimize benzer bir yapıya sahip olduğunu varsayıyordu. Ortadaki çekirdek güneş, onun yörüngesinde dönen elektronlar da gezegenler gibiydi. Bohr'un modeline göre pozitif yüklü çekirdeğin ağırlığı, atomun bağlı atomik ağırlığını ve dolayısıyla periyodik tablodaki yerini belirliyordu. Çekirdek, pozitif yüklü *protonlardan* oluşuyordu. Atom ne kadar ağırsa çekirdekte de o kadar çok proton vardı. Atomun bir bütün olarak elektriksel açıdan nötr olabilmesi için proton ve elektronların sayısı eşleşmek zorundaydı. Elektronlar, çekirdeğin etrafında farklı yörüngelerde dönüyordu ve "kuantum" parçacığı bu noktada

devreye girer. Bilim insanlarının “kuantum fiziği” adını verdikleri alandaki en göz alıcı fikirlerden biri, doğadaki şeylerin “kuanta” denilen ayrı paketler şeklinde bulunmasıydı. (Kuantumun öyküsünü 32. Bölümde dinleyeceğiz.) Bunlar kütle, enerji veya ilgi duyduğunuz herhangi bir şey olabilir. Bohr’un modelinde elektronlar farklı, bireysel kuantum durumlarında yörüngeye oturur. Çekirdeğe en yakın elektronlar ona en güçlü biçimde çekilir. Çekirdeğin en uzağındakiler, en az bağlı olanlardır; kimyasal reaksiyonlara katılanlar ya da elektrik veya manyetizma üretenler de bu elektronlardır.

Bütün bunlar çok zor geliyorsa, öyle oldukları içindir. Bohr da bu zorluğun farkındaydı. Ancak kendi modeli sayesinde fizikçilerin ve kimyacıların aynı dili konuşabileceğini de biliyordu. Fizikçilerin deneylerini temel alıyordu ama aynı zamanda kimyacıların laboratuvarlarda gözlemlediği şeyleri de açıklıyordu. Özellikle de periyodik tablodaki elementlerin davranışlarını, farklı valans veya birleşme modellerini açıklıyordu. Tek tek birleşenler sadece bir tek “serbest” elektrona sahipti. Diğerleri de “serbest” elektron sayısına göre farklı birleşme modellerine sahipti. Bohr’un atom modeli, bilimin modern simgelerinden biri haline geldi. Günümüzde atomun Bohr’un düşündüğünden çok daha karmaşık olduğunu bilsek de bu özelliğini korur.

Yepyeni sorular gündeme geldi. Öncelikle, atom çekirdeği gibi dar bir alanda pozitif yüklü protonlar nasıl bir arada bulunabiliyordu? Elektrik yükünde benzerler birbirini iterken, zıtlar birbirini çeker (iki mıknatısı düşünün). Öyleyse protonlar

neden birbirini itmez ve elektronlar neden içeri çekilmez? İkinci olarak, bilinen en hafif atom hidrojeni. Atomik ağırlığı 1 olan hidrojen bir proton ve neredeyse ağırlığı olmayan bir elektrondan oluşur. Yani protonun atomik ağırlığının 1 olduğunu varsaymak makuldür. O halde periyodik tablodaki atomların atomik ağırlığı neden 1, 2, 3, 4 ve 5 şeklinde düzgün bir biçimde artmaz?

İlk sorunun yanıtını bulmak için kuantum mekaniğinin daha çok gelişmesi beklenecekti. Atomik ağırlık sekansındaki atlamalarla ilgili ikinci soruysa, Rutherford'un Cambridge'teki çalışma arkadaşlarından biri olan James Chadwick (1891-1974) tarafından çok daha kısa sürede çözüldü. Chadwick 1932 yılında bombardıman deneylerinin sonuçlarını duyurdu. Bu yöntem, Rutherford'dan itibaren atomun yapısı üzerinde çalışan fizikçiler için önemli bir araç olmuştu. Chadwick alfa parçacığı akımını en çok sevdiği metal olan berilyuma yöneltti. Berilyumun bazen atomik ağırlığı 1 olan ve hiçbir elektrik yükü içermeyen bir parçacık yaydığını gördü. Rutherford'un parçacığa verdiği ismi -nötron- kullandı ama çok geçmeden bunun Rutherford'un düşündüğü gibi sadece proton ve elektronun birleşimi olmadığı, aynı zamanda doğanın temel bir parçası olduğu ortaya çıktı. Nötron, fizikçiler için bir nevi kayıp halkaydı; periyodik tabloda kafa karışıklığına yol açan atomik ağırlıklar ve konumlara açıklık getirdi. Mendeleyev'in elementler çizelgesi, gezegenimizin temel malzemelerinin taslağını çıkarmaktaki başarısını bir kez daha kanıtladı. Chadwick'in nötronu da *izotopların* keşfine

yol açtı. Atomun çekirdeğindeki nötr parçacıkların, yani nötronların sayısı farklıysa aynı elementin atomları farklı atomik ağırlıklara sahip olabilir. İzotoplar da aynı elementin farklı atomik ağırlıklara sahip atomlarıdır. Hidrojenin atomik ağırlığı, bir tek protonla birlikte bir nötrona sahip olduğunda 1 yerine 2 olabilir. Chadwick, nötronları ve davranışlarını keşfettiği için bu keşfinden sadece üç yıl sonra Nobel Ödülüne layık görüldü.

Nötron diğer atomların çekirdeğine bombardıman yapmak için etkili bir araçtı. Pozitif veya negatif elektrik yüküne sahip değildi. Bu nedenle de sıkıca paketlenmiş protonlarıyla yoğun bir pozitif yük taşıyan atom çekirdeği, nötronları geri itmiyordu. Chadwick bunu fark etti. Atomları parçalamak için onlara yüksek ivme ve enerji kazandıracak bir makineye ihtiyaç vardı. Bu bir *kiklotron* veya *senkrotron* olabilirdi. Bu makineler, atomları ve parçacıklarını neredeyse ışık hızında itmek için çok güçlü manyetik alanlar kullanır. Chadwick bu araştırmaları yapmak için Cambridge'ten ayrılıp Liverpool Üniversitesine geçti. Kiklotron üretmek için ihtiyaç duyduğu kaynaklara kavuştu. Yüksek hızlı nötronlar uranyum gibi ağır atomlara şiddetle çarptığında muazzam enerjiler üretebilirdi. Bu tür enerjiler kontrol altına alınabilirse çok önemli sonuçlar doğurabilecek bir zincirleme reaksiyon başlayabilirdi: Atomik "fisyon" ya da atomun bölünmesi gerçekleşebilirdi. II. Dünya Savaşı sırasında üretilen ve savaşı sona erdiren atom bombaları, bu çalışmanın sonucuydu ve Chadwick bu projenin İngiltere ayağının lideriydi.

Birçokları, Chadwick'in nötron keşfinin atomların yapılarına ilişkin problemleri çözebileceğini düşündü. Ama yanıldılar. Keşfedilmeyi bekleyen daha birçok sürpriz vardı. Yine de elektron, proton ve nötronlar hakkındaki temel anlayışa kavuşan fizikçiler alfa, beta ve gama ışınları gibi çeşitli dalgalar ve parçacıklarla ilgilenmeye yöneldi. Ayrıca X ışınları gibi diğer gizemli fenomenleri anlamaları gerekiyordu. Doğadaki "kuanta" adlı küçük enerji paketlerinin keşfi de yorumlanmayı bekliyordu. Nükleer fizik ve kuantum fiziği, 20. yüzyılın büyük bir kısmında fiziğin en ileri alanları olmayı sürdürdü.

31. BÖLÜM



Radyoaktivite

Hiç kemiğiniz kırıldı mı? Veyahut yanlışlıkla bir şeyler yuttunuz mu? Muhtemelen röntgeniniz çekilmiştir ve doktorlar vücudunuzu açmak zorunda kalmadan içinizi görebilmiştir. X ışınları günümüzde rutindir. 19. yüzyılın sonundaysa sansasyon yaratmıştı. X ışınları, daha radyasyonun anlamı tam olarak anlaşılmadan önce yararlanılmaya başlanan ilk radyasyon türüydü. Radyoaktivite ve atom bombaları daha sonra geldi.

Almanya'da X ışınları bazen Wilhelm Röntgen'in (1845-1923) adıyla "röntgen ışınları" olarak anılmaya devam eder. Wilhelm Röntgen, bunların gücünü gören ilk kişi değildi ama gördüğü şeyi kavrayan ilk kişiydi. Bilim çoğu zaman böyledir: Sadece görmek yeterli değildir, gördüğünüz şeyi anlamanız gerekir.

1890'larda diğer birçok fizikçiyle birlikte (J. J. Thomson'u hatırladınız mı?) Wilhelm Röntgen de

katot ışın tüpüyle çalıştı. 8 Kasım 1895'te katot tüpünden biraz uzakta gizemli bir ışımanın oluştuğunu fark etti. Katot tüpünü siyah kartonla kaplamıştı ve o tarihte bilim insanları katot ışınlarının bunun ötesine geçemeyeceğini varsayıyordu. Röntgen, sonraki altı haftasını bunu araştırarak geçirdi. Diğer bilim insanları da aynı şeyi gözlemlemiş ama hiçbir şey yapmamıştı. Röntgen, bu yeni ışınların düz bir çizgide ilerlediğini ve manyetik alanlardan etkilenmediğini keşfetti. Bu ışınlar, ışığın aksine cam mercekler tarafından yansıtılmıyor veya bükülmüyordu; Röntgen'in karısının eli de dahil bütün katı maddelere nüfuz edebiliyordu! İlk X ışını görüntüsünde Röntgen'in karısının parmak kemikleriyle birlikte evlilik yüzüğü de net bir biçimde görülebildi. Röntgen, ne olduğunu tam olarak bilmediği bu ışınlara X ışınları dedi. Altı haftalık sıkı çalışmanın ardından bunları dünyaya duyurdu.

X ışınları büyük sükse yarattı. Tıbbi kullanım alanları hemen kabul gördü. Kırılmış kemikleri teşhis etmek, kurşunların yerini bulmak veya vücudun içinde olmaması gereken şeyleri belirlemek için kullanıldı. Çok az şey genel kamuoyu tarafından bu kadar hızlı kabul görmüştür. "X ışını geçirmez" iç çamaşırları da hızla piyasaya sürüldü. Fizikçiler X ışınlarının tam olarak ne olduğunu tartıştı. On yılı aşkın bir süre devam eden araştırmaların ardından X ışınlarının aşırı derecede kısa dalga boyuna ve yüksek enerjiye sahip radyasyon olduğu anlaşıldı. Laboratuvar çalışanları, X ışınlarının insan etine zarar verebileceğini erkenden fark etmişti. Ciltte yanıkların görülmesine yol açan X ışınları, daha

1896 yılında kanserli hücreleri öldürmek amacıyla kullanıldı. İnsanların bunun ne kadar tehlikeli olduğunun farkına varması biraz zaman aldı ve ilk araştırmacıların birkaçı radyasyon zehirlenmesinden veya lösemi adı verilen kan kanserinden öldü. X ışınları kanserle mücadele ettiği kadar kansere *neden* de olabiliyordu.

Röntgen X ışınlarıyla çalışırken radyasyonun bir diğer türü olan radyoaktivite Fransa'da keşfedildi. Henri Becquerel (1852-1908) flüorışım¹ üzerinde çalışıyordu. Flüorışım bazı maddelerin ışıma ya da doğal olarak ışık yayma şeklidir. Becquerel bu araştırmalarında uranyum bileşiği kullandı. Bu bileşiğin tıpkı Röntgen'in X ışınları gibi bir ışımaya yol açtığını görünce bu gizemli ışının farklı bir kaynağını keşfettiğini düşündü. Ancak 1896'da kendi bulduğu ışınların Röntgen'inkiler gibi davranmadığını fark etti. Becquerel'in ışınları, kıyafetlerin veya cildin içini "görebilen" X ışınları gibi dramatik etkilere sahip olmamasına karşın yine de değer taşıyan farklı bir radyasyon türüydü.

Paris'te meşhur fizikçi çift Pierre ve Marie Curie (1859-1906; 1867-1934) bu zorluğun üstesinden geldi. 1898 yılında Curie çifti, bir ton uraninit edindi. Bu, uranyum içeren işlenmemiş katranımsı bir maddeydi. Curie çifti görece saf uranyumu işlerken radyoaktivite ellerini yaktı. Ayrıca iki yeni radyoaktif element keşfettiler. Birine toryum, diğerine Marie'nin doğduğu ülke olan Polonya'dan yola çıkarak polonyum adını verdiler. Bu elementler uranyuma

¹ Floresans –çn.

benzer özelliklere sahipti. Dünyanın dört bir yanından bilim insanları bunların güçlü ışınları hakkında daha çok şey öğrenmek için harekete geçti. Beta ışınları (elektron akışları); alfa ışınları (1899'da Rutherford tarafından keşfedilen hiç elektron içermeyen ve dolayısıyla pozitif yüklü olan helyum atomları) ve gama ışınları (elektrik yükü taşımayan, daha sonradan keşfedildiği gibi X ışınlarına benzeyen elektromanyetik radyasyon) araştırıldı. Curie çifti kendilerini bilime gerçekten kahramanca adanmıştı. Pierre bir trafik kazasında hayatını kaybettikten sonra, Marie iki küçük çocuğuyla tek başına kalsa da bilimsel çalışmalarını sürdürdü.

Antik dönemde simyanın bir elementi bir başka elemente dönüştürme vaadi, radyoaktivitenin keşfiyle neredeyse gerçekleşti. *Neredeyse*, çünkü simyacıların rüyası kurşun veya diğer baz metalleri altına dönüştürebilmektir. Radyoaktivite uranyumu kurşuna dönüştürdü. Değerli bir metali baz metale dönüştürmüş olsa da doğa, simyacıların düşlerini süsleyen şeyi yapabilmişti.

X ışınları gibi radyoaktivite de önemli tıbbi kullanım alanlarına sahipti. Marie Curie tarafından keşfedilen bir radyoaktif element olan radyum özellikle kıymetliydi. Radyum ışınları kanser hücrelerini öldürebiliyordu. Ama tıpkı X ışınları gibi radyoaktivite de yüksek dozda uygulandığında kansere yol açabiliyordu. Marie Curie de dahil ilk araştırmacıların birçoğu, gerekli güvenlik tedbirleri henüz belirlenmeden önce radyasyonun etkileri yüzünden öldü. Curie'nin kızı Irene de aynı alandaki çalışmalarından dolayı Nobel Ödülüne layık

görüldü ve annesi gibi o da kan kanserine yakalanarak erken yaşta öldü.

Uranyum, toryum, polonyum ve radyum doğal radyoaktif elementlerdir. Bu ne anlama gelir? Radyoaktif elementler, fizikçiler tarafından "ağır" elementler olarak sınıflandırılır. Çekirdekleri çok sıkışıktır ve bu nedenle kararsızdır. Bu kararsızlığı radyoaktivite ışınları olarak tespit ederiz. Buna "radyoaktif bozunma" denir; çünkü parçacıklar kaybolduğunda element gerçek anlamda bozularak farklı bir elemente dönüşür ve periyodik tabloda farklı bir yere yerleşir. Radyoaktif bozunma dikkatlice araştırıldı ve periyodik tablodaki bilgi boşlukları teker teker dolduruldu.

Bu aynı zamanda dünya tarihindeki olayları tarihlendirmenin önemli bir yolunu sundu. Bu yönüme "radyometrik tarihleme" adı verildi. Ernest Rutherford bu gelişmede de bir öncüydü. 1905 yılında bu tekniğin dünyanın yaşının belirlenmesine katkıda bulunabileceğini ileri sürdü. Fizikçiler doğal radyoaktif bir elementin (örneğin uranyumun) atomlarının yarısının bozunmaya uğramasının ve bunun sonucunda elementin farklı versiyonunun (bu örnekte kurşunun) ortaya çıkmasının ne kadar zaman aldığını hesapladı. Bu süreye elementin *yarı ömrü* dendi. Elementlerin yarı ömrü, birkaç saniye-den milyonlarca yıla kadar değişebilir. Bilim insanları elementlerin yarı ömrünü bildiklerinde, bir fosil veya kayayı (doğal olarak oluşmuş herhangi bir örneği) inceleyerek olayları tarihlendirebilir. Bunun için elindeki örnekte orijinal element ve bozunmuş elementin ne kadar olduğuna bakar. İki element

arasındaki oran, örneğin yaşını söyler. Karbonun olağandışı bir formu, doğal radyoaktiftir ve bunun yarı ömrü, bir zamanlar yaşamış bitki ve hayvanların fosilleşmiş kalıntılarını tarihlendirmek için kullanılabilir. Bütün canlılar ömürleri boyunca karbon özümser. Öldükleri zaman bu sona erer. Fosillerdeki radyoaktif karbon miktarını ölçmek, oluşum tarihlerini verir. Radyometrik tarihlleme, çok daha geniş bir zaman dilimine yayılan kayaları tarihlendirmek için de aynı prensibi kullanır. Bu teknik, fosil incelemelerini de dönüştürmüştür; artık fosillerin sadece birbirlerine göre daha yaşlı veya daha genç olduğunu değil, yaklaşık yaşlarını bilebiliriz.

Fizikçiler, radyoaktif emisyonlarda muazzam miktarda enerji bulunduğunu çok geçmeden gördü. Uranyum gibi doğal radyoaktif elementler ve karbon gibi yaygın elementlerin radyoaktif formları nadir bulunur. Ama atomlara alfa parçacığı veya nötronla bombardıman uygulandığında, yapay olarak radyoaktivite enerjisi yayan birçok element elde edilebilir. Bu, atomun çekirdeğine ne kadar enerji sıkıştırıldığını gösterir. Son yüzyılda birçok fizikçi bu potansiyelden faydalanmanın bir yolunu bulmaya çalıştı.

Bombardıman uygulandığında atom çekirdeğinden bir alfa parçacığını dışarı atıp "bölünür" ve farklı bir element ortaya çıkar. Buna nükleer *fisyon* denir. Çekirdek iki protonu kaybeder. Atom bir parçacığı özümsemediğindeyse nükleer *füzyon* gerçekleşir ve atom periyodik tabloda yeni bir yere yerleşir. Hem fisyon hem de füzyon enerji açığa çıkarır. Nükleer füzyon olasılığı, 1930'ların sonunda Alman ve

Avusturyalı fizikçiler tarafından ortaya konmuştu. Lise Meitner (1878-1968) de onlardan biriydi. Yahudi kökenli Meitner, Hristiyanlığı benimsemesine rağmen 1938'de Nazi Almanyası'ndan kaçmak zorunda kalmıştı. Meitner iki hidrojen atomunun birleşmesini ele aldı: İki hidrojen atomu birleştiğinde periyodik tablodaki bir sonraki element, yani helyum atomu oluşur. Güneş ve diğer yıldızlar incelendiğinde, hidrojenin helyuma dönüşümü yıldız enerjisinin başlıca kaynağıdır. (Helyum dünyadan önce güneşte keşfedildi. Spektroskop adındaki bir araçla incelendiğinde helyum atomları karakteristik dalga boyları sergiliyordu.) Bu reaksiyon için çok yüksek sıcaklıklara ihtiyaç vardı ve 1930'ların laboratuvarlarında bu sıcaklıklara ulaşmak olanaksızdı. Ancak teorik olarak patladığı zaman muazzam bir enerjiyi açığa çıkaracak bir hidrojen (füzyon) bombası üretmek mümkündü.

1930'larda bunun alternatifi atom veya fisyon bombası daha ulaşılabilir bir hedefti. Naziler Avrupa'da saldırgan tutumunu sürdürdükçe savaş kaçınılmaz hale geldi. Almanyada dahil olmak üzere birçok ülkede bilim insanları gizliden gizliye bu tür yıkıcı silahları hazırlamaya koyuldu. Topyekûn savaşa doğru ilerleyen bu korkutucu dansda İtalyan fizikçi Enrico Fermi'nin (1901-54) çalışması önemli bir dönüm noktasıydı. Fermi ve çalışma grubu, atomları "yavaş" nötronlarla bombardımana tutmanın istenen nükleer fisyonu açabileceğini gösterdi. Yavaş nötronlar, hedef atoma ulaşırken parafin (veya benzer bir maddeden) geçiriyordu. Yavaşça ilerlerken çekirdeğe yerleşmeleri ve bölünmeye ne-

den olmaları daha yüksek olasılıktı. Fermi, Nazilere sempati duyan faşist rejimden kaçmak için 1938'de İtalya'dan ayrıldı. Dönemin yaratıcı bilim insanlarının (ve aynı zamanda yazar, sanatçı ve düşünürlerin) birçoğu gibi Amerika Birleşik Devletleri'ne gitti. Günümüzde en iyi "beyinlerin" başka ülkelerdeki daha iyi çalışma koşulları için kendi ülkelerini terk etmesini anlatırken "beyin göçü" tabirini kullanıyoruz. İnsanlar genellikle daha çok para kazanmak, daha büyük laboratuvarlarda çalışmak ve düşledikleri gibi bir hayat sürme şansına kavuşmak için göç eder. 1930'ların sonunda ve 1940'ların başında bu durum farklıydı: İnsanlar işten atıldıkları ve hayatlarından endişe duydukları için göç etti. Naziler ve faşistler birçok korkunç şey yaptı. Bilimin çehresini de değiştirdi. Britanya ve ABD bu zorunlu beyin göçünden en çok kazançlı çıkan ülkeler oldu.

ABD'de birçok sığınmacı çok gizli "Manhattan Projesi"ne katıldı. Bu gelmiş geçmiş en maliyetli bilimsel projelerden biriydi ama çaresizliğin gittikçe daha çok hissedildiği zamanlardı. 1930'ların sonuna gelindiğinde radyoaktif elementlerin anlaşılmasında önemli ilerlemeler sağlanmıştı ve birçok fizikçi nükleer bir patlama gerçekleştirebileceğini düşünmeye başlamıştı. Bazıları bunun fazla tehlikeli olacağı görüşündeydi: Ortaya çıkan zincirleme reaksiyon tüm gezegeni patlatabilirdi. 1939 yılında savaş ilan edildiğinde, Britanya ve ABD'deki fizikçiler Almanya ve Japonya'daki bilim insanlarının atom bombası üretme çalışmalarına devam edeceğini ve Müttefiklerin de aynısını yapması gerektiğini düşündü. Birçok bilim insanı, Amerikan Başkanı

Franklin Roosevelt'e yazarak bu alanda Müttefikler adına çalışmalar yürütmek için yetki istedi. Dünyanın en ünlü bilim insanı olan ve aynı zamanda Nazi Almanyası'ndan kaçan Albert Einstein da onların arasındaydı.

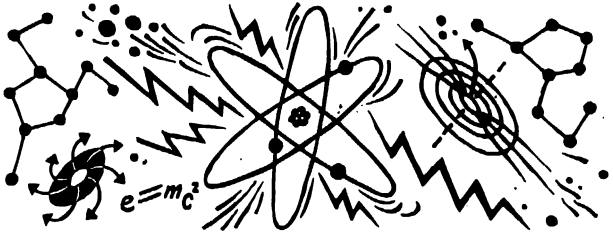
Roosevelt yetkiyi verdi. Tennessee, Chicago ve New Mexico'da bu vahim girişimin birçok bileşeni koordine edildi. Manhattan Projesi askeri disiplin içinde uygulandı. Bilim insanları bulgularını yayımlamayı bıraktı. Açıklık ve bilgi paylaşımı gibi bilimin temel değerleri bir kenara bırakıldı. Savaş insani değerleri değiştirir. Sırlar, ABD ve Britanya'nın önemli bir müttefiki olan ama yine de çok gizli bombalar konusunda güvenilmeyen Komünist Rusya'yla bile paylaşılmadı. 1945 yılına gelindiğinde Almanyaya, Japonya ve Rusya'nın atom bombası üretme girişimleri çok fazla mesafe katedememişti. ABD'deki bilim insanlarından birinin Ruslarla gizlice bilgi paylaşması da bu durumu değiştirmemişti. Ancak Manhattan Projesi iki bomba üretti. Biri uranyum, diğeri insan yapımı bir radyoaktif element olan plütonyumu kullanıyordu. Amerika'da çölde daha küçük bir test bombası patlatıldı. Başarılı oldu. Bombalar kullanılmaya hazırды.

Almanya 8 Mayıs 1945'te teslim oldu. Bu nedenle Avrupa'ya bomba atılmadı. Japonya, Pasifik'teki saldırganlığını sürdürdü. Yeni Amerikan Başkanı Harry Truman, uranyum bombasının 6 Ağustos'ta Japonya'nın Hiroşima şehrine atılmasını emretti. Bomba, bir uranyum parçası diğesine ateşlenerek patlatıldı. Japonlar yine de teslim olmadı. Truman üç gün sonra plütonyum bombasının bir

diğer Japon şehri Nagazaki'ye atılmasını emretti. Bu hamle, savaşı sona erdirdi. Bombalar çoğunluğu sivil 300.000 kadar insanın ölümüne neden oldu ve Japonya teslim oldu. Nükleer enerjinin şoke edici gücünü herkes gördü. Dünyamız sonsuza kadar değişti. Bu kitle imha silahlarını üreten bilim insanlarının birçoğu, kendi başarılarının korkunç bir savaşın sonunu getirdiği biliyordu ama yine de yarattıkları şeyden endişeliydi.

Atomik enerjinin inanılmaz gücü, dünyamızda önemini koruyor. Aynı zamanda tehlikeleri de beraberinde getiriyor. Rusya ve ABD arasındaki güvensizlik, II. Dünya Savaşı'ndan sonra da devam etti ve "Soğuk Savaş" halini aldı. Her iki taraf da bol miktarda atomik veya nükleer silah üretti. Neyse ki öfkeye kapılıp bunları kullanmadılar. Nükleer silah stokları, anlaşmalar çerçevesinde zamanla azalsa da nükleer silaha sahip ülkelerin sayısı arttı.

Manhattan Projesi sırasında öğrenilen fizik, enerjinin daha kontrollü biçimde açığa çıkarılması için de kullanıldı. Nükleer enerji, kömür ve diğer fosil yakıtların neden olduğu sera gazı salınımının yalnızca küçük kısmıyla elektrik üretebilir. Örneğin Fransa, elektrik ihtiyacının neredeyse dörtte üçünü nükleer enerjiden elde eder. Ancak kaza tehlikesi ve terörizm riski yüzünden birçok kişi tüm faydalarına rağmen nükleer enerjiden korku duyar. Modern bilim ve teknolojiye nükleer enerji, politika ve sosyal değerlerin birbirine karıştığı alanların başında gelir: Nükleer enerji bilgimizle ne yapmalıyız?



Oyunu Değiştiren EINSTEIN

Albert Einstein (1879-1955) diken diken beyaz saçlarıyla ve madde, enerji, uzay ve zaman hakkındaki teorileriyle ünlüdür. $E = mc^2$ denklemi, en çok bilinenidir. Einstein'ın fikirleri, anlaşılması son derece zor olsa da evren hakkındaki düşünme şeklimizi değiştirdi. Bir keresinde laboratuvarının neye benzediği sorulduğunda, Einstein yanıt olarak cebinden dolmakalemmini çıkarmıştı. Bunun nedeni, Einstein'ın uygulayıcı değil, düşünür olmasıydı. Einstein laboratuvarında değil, bir masada veya kartahtanın başında çalıştı.

Einstein yine de deney yoluyla elde edilebilecek bilgilere ihtiyaç duydu ve özellikle Alman fizikçi Max Planck'ın çalışmalarından yararlandı (1858-1947). Planck bir düşünür ve deneyciydi. Berlin Üni-

versitesinde en önemli keşfini gerçekleştirdiğinde yaklaşık 40 yaşındaydı. 1890'larda en az elektrik sarfiyatıyla maksimum ışık sunan bir ampul üretebilmek için elektrik ampulleri üzerinde çalışmaya başladı. Deneylerde "kara cisim" fikrini kullandı. Kara cisim, kendisine yöneltilen bütün ışığı emen ve hiçbirini geri yansıtmayan varsayımsal bir objeydi. Güneşte siyah tişört giydiğinizizi ve beyaz bir tişört giymenin sizi ne kadar serin tutacağını düşünün; siyah kıyafet güneş ışığından enerji emer. Güneş ışığıyla birlikte gelen enerji de kara cisim tarafından emilir. Fakat bütün bu enerjiyi depolayamayacağına göre kara cisim enerjiyi nasıl geri yansıtır?

Planck, emilen enerji miktarının ışığın özel dalga boyuna (frekansına) göre değiştiğini biliyordu. Enerji ve dalga boyunu çok dikkatle ölçtü ve bir matematiksel denkleme yerleştirdi: $E = hv$. Enerji (E), dalga boyunun frekansıyla (v) sabit bir sayının (h) çarpımına eşittir. Bu denklemde Planck'ın ölçtüğü enerji çıktısı her zaman tam sayıydı, küsurat içermiyordu. Bu önemliydi çünkü sabit bir sayı enerjinin küçük paketler halinde geldiğini ifade ediyordu. Planck bu küçük paketlerin her birine "nicelik" anlamında "kuantum" adını verdi. Çalışmasını 1900 yılında yayımlayarak kuantum fikrini yeni yüzyıla tanıttı. Fizik ve dünyamızı anlama şeklimiz bir daha hiçbir zaman aynı olmadı. Sabit sayı (h) Planck'ın onuruna "Planck sabiti" olarak adlandırıldı. Bu denklem, Einstein'ın daha ünlü $E = mc^2$ denklemi kadar önemliydi.

Bazı fizikçilerin Planck'ın deneylerinin gerçek değerini takdir etmesi zaman aldı. Einstein bunun

ne anlama geldiğini hemen anlayanlar arasındaydı. 1905 yılında Zürih Patent Dairesinde memur olarak çalışıyordu ve boş zamanlarında fizikle uğraşıyordu. O yıl adından söz ettiren üç makale yayımladı. 1921 yılında Nobel Ödülüne layık görülen ilk makale, Planck'ın çalışmasını yeni bir seviyeye taşıdı. Einstein, Planck'ın kara cisim radyasyonu üzerine düşündü ve halen yeni olan kuantum yaklaşımından yararlandı. İyice düşünüp taşındıktan sonra, ışığın küçük enerji paketleriyle iletildiğini zekice hesaplamalarla ortaya koydu. Bu enerji paketleri, bir araya gelip bir dalga oluştursa da birbirinden bağımsız hareket ediyordu. Bu, şaşırtıcı bir iddiaydı; yüzyıl önce Thomas Young ışığı birçok deneysel koşulda analiz etmiş ve kesintisiz bir dalga gibi hareket ettiği sonucuna ulaşmıştı. Işığın genel olarak bu şekilde davrandığına şüphe yoktu ve patent dairesinde çalışan adı sanı duyulmamış bir genç, ışığın parçacık –foton veya ışık kuantumu– olabileceğini söylüyordu.

Einstein'ın 1905'teki diğer makalesi de aynı ölçüde devrimciydi. Bütün hareketin görelî olduğunu, yani yalnızca *başka bir şeye göre* ölçülebildiğini gösteren Özel Görelilik Kuramını duyurdu. Çok karmaşık olan bu teori, biraz hayal gücü kullanılarak kolayca açıklanabilir. (Einstein bilinen veriler hakkında derinlemesine düşünmek ve "Peki ya..?" diye akıl yürütmek noktasında muhteşemdi.) Bir trenin istasyondan hareket ettiğini hayal edin. Vagonlardan birinin ortasında açılıp kapatılan bir ampul olsun. Ampulün ışığı, vagonun başına ve sonuna yerleştirilen iki aynada tam olarak aynı anda

yansıma oluştursun. Vagonun tam ortasında durursanız, ışığın her iki aynadan tam olarak aynı anda geri yansıdığını görürsünüz. Ancak peronda duran biri, tren yanından geçerken ışık yansımalarını peş peşe görür. Işık her iki aynaya da aynı anda ulaşır ama tren ileri doğru hareket ettiği için perondaki kişi, kendisine göre uzaktaki (vagonun ön tarafındaki) ışığın yansımasını daha yakındaki (vagonun arka tarafındaki) ışığın yansımasından önce görür. Işık hızı aynı kalsa da ne zaman görüleceği, gözlemcinin hareketli veya hareketsiz olmasına bağlı olarak –daha doğrusu görelilik olarak– değişir. Einstein elbette bazı karmaşık denklemlerin yardımıyla zamanın, gerçekliğin temel bir boyutu olduğunu ileri sürdü. O tarihten itibaren, fizikçilerin sadece uzayın üç bilindik boyutunu –uzunluk, genişlik ve yükseklik– değil, zamanı da hesaba katması gerekti.

Einstein, ışığın hızının sabit olduğunu gösterdi. Işığın bizden uzaklaşması veya bize yaklaşması hızını değiştirmez. (Sesin hızı için durum farklıdır. Örneğin bir trenin sesi, yaklaşıp uzaklaşmasına bağlı olarak değişir.) Bu nedenle Özel Görelilik Kuramındaki görelilik sabit hızdaki ışık için geçerli değildir. Görelilik gözlemci cephesinde gerçekleşir. Ayrıca zamanın da hesaba katılması gerekir. Zaman mutlak değil görelidir. Ne kadar hızlı yol aldığımıza göre değişir ve zamanı bizim için kaydeden saatler de değişir. Bu konuda eski bir öykü vardır: Işık hızına yakın bir hızla seyahat eden astronot, dünyaya geri döndüğünde zamanın akıp gittiğini görür. Tanıdığı herkes yaşlanmış veya ölmüştür. Kendisi dünyadan ayrıldığı zamankinden çok yaşlı

değildir. Saati yavaşladığı için ne kadar uzun süredir yolda olduğunun farkına varmamıştır. (Bu sadece bir düşünce deneyidir ve yalnızca bilimkurguda gerçekleşir.)

Bütün bunlar yetmezmiş gibi, Einstein'ın meşhur denklemi $E = mc^2$, kütle ve enerjiyi yepyeni bir şekilde bir araya getirdi. Denklemdaki c , ışığın hızıdır. Einstein aslında kütle ve enerjinin, maddenin iki görünümü olduğunu göstermişti. Işığın hızı çok büyük bir sayısal değerdir ve karesi alındığında daha da büyük bir sayı olur. Bu durumda çok küçük miktarda bir kütle tamamen enerjiye dönüştürülürse çok fazla enerji açığa çıkar. Atom bombaları bile çok küçük miktarda kütleyi enerjiye dönüştürür. Vücudunuzdaki kütle tamamen enerjiye dönüştürülseydi, on beş büyük hidrojen bombası gücünde olurdu. Ancak bu deneyi sakın denemeye kalkmayın.

Einstein sonraki on yılda düşüncelerini genişletti ve 1916 yılında evren hakkında daha genel bir çerçeve çizdi: Genel Görelilik Kuramı. Yerçekimi ve ivme arasındaki ilişki ve uzayın yapısı hakkındaki düşüncelerini ortaya koydu. Yerçekimi ve ivmenin eşit olduğunu gösterdi. Bir asansörde olduğunuzu hayal edin. Elinizden kayan bir elma, asansörün zeminine düşer. Elmanın düşmeye başladığı anda birisi asansörün halatlarını keserse, elmayla birlikte düşmeye başlarsınız. Birlikte düştüğünüz için elma size göre hareket etmez. İstedığınız zaman elinizi uzatıp elmayı yakalayabilirsiniz. Asansör (ve siz) düşmeye devam ettiği müddetçe, elma zemine ulaşamaz. Uzayda olan da budur: Astronotlar ve uzay gemileri serbest düşüş halindedir.

Einstein'ın Genel Görelilik Kuramı, uzayın veya uzay-zamanın eğri olduğunu gösterdi. Fizikçilerin açıklamakta güçlük çektiği birçok muamma hakkında öngörülerde bulundu. Işığın büyük bir cismin yakınından geçerken hafifçe büküldüğünü ileri sürdü. Bunun nedeni, fotonlardan oluşan ışığın bir kütlesinin olmasıydı. Daha büyük olan cisim, daha küçük olan ışık kütlesine çekim uygular. Güneş tutulması sırasında yapılan ölçümler, bunun gerçekleştiğini gösterdi. Einstein'ın teorisi, Merkür'ün güneş etrafındaki yörüngesinin ilginç özelliklerini de açıkladı. Newton'ın daha az karmaşık yerçekimi yasaları bunu başaramamıştı.

Einstein, en küçükler (ışığın küçük fotonları) ve en büyük (evrenin kendisi) üzerinde çalıştı. Bunları bir araya getirmenin yepyeni bir yolunu sundu. Böylece hem kuantum teorisine katkıda bulundu hem kendi görelilik fikirlerini açıkladı. Bu fikirler ve temelindeki matematik, fizikçilerin hem büyükler hem de küçükler hakkındaki düşünme şeklini belirledi. Ancak Einstein fizikteki yeni istikametlerin birçoğunu onaylamadı. Evrenin (atomlar, elektronlar ve diğer parçacıklarıyla) bir neden-sonuç sisteminin içinde olduğuna dair inancını hiçbir zaman kaybetmedi. Herkesin çok iyi bildiği gibi, "Tanrı zar atmaz," dedi. Bu ifadesiyle her şeyin her zaman düzenli, öngörülebilir modellerde gerçekleştiğini kastetti. Bu herkes tarafından kabul görmedi ve Planck'ın kuantum fikirlerini benimseyen diğer fizikçiler farklı sonuçlara ulaştı.

Elektron ilk kuantum çalışmalarının birçoğunda temel öneme sahipti. 30. Bölümde Niels Bohr'un

1913 yılındaki kuantum atomu modelini görmüştük. Bu modele göre, elektronlar merkezdeki çekirdeğin etrafında, enerjisi belli olan sabit yörüngeleri takip ederek döner. Bu ilişkileri matematiksel olarak açıklamak için birçok çalışma yürütüldü. Sıradan matematik işe yaramıyordu. Fizikçiler bu problemi çözmek için matris matematiğine başvurdu. Sıradan matematikte 2×3 'le 3×2 aynıdır ama matrislerde her zaman aynı değildir. Bu özel araçlar, 1926 yılında Avusturyalı fizikçi Erwin Schrödinger'in (1887-1961) yeni denklemler geliştirmesine olanak tanıdı. Schrödinger'in dalga denklemleri, atomun dış yörüngelerindeki elektronların davranışını açıkladı. Bu, kuantum mekaniğinin başlangıcıydı. Newton'ın en büyük ölçekte yaptığı şeyi, en küçük ölçekte gerçekleştirdi. 20. yüzyılın başlarında dünya hakkındaki düşünme şeklimizi değiştiren birçok fizikçi gibi Schrödinger de Nazilerden kaçmış ve savaş yıllarını Dublin'de geçirmek zorunda kalmıştı. Einstein da bildiğimiz gibi ABD'ye yerleşmişti.

Schrödinger'in dalga denklemleri, belli bir düzen getirdi. Daha sonra 1927 yılında Werner Heisenberg (1901-76) "belirsizlik prensibini" öne sürdü. Belirsizlik prensibi kısmen felsefe kısmen deneydi. Heisenberg'e göre, elektronlarla deneyler yapmak onları değiştirir. Bu, bilebileceğimiz şeyleri sınırlandırır. Bir elektronun momentumunu (kütle ve hızının çarpımını) veya konumunu bilebiliriz ama her ikisini birden bilemeyiz. Birini ölçmek diğerini etkiler. Einstein (başka fizikçilerle birlikte) bu fikir karşısında dehşete kapıldı ve Heisenberg'in belirsizlik prensibini çürütmeye çalıştı ama başarılı

olamadı. Einstein yenilgiyi kabul etti ve belirsizlik prensibi bugüne kadar çürütülmedi: En küçük şeyler hakkındaki bilgilerimizin sınırları vardır.

Elektron, Paul Dirac (1902-84) için de önemliydi. Bu anlaşılması güç İngiliz fizikçi, neredeyse Einstein ayarında görüldü. Kuantum mekaniği hakkındaki kitabı, otuz yıl boyunca bu alanda liderliği elinden bırakmadı. Atom ve atomaltı parçacıkların kuantum etkinlikleri hakkındaki kendi denklemleri pek parlak değildi. Çünkü denklemlerinin işe yaraması için garip bir parçacık –pozitif yüklü elektron– olması gerekiyordu. Bu, hem madde hem de anti-maddenin var olduğunu söylemek gibiydi. Madde, evren temel malzemesi olduğu için “anti-madde” fikri başlı başına tuhaftı. Birkaç yıl içinde bu tür bir parçacık arayışı başarılı oldu ve pozitron keşfedildi. Bu elektron ikizinin, bir tek pozitif yükü vardı. Elektronla birleştğinde bir enerji patlaması gerçekleşiyordu ve her iki parçacık da ortadan kayboluyordu. Madde ve anti-madde göz açıp kapayıncaya kadar birbirlerini yok edebiliyordu.

Pozitron, fizikçilere atomda proton, elektron ve nötronlardan fazlasının bulunduğunu gösterdi. Bu önemli keşiflerden bazıları, fizikçilerin atomları ve parçacıklarını incelemek için gittikçe daha yüksek enerjiler üretmesiyle gerçekleşti. Ama burada “incelemek” doğru bir ifade olmayabilir. Fizikçiler yüksek enerjiyle çalışırken deneylerde neler olup bittiğini doğrudan göremez. Bunun yerine bir bilgisayar ekranındaki noktaları veya deney düzeneğinin manyetizması veya enerjisindeki değişiklikleri görürler. Ancak atom bombaları, atom enerjisi ve

hatta kuantum hesaplama olasılığı, biz göremesek bile doğanın gücünü ve gizemini doğrular.

Max Planck'ın enerji paketi veya kuantum kavramı ve Albert Einstein'ın kütle ve enerjinin aynı şeyin iki görünümü olduğunun farkına varması, evreni anlama şeklimizi sonsuza dek değiştiren keşiflerdi. Kütle ve enerji, dalga ve parçacık, zaman ve uzay: Doğa kendisini "ya o ya bu" şeklinde değil, "hem o hem bu" şeklinde ifade eder. Bütün bunlar, atomların yapısını ve evrenin yaratılışını açıklayabilmemizi sağladı ama aynı zamanda geceleri evin yolunu bulmamıza da yardım eder. Uydular dünyamızdan çok uzaktadır ve uydu navigasyon sistemi özel göreliliği hesaba katmak zorundadır. Bunu göz ardı ederse çok geçmeden kayboluruz.



Hareketli Kıtalar

Depremler ölümcül ve korkutucudur. Ölümcüldür çünkü topyekûn yıkıma yol açar. Korkutucudur çünkü ayaklarımızı bastığımız yeryüzünün sarsılması gerekir. Ama sürekli sarsılır. Bu çoğu zaman görülmez ve hissedilmez. Bilim de çoğunlukla öyledir; dünyanın yapısını anlamak, onun görülmeyen ve hissedilmeyen kısmını ölçmeyi ve başkalarını da bunun doğruluğuna ikna etmeyi esas alır. Kıtalar ve okyanus tabanları altımızda hareket eder.

Hayatlarımızda dünya tarihinin yalnızca küçük bir enstantanesini deneyimleriz. Tanık olduklarımız, çok uzun bir sürecin kısacık bir kesitidir. Jeologlar bilimsel tekniklere sahiptir ama mevcut kalıpların dışında düşünebilmek için hayal gücüne de başvurmak durumundadır. İyi bilim insanlarının hepsi, laboratuvarda çalışsalar bile, fikirlerini mevcut kanıtlarla karşılaştırır.

19. yüzyıl jeologları geleneksel araçları kullandı: fosil kalıntıları, kayaların analiz edilip sınıflandırılması, depremlerin ve yanardağlarının etkilerinin incelenmesi. Bütün bunları bir araya getirerek makul bir dünya tarihini ortaya çıkardılar. Öğrendikleri şeylerin çoğu bugün de geçerliliğini korur. Ama başlarını ağrıtan ve cesurca düşünmeyi gerektiren birçok problem de vardı. Eski "katastrofistler" farklı türden kuvvetlere veya belki de İncil'de anlatılan Nuh Tufanı gibi mucizevi müdahalelere bel bağlamıştı. Yeni odak, zamandı. "Derin zaman" adı verilen geniş zaman dilimlerine odaklanıldı. 200 milyon yıl önce veya bunun iki üç katı kadar öncesinde dünya neye benziyordu?

Derin zaman üç temel soruyu nasıl yanıtlar? İlk olarak, büyük kıtalar neden dev bir yapbozun parçaları gibi birbirini tamamlarmış gibi görünür? Güney Amerika'nın doğu kıyısı, Afrika'nın batı kıyısına gayet güzel uyar. Bu bir tesadüf müdür?

İkinci olarak, Güney Afrika'daki kaya oluşumları Atlantik Okyanusu'nun karşı kıyısında Brezilya'da bulunanlarla neden aynıdır? Büyük Britanya gibi küçük bir adada İskoçya'nın yalçın kayalıkları ve koylarıyla güneyde Sussex'in tatlı bir meyille uzanan kırları arasında neden bu kadar dramatik farklar vardır? Britanya, Avrupa kıtasından her zaman ayrı mıydı? Veya Alaska, Asya'dan ayrı mıydı?

Üçüncü olarak, bitkiler ve hayvanların yaşadığı yerler açısından ilginç örüntüler mevcuttur. Bazı salyangoz türleri hem Avrupa'da hem de Kuzey Amerika'nın doğusunda bulunurken, neden Amerika kıtasının batı kıyısında yoktur? Avustralya'daki

keseli hayvanlar neden diğer yerlerdekilere çok farklıdır? 1850'lerde Darwin ve Wallace bazı yanıtlara öncülük etti ve evrim teorisi birçok şeyi açıkladı. Darwin deniz suyuyla dolu fiçılarda tohumları aylarca bekleterek berbat kokulu deneyler yaptı. Tohumlara uzun bir deniz yolculuğuna benzer bir deneyim yaşatmak istedi. Deniz suyunda beklettiği tohumları, filizlenip filizlenmeyeceklerini görmek için toprağa ekti. Bazen filizlendiler. Bu bir yanıttı. Darwin kuşların tohum, böcek ve diğer canlı şeyleri çok uzak mesafelere taşıyıp taşıyamayacağını da araştırdı. Kuşlar bunu yapabiliyordu. Ancak bu da bütün muammaları açıklamaya yetmiyordu.

Birçok şeyi açıklayabilen radikal bir görüş vardı. Bu teori, kıtaların her zaman şimdiki yerlerinde olmadığını veya eskiden "kara köprüleri" denen arazi koridorlarıyla birbirlerine bağlı olduğunu varsayıyordu. 19. yüzyılın sonlarındaki birçok jeolog, bir zamanlar birçok yerde kara köprülerinin bulunduğunu düşündü. Britanya'nın eskiden Avrupa'ya bağlı olduğunu gösteren sağlam kanıtlar mevcuttu. Bu, modern zamanlarda Britanya'da bulunmayan ayı, sırtlan ve diğer hayvanların fosilleşmiş kemiklerine rastlanmasını etkin bir biçimde açıklar. Kuzey Amerika da eskiden Bering Boğazı'ndan Asya'ya bağlıydı ve hiç şüphesiz hem Kuzey Amerika yerlileri hem de hayvanlar karşıdan karşıya geçmişti. Afrika ve Güney Amerika'yı birleştiren kara köprüleri daha az muhtemel görünmüştü ama Avusturyalı saygın jeolog Eduard Suess (1831-1914) dünya hakkındaki beş ciltlik eserinde bunu ileri sürdü. 1883 ve 1909 yılları arasında yayımlanan kapsamlı

eserinde, jeolojik tarihte dünya yüzeyindeki sürekli iniş-çıkışların bunu mümkün kıldığını ileri sürdü. Bugün deniz yatağı olan bir bölge, geçmişte iki kıtayı birbirine bağlamış olabilirdi.

Yine de herkes ikna olmadı. Alman Alfred Wegener (1880-1930) dünyanın iklim ve jeoloji tarihine aynı ölçüde ilgi duydu. 1912 yılında kıtaların hareket etmesi teorisi üzerine bir konferans verdi. Bu teori daha sonradan “kıtaların kayması” olarak bilinecekti. Wegener’in konferansı 1915 yılında kitap oldu ve hayatının geri kalanını kanıtlar toplayarak geçirdi. Teorisini destekleyen ipuçlarını araştırmak için çıktığı Grönland seferindeyken görev başında hayatını kaybetti. Wegener’in radikal önermesi, yaklaşık 200 milyon yıl önce engin bir okyanusla çevrili tek bir büyük kıtanın var olduğuydu. Pangaea adındaki bu uçsuz bucaksız kıta aşama aşama parçalanmıştı ve parçaları tıpkı buzdağlarının kopup denizde yüzmesi gibi okyanusların üzerinde yüzmüştü. Ancak eriyip yok olabilen buzdağlarının aksine Pangaea’nın parçaları yeni kıtalar haline gelmişti. Ancak bu kadarla sınırlı değildi. Wegener kara kütlelerinin halen hareket halinde olduğunu ve her yıl yaklaşık on metre hareket ettiğini düşündü. Bu tahmin çok yüksekti; son bulgular, kıtaların her yıl yalnızca birkaç milimetre hareket ettiği yönündedir. Ancak yeterince uzun bir süre geçtiğinde küçük hareketler bile dramatik sonuçlar doğurur.

Wegener çok az destekçi buldu, çoğu da kendi ülkesi Almanya’dandı. Jeologların birçoğu Wegener’in görüşlerini fazla zoraki, neredeyse bilim-kurgu gibi bulmuştu. II. Dünya Savaşı sırasında

denizaltılar okyanus tabanlarına ilişkin önemli keşiflerde bulunmaya başladı. Savaşın ardından engin dağlar, vadiler ve sönmüş (ve hatta aktif halde) yanardağlarla yeni bir sualtı manzarası ortaya çıktı. Amerikan donanması için çalışan bir jeolog olan Harry Hess (1906-69) bu sıradağların ve vadilerin izini sürerek daha iyi bilinen kuru arazilerdeki uzantılarını buldu. Yeryüzünde su seviyesinin üstünde veya altında deprem ve yanardağların yaygın olduğu *fay hatlarını* da takip etti. Kara kütleleriyle okyanus tabanlarının süreklilik arz ettiğini ve birbirinin içine geçtiğini keşfetti. Karalar Wegener'in iddia ettiği gibi yüzmüyordu. O halde kara kütleleri nasıl hareket ediyordu?

Fizikçiler, meteorologlar (hava gözlemcileri), oşinograflar (denizbilimciler), sismologlar (deprembilimciler) ve geleneksel jeologlar da Hess'e katıldı. Hep birlikte bu farklı bilimlerin araçlarını kullanarak dünyamızın tarihini ortaya çıkarmaya çalıştılar. Bu kolay bir iş değildi. Dünyanın içi çabucak ısınır ve biraz aşağılara inildikçe araçlar erir. Bu nedenle dünyamızın içinin oluşumu ve yapısı hakkında bildiklerimizin çoğu dolaylı yöntemlerle edinilmek zorundaydı. Bilim çoğu zaman böyledir.

Yanardağların eriyik haldeki lavlar püskürtmesi, uzunca bir süredir dünyanın aşırı ısı birikiminden kurtulması olarak yorumlanmıştı ve bu bir anlamda doğrudur. Ancak resmin tamamı bundan ibaret değildi. Bozunma sırasında doğal olarak çok fazla enerji açığa çıkaran uranyum gibi radyoaktif elementlerin keşfi, farklı bir ısı kaynağı daha ekledi. Ama radyoaktivite sürekli ısı üreten bir kaynak

olduğundan, dünyanın bir zamanlar çok sıcak bir ateş topu olduğunu ve aşama aşama soğuduğunu varsayan eski görüşün fazla basit olduğu anlaşıldı.

En azından jeolog Arthur Holmes (1890-1965) için fazla basitti. Holmes, sürekli olarak üretilen iç ısısının büyük bir kısmının bilindik ısı yayımı (konveksiyon) yoluyla giderildiğini söyledi. Önemli olan nokta, Holmes'un bunların dünyanın bizim de yaşadığımız dış kabuğunda değil, merkeze daha yakın bir alttaki katmanda gerçekleştiğini fark etmesiydi. Holmes tıpkı küvette daha sıcak suyun yukarı çıkması gibi "manto" adı verilen bu katmandaki erimiş kayaların da yukarı doğru hareket ettiğine inandı. Yukarı doğru çıktıkça daha sıcak olan çekirdekten uzaklaşıp soğurlar ve tekrar aşağıya gömülürler. Bu zamansız döngüde diğer erimiş kayalar onların yerini alır. Yükselen erimiş kayaların bir kısmı, yanardağlar püskürürken gün yüzüne çıkar. Ancak erimiş kayaların büyük bir kısmı dünyanın yüzeyine hiç çıkmaz. Soğuyup aşağıya gömülürken yayılırlar. Böylece kıtaları milimetre milimetre hareket ettiren mekanizma oluşur.

Okyanus ve karaların derinliklerinin keşfedilmesiyle birlikte, gezegenin yaşını belirlemek için kullanılan yeni bir yöntem "derin zaman" kavramına anlam kazandırdı. Radyometrik tarihleme tekniği, fizikçilerin radyoaktiviteyi keşfetmesiyle ortaya çıkmıştı (31. Bölüm). Bilim insanlarının, inceledikleri kayaları tarihlendirmesine olanak tanıdı. Bunun için kaya örneklerinde radyoaktif elementin miktarıyla son ürünün (örneğin uranyum ve kurşun) miktarı karşılaştırıldı. Bu tekniği kullanarak kayaların

kaç yaşında olduğunu tespit etmek mümkündü; zira kayalar oluştuktan sonra içlerine hiçbir yeni materyal eklenmiyordu. Kaya katmanlarının yaşı- nı bilmek, dünyanın yaşını anlamaya da yardımcı oldu. Dört milyar yılı aşkın bir geçmişi olan kayalar bulundu. Bu tür eski kayalar her zaman karadadır. Okyanusların tabanındakiler her zaman daha yeni- dir. Okyanuslar, kıtalar kadar uzun ömürlü de ğil- dir ve aslında her zaman ölüp yeniden doğar. Bu elbette ki çok uzun bir zaman diliminde gerçekleşir. Sahilde bir sonraki yaz hakkında endişelenmenize gerek yoktur. (Öte yandan insan kaynaklı küresel ısınma, kutuplardaki buzulları eritebilir ve yakın gelecekte deniz seviyelerinde tehlikeli bir yüksel- meye yol açabilir.)

Kayalar oluşurken radyoaktif elementleri bünye- sine katmakla kalmaz, demir veya manyetik açıdan hassas olan diğer materyallerin manyetik oryantas- yonunu da korur. Radyoaktivite gibi manyetizma da yerbilimcilerin kayaların yaşını belirlemesine yar- dımcı olur. Dünyanın manyetik kutbu, dünyanın var olduğu günden bu yana sabit kalmamıştır. Kuzey ve güney birçok kez yer değiştirmiştir. Bu nedenle kuzey-güney oryantasyonları bir kayanın ne zaman oluştuğuna dair kanıt sunabilir. Pusulalar bizim ömrümüzde de torunlarımızın ömründe de kuzeyi işaret edecektir ama bu her zaman böyle olmamış- tır ve geçmişi referans alırsak uzak gelecekte de böyle olmayacaktır.

Manyetizma, ısı yayımı, derin deniz araştırmaları ve radyometrik tarihleme, dünyanın antik ko- şulları hakkında önemli ipuçları sundu. Bunlar bir

araya geldiğinde dünyanın dört bir yanından bilim insanlarını Wegener'in neredeyse haklı olduğuna ikna etmeye yetti. Wegener haklıydı çünkü kıtalar gerçekten de hareket ediyordu. Uyduların yaptığı hassas ölçümler bu hareketi doğrular. Ancak kıtaların su üzerinde sürüklenme veya yüzme iddiaları yanlıştı. Bunun yerine, John Wilson (1908-93) ve diğerleri Wegener'in başlattığı cesur düşünce zincirini tamamladı: Dünyanın mantosunun üst kısmının dev levhalardan oluştuğunu ileri sürdüler. Bu levhalar birbirine uyar, karalar ve denizlerin sınırlarını aşarak dünyayı kaplar. Ancak kusursuz bir biçimde uyumlu oldukları da söylenemez; levhaların birleşim yerlerinde fay hatları oluşur. Bir levha diğerine sürtündüğünde, üst üste bindiklerinde veya çarpıştıklarında ne olduğunun anlaşılmasına *levha tektoniği* denir. Dünya üzerindeki en yüksek dağ düşünün. Himalayalardaki Everest Dağı, iki levhanın yaklaşık yetmiş yıl önce birbirine çarpmasıyla oluştuğu için o kadar yüksektir. Jeoloji dalında Nobel Ödülü verilmez ama belki de verilmesi gerekirdi. Levha tektoniği depremler ve tsunamiler, dağlar ve kayalar, fosiller ve canlı bitki ve hayvanlar hakkında çok şey anlatır. Dünyamız çok yaşlıdır ama çok özel bir yerdir.



Neleri Miras Alırız?

En çok kime benziyorsunuz: Annenize mi babanıza mı? Belki de büyükbabanıza veya teyzenize? İyi futbol oynuyorsanız ya da çok iyi gitar veya flüt çalıyorsanız ailenizde bu özelliklere sahip başka birileri var mı? Bu özellikleri miras almış olabileceğiniz biyolojik akrabalarınızı düşünün. Üvey anne veya üvey baba gibi evlilik yoluyla edinilen akrabalar da sizin için harika şeyler yapabilir ama onların genlerini miras alamazsınız.

Göz veya saç rengi özelliklerinin genlerimiz aracılığıyla kuşaktan kuşağa aktarıldığını ve düzenlendiğini artık biliyoruz. *Genetik*, gen bilimidir. *Kalıtım* veya *soyaçekim*, genlerimizin taşıdığı bilgilerin nasıl aktarıldığını açıklamak için kullandığımız sözcüklerdir. Genler, kim olduğumuz hakkında çok şey bilir. Peki bu küçücük şeylerin bu kadar önemli olduğunun nasıl farkına vardık?

Bu noktada Charles Darwin'e dönelim (25. Bölüm). Kalıtım, Darwin'in çalışmasında merkeziydi. Darwin kalıtımın nasıl gerçekleştiği üzerine çalışmamıştı ama kalıtım Darwin'in türlerin evrimi hakkındaki fikirlerinde önemli bir yere sahipti. *Türlerin Kökeni* 1859'da yayımlandıktan sonra biyologlar kalıtımın nasıl gerçekleştiğini çok uzun bir süre tartışmaya devam etti. Özellikle de "yumuşak" kalıtımın gerçekleşip gerçekleşmediğine ilgi duyuldu. Yumuşak kalıtım, türlerin evrimsel değişime uğrayarak geliştiğine inanan Fransız doğabilimci Jean-Baptiste Lamarck'la (1744-1829) ilişkilendirilen bir fikirdi. Zürafaların uzun boynunu düşünün. Zaman içinde nasıl evrimleşmişti? Lamarck zürafaların en yüksek ağaçlardaki yapraklara ulaşmak için sürekli yukarı uzandığını ve bu küçük değişimlerin kuşaktan kuşağa aktarıldığını söyledi. Yeterince zaman ve yeterince yukarı uzanma olduğu takdirde, kısa boyunlu bir hayvan eninde sonunda yüksek boyunlu bir hayvan haline gelecektir. Ortam organizmayla etkileşim halindedir; onu şekillendirir veya ona uyum sağlar ve bu daha sonraki kuşaklara aktarılır.

Yumuşak kalıtımı kanıtlamak çok zordu. Darwin'in kuzeni Francis Galton (1822-1911) dikkatle deneyler gerçekleştirdi ve siyah tavşanların kanını beyaz tavşanlara aktardı. Kan nakledilen tavşanların yavrularının kandan etkilenmiş olduğunu gösteren hiçbir işaret yoktu. Sıçanların kuyruklarını kuşaklar boyu kesti ama bunun sonucunda kuyruksuz sıçanlar doğmadı. Yavruların kuyruklarını kesmek, daha sonraki kuşağın üyeleri üzerinde hiçbir etki yaratmadı.

1900'lerin başına kadar bu teorinin lehine ve aleyhine birçok görüş bildirildi. Daha sonra, bitki veya hayvanların yaşarken edindiği özelliklerin yavrulara geçmediğini düşündüren iki önemli gelişme oldu. İlki, günümüzde Çekya topraklarında yer alan Moravia'dan Gregor Mendel (1822-84) adlı bir keşişin çalışmasının yeniden keşfiydi. Mendel 1860'larda manastır bahçesinde yaptığı deneylerin sonuçlarını çok az okunan bir dergide yayımlamıştı. Galton'un sıçanların kuyruklarını kesmesinden de önce bezelyelerle çalışmış ve belirli özelliklere sahip bezelyelerin dikkatle "çaprazlanması" (yani farklı renkteki bezelye bitkilerinin yetiştirilmesi) durumunda sonraki kuşakların nasıl olacağını merak etmişti. Bezelyeler çok hızlı büyüdüklerinden bu iş için biçilmiş kaftandı. Bir kuşaktan diğerine geçmek hızlı ve kolaydı. Ayrıca kabuklarında net farklılıklar vardı. Bezelyeler ya sarı ya da yeşildi, ya buruşuk ya da düz bir dokuya sahipti. Mendel kolayca göz ardı edilebilecek olmalarına rağmen bu özelliklerin matematiksel bir netlikle aktarıldığını keşfetti. Yeşil bezelye, sarı bezelyeyle çaprazlanırsa ilk kuşağın tamamı sarı oluyordu. Ama bu ilk kuşak bitkiler birbirleriyle çaprazlanırsa, ikinci kuşakta her dört bitkiden üçü sarı ve biri yeşil oluyordu. Sarı özellik, ilk kuşakta başattı ama ikinci kuşakta "çekinik" özellik (yeşil) kendini tekrar gösteriyordu. Bu güçlü örüntüler ne anlama geliyordu? Mendel, kalıtımın "parçacıklı" olduğu sonucuna vardı; yani bitkiler ve hayvanlar özellikleri ayrı birimler olarak miras alıyordu. Yumuşak kalıtımın yavaş yavaş değişimi veya iki ebeveynin özelliklerinin ortalaması

yerine, kalıtım oldukça netti. Bezelyeler ya yeşil ya da sarıydı; ara tonlar yoktu.

Mendel'in çalışması henüz dikkat çekmemişken, August Weismann (1834-1914) yumuşak kalıtıma ikinci eleştiriye getirdi. Mendel çoğunlukla dini hayatıyla ilgilense de Weismann her şeyden önce kararlı bir bilim insanıydı. Parlak zekâlı Alman biyolog, Darwin'in evrim görüşlerinin doğru olduğuna inanmıştı. Ancak kalıtıma ilişkin iyi bir açıklamanın bulunmayışının bir problem olduğunu görebiliyordu. Çözüm üretmek için kendi ilgi alanı olan hücrelere ve hücre bölünmesine döndü.

Mendel'in bezelye deneylerinden birkaç yıl önce, Rudolf Virchow hücre bölünmesi hakkındaki fikirlerini duyurmuştu (26. Bölüm). 1880'ler ve 1890'lar da Weismann üreme sisteminin "ana" hücrelerinin yumurta veya sperm hücresi üretmek için vücudun geri kalanındaki hücre bölünmesinden farklı şekilde bölündüğünü gözlemlemişti. Anahtar, bu farktaydı. *Mayoz* bölünme olarak bilinen bu bölünmede kromozomlar ikiye ayrılır ve kromozom materyalinin yarısı "yavru" hücrelere gider. Diğer vücut hücrelerinin hepsinde "yavru" hücre, "ana" hücreyle aynı miktarda kromozom materyali içerir. (Kafanız karıştıysa, "ana" hücrenin mevcut herhangi bir hücre olduğunu ve ikiye bölünerek "yavru" hücreleri oluşturduğunu hatırlayın. Vücut genelinde bulunan bu hücrelerin gerçek anneler ve çocuklarla hiçbir ilgisi yoktur.) Yumurta ve sperm hücresi birleştiği zaman kromozom materyalinin iki yarısı döllenmiş yumurtada tekrar tamamlanır. Bu üreme hücreleri, vücudun diğer tüm hücrelerinden farklıdır. Weismann'a

göre kas, kemik, kan damarı veya sinirlerin hücrelerinde nelerin olduğu hiç önemli değildi; sonraki kuşaklar tarafından miras alınan şeyleri yalnızca bu üreme hücreleri içeriyordu. Dolayısıyla zürafaların boynu örneğinde yukarıya doğru uzanmanın yumurta ve sperm hücreleri üzerinde hiçbir etkisi yoktu ve "germ plazması" bu hücrelerdeydi. Yumurta ve sperm hücrelerinin kromozomlarındaki germ plazması miras alınıyordu. Weismann bu kalıtım fikrine "germ plazmasının sürekliliği" adını verdi.

1900 yılında üç bilim insanı, Mendel'in makalesinin bulunduğu dergiyi okudu ve bilim dünyasını Mendel'in bezelye deneylerinin sonuçları hakkında uyardı. Biyologlar, Mendel'in, "germ plazmasının sürekliliği" lehine en iyi deneysel kanıtları sunduğunu fark etti. Çok geçmeden alacağı adla "Mendelizm" sağlam bir bilimsel temele sahipti.

Bilim camiası kısa süre içinde iki gruba ayrıldı: "Mendelciler" ve "biyometriciler". İstatistik uzmanı Karl Pearson (1857-1936) öncülüğündeki biyometriciler "sürekli" kalıtıma inanıyordu. Ebeveynlerimizin niteliklerinin ortalamasını miras aldığımızı düşünüyorlardı. Deniz canlıları ve salyangozlardaki çok küçük farklılıkları ölçerek önemli bir saha çalışması yürüttüler. Yeni doğanlardan ne kadarının hayatta kalacağına –yani türün üreme başarısında– bu küçük farkların önemli bir rol oynayabileceğini gösterdiler. Mendelcilerin öncülüğünü yapan Cambridgeli biyolog William Bateson (1861-1926) "genetik" sözcüğünü türetti. Mendelciler, bezelye deneylerinde görüldüğü gibi ayrı (parçalı) özelliklerin kalıtımını vurguladı. Biyolojik değişimin yavaş

ve sürekli değişikliklerden ziyade sıçramalar yoluyla gerçekleştiğini ileri sürdüler. Her iki grup da evrim *olgununu* kabul etti; yalnızca evrimin nasıl gerçekleştiği üzerine tartışılar.

Bu tartışmalar yaklaşık yirmi yıl sürdü. 1920'lerde her iki grubun da hem haklı hem haksız olduğu görüldü. Aynı problemin iki farklı yönüne bakıyorlardı. Birçok biyolojik özellik, "harmanlama" yoluyla "biyometrik" tarzda gerçekleşir. Uzun bir babayla kısa bir anne, boylarını "harmanlayan" veya onların ortalamasını alan çocuklara sahip olacaktır. Çocuklardan bazıları baba kadar uzun (hatta daha uzun) olabilir ama ortalama boy uzunluğu genellikle iki ebeveynin boyları arasında yer alacaktır. Göz rengi veya bezelye rengi gibi diğer özelliklerse "hem o hem bu" şeklinde değil, "ya o ya bu" şeklinde miras alınır. Mendelciler ve biyometriciler arasındaki görüş farklılıkları, tüm popülasyon değerlendirildiğinde ve matematiksel muhakeme uygulandığında çözüme kavuştu. J. B. S. Haldane (1892-1964) gibi yeni biyologlar, Darwin'in görüşlerinin ne kadar parlak olduğunu takdir etti. Her popülasyonda miras alınabilecek rasgele varyasyon (çeşitlilik) bulunduğu farkına vardılar. Bir varyasyon türü avantaj teşkil ediyorsa, ona sahip olan bitki ve hayvanlar hayatta kalırken diğer türler yok oluyordu.

Yaptığımız şeyleri *nasıl* miras aldığımız da çok önemlidir. Bu, yerine yerleştirilmeyi bekleyen bir sonraki yapbozun parçasıydı. İlk araştırmaların büyük bir kısmı, New York City'deki Columbia Üniversitesinde Thomas Hunt Morgan'ın (1866-1945) laboratuvarında gerçekleştirildi. Morgan kariye-

rinin başlangıcında hayvanların embriyo olarak hayata başlayıp gelişmesini inceledi. Embriyolojiye ilgisini hiçbir zaman tamamen yitirmedi ama 1900'lerin başında yeni genetik bilimine odaklandı. Morgan'ın laboratuvarı sıradan bir yer değildi. "Sinek Odası" olarak anılan laboratuvar, binlerce kuşak meyvesineğine (*Drosophila melagogaster*) ev sahipliği yaptı. Meyvesineği son derece elverişli bir deney hayvanıdır. Hücrelerinin çekirdeğinde sadece dört kromozom bulunur. Morgan da bu kromozomların rolünü anlamak istemişti: Kromozomlar kalıtsal özelliklerin aktarılmasında ne kadar önemliydi? Meyvesineği kromozomları büyüktür ve mikroskop lamında kolayca görülür. Üstelik meyve sinekleri çok çabuk ürer; bir meyve tabağını açıkta bırakın ve neler olduğuna bakın. Kısa bir zaman dilimi içinde birçok kuşak incelenebilir ve belirli özelliklere sahip sinekler diğer sineklerle yavruladığında neler olduğu görülebilir. Bu tür bir çalışmayı fillerle yaptığınızı düşünün. Neden meyve sineklerinin seçildiğini kolayca anlayabilirsiniz.

Morgan'ın sinek odası hem öğrencileri hem de diğer bilim insanlarını kendine çekerek ünlü hale geldi. Günümüzdeki bilim yapma şeklinin öncüsüydü. Çoğunlukla bir grup araştırmacı, problemleri tanımlayan bir "patron" emrinde çalışır. Patron asıl deneyleri gerçekleştiren genç araştırmacılar ekibinin çalışmasını denetleyerek yönetir. Morgan kendisiyle konuşmak ve çalışmak isteyen herkese açık olduğundan kimin neyi yaptığını tam anlamıyla belirleyebilmek zordu. (Morgan Nobel'e layık görüldüğünde para ödülünü iki genç meslektaşıyla paylaştı.)

Morgan neredeyse tesadüfi olarak önemli bir keşif yaptı. Kısa bir süre önce yumurtadan çıkan bir sineğin gözlerinin her zamanki gibi beyaz değil kırmızı olduğunu fark etti. Bu sineği izole ederek sıradan beyaz gözlü sineklerle yavrulamasını bekledi. Bu sineğin kırmızı gözlü yavrularına baktığında hepsinin dişi olduğunu gördü. Bu, söz konusu genin, yavrunun dişi mi yoksa erkek mi olacağını belirleyen cinsiyet kromozomunda taşındığını gösteriyordu. İkinci olarak, göz renginin kalıtım örüntüleri, Mendel'in bezelyeleriyle aynı kuralları takip ediyordu; gözler ya beyaz ya kırmızıydı ama asla pembe veya bir ara ton değildi. Morgan, küçük sineklerin kanat ölçüsü veya şekli gibi diğer kalıtsal özelliklerinin örüntülerini de gözden geçirdi. Meslektaşlarıyla birlikte sineklerin kromozomlarını mikroskop altında inceledi ve her kromozomun haritasını çıkarmaya başladı. Kalıtım birimlerinin (diğer adıyla "genlerin") nerede bulunduğunu gösterdiler. Hücre bölünmesi sırasında kromozomların ne yaptığını dikkatlice analiz ederlerken, kırmızı gözler gibi birdenbire görülen mutasyonlar (değişimler) genlerin konumunun belirlenmesine yardımcı olabilirdi. Morgan'ın öğrencilerinden biri olan H. J. Muller (1890-1967) X ışınlarının mutasyonları hızlandırdığını keşfetti. 1948 yılında Nobel Ödülüne layık görülen Muller'in çalışması, dünyayı atom bombalarının ve hatta tıbbi olarak kullanılan X ışınlarının radyasyon etkisine karşı uyardı. Morgan kromozomların bazen bölünürken materyal değiş tokuşu yaptığını da gösterdi. "Çaprazlama" adı verilen bu genetik malzeme aktarımı, doğanın bit-

kiler ve hayvanlarda varyasyon miktarını artırmasının bir başka yoludur.

Morgan ve araştırma grubu, dünyanın diğer yerlerindeki birçok araştırmacıyla birlikte genetiği 1910 ve 1940 yılları arasında en heyecan verici bilimlerden biri haline getirdi. "Gen" gittikçe maddi bir varlık olarak görüldü. Hücrelerin kromozomlarında bulunan genler, yumurtanın spermle döllenmesi aracılığıyla yavruya aktarılıyordu. Hem dişi hem de erkek ebeveyn buna eşit ölçüde katkıda bulunuyordu. Mutasyonların evrimsel değişime yön verdiği anlaşıldı. Mutasyonlar, varyasyonları ortaya çıkarıyordu ve hem doğal olarak hem Muller'in başvurduğu yapay yöntemlerle gerçekleşiyordu. Yeni genetik evrimsel düşüncenin merkezindeydi. "Gen" tanımı henüz netlik kazanmamış olsa da bu kalıtım birimlerinin gerçekliği şüphe götürmezdi.

Yeni genetik düşünce, toplumda daha karanlık bir yöne sahipti. Yumuşak kalıtım diye bir şey yoksa daha iyi beslenmek, spor yapmak ve iyi olmak çocuklarımızın genlerini değiştiremez. Dolayısıyla gelecek kuşakların daha iyiye gitmesini istiyorsanız farklı yöntemlere başvurmanız gerekir. Darwin'in "yapay seçilimi" yüzyıllardır uygulanmıştı. Hayvancılık ve tarımla uğraşanlar, yetiştirdikleri şeyin arzu edilen özelliklerini geliştirmeye çalışmıştı. İnekler daha fazla süt verecek şekilde, domatesler daha sulu olacak şekilde yetiştirildi. 1904 yılında Francis Galton (Darwin'in kuzeni) bir "öjenik" [soy ıslahı] laboratuvarı kurdu. "İyi doğum" anlamına gelen bu terimi kendisi türetmişti. İnsanların üreme alışkanlıklarını değiştirmeye çalıştı.

Zekâ, yaratıcılık, suça eğilim, delilik veya tembelliğin belirli ailelerde toplandığı kanıtlanabilirse (ki Galton buna inanıyordu) “iyileri” daha çok çocuk sahibi olmaya teşvik etmek (“pozitif” öjenik) ve “kötülerin” çok fazla çocuk sahibi olmasını engellemek (“negatif” öjenik) mantıklıydı. Pozitif öjenik, Britanya’da daha yaygın görülen şekliydi. Eğitimli orta sınıf çiftleri daha çok çocuk yapmaya teşvik etmek için kampanyalar düzenlendi. Bu çiftlerin, sıradan işçi ailelerinden bir şekilde “daha iyi” olduğu varsayıldı. 1890’ların sonlarında, Güney Afrika’daki Boer Savaşı için orduya yazılanların hali resmi yetkilileri dehşete düşürmüştü. Birçok gönüllü, fiziksel olarak yetersiz olduğu için geri çevrilmişti; tüfek taşıyacak halleri bile yoktu. 1914 yılından 1918 yılına kadar süren I. Dünya Savaşı’nda Avrupa’nın savaş meydanları kitlesel kıyımlara sahne oldu. Çoğunlukla en iyilerin ölüp gittiği düşünülürdü ve Batı dünyasındaki her ülkede nüfusun niteliği ve gücü hakkında endişeler doğdu.

Negatif öjenik daha kötücüldü. Zihinsel olarak rahatsız veya “normal altı”, suça eğilimli, hatta engelli ve toplumun kıyısında yaşayan kişilerin çoğalmasını engellemek, birçoklarının gözünde meşruydu. ABD’de birçok eyalet, bu tür kişilerin çocuk sahibi olmasını önlemek için “kısırlaştırma” yöntemine başvurmayı öngören yasalar çıkardı. Almanya’da Naziler 1930’lardan II. Dünya Savaşı’nda yenilgiye uğradıkları 1945 yılına kadar en kötü mezalimleri uyguladı. Devlet adına milyonlarca insanı önce hapsedtiler, daha sonra yaşamaya layık görmedikleri için katlettiler. Yahudiler, Çingeneler, eşcinsel-

ler, zihinsel engelliler veya engelliler, suça eğilimli kişiler tek tek toplandı veya toplama kamplarına götürüldü ya da öldürüldü.

Nazi dönemi “öjenik” terimini kirli bir sözcük haline getirdi. Daha sonra göreceğimiz gibi bilim insanları neleri miras aldığımız ve bunların kim olduğumuzu nasıl etkilediği konusunda daha çok bilgiye kavuştukça, bazı kişiler öjenik teriminin arka kapıyı kullanarak tekrar geri dönebilmesinden endişe duyar. Hepimizin bilime ihtiyacı var ama bilimin iyiye kullanıldığından hepimiz emin olmalıyız.

35. BÖLÜM



Nereden Geldik?

Günümüzde en yakın hayvan akrabalarımız olan şempanzelerle genomumuzun yüzde 98'ini paylaştığımızı biliyoruz. Bu çok büyük bir benzerlik olsa da bazı önemli farklar da vardır. Şempanzeler iletişim kurarken insanlar gibi birbirleriyle konuşmaz. Ve biz okuyabiliriz ve yazabiliriz. Bir adım geri gittiğimizdeyse insanlar ve şempanzeler, goriller ve orangutanlarla birlikte *Hominidae* familyasını oluşturur. Genellikle “büyük kuyruksuz maymunlar” olarak bilinen bu familyada insanlar, goriller ve orangutanlarla daha az ilişkilidir ama geçmişte bu grupların dördü de ortak bir ataya sahipti ve her biri ondan evrimleşmişti. Bu çok uzun zaman önceydi, belki de on beş milyon yıl kadar gerilere gidiyordu.

Büyük kuyruksuz maymun “kuzenlerimizi” büyüleyici ve biraz da rahatsız edici buluruz. Geçmişte onlar hakkında yazan ve araştırmalar yapan kişi-

ler için de öyleydi. Bizim gibi görünen ama yine de farklı olan bu vahşi hayvanların yaratılışın neresine yerleştirilebileceğini düşündüler. 1699 yılında İngiliz anatomist Edward Tyson (1651-1708) ölü bir şempanzenin vücudunu edindi. Bu egzotik canlıyı dikkatle kesip inceledi ve insan anatomisi hakkında bildikleriyle kıyasladı. Bir şempanzeye ilk kez bu kadar yakından bakılmıştı. Tyson onları Aristoteles'in Büyük Varlık Zincirinde bizim hemen altımıza yerleştirdi. Tyson'a göre insanlar ve hayvan krallığının geri kalanı arasındaki uçurumu kapatan bazı hayvanların olması doğaldı. Tyson zincirde "kayıp bir halkaya", yani bizi diğer hayvanlara bağlayan bir şeye duyulan ihtiyaca işaret etti.

Britanya, Almanya ve Fransa'da çakmaktaşıdan balta başları ve oklar gibi insan yapımı birçok araç ortaya çıkarıldı. Bu, binlerce yıl geriye giden insan varlığının heyecan verici bir kanıtıydı. Bu araçlar genellikle mağaralarda ve fosil bölgelerinde korutucu kılıç dişli kaplanlar ve dev tüylü mamutlar gibi nesli tükenmiş hayvanların fosilleşmiş kalıntıları arasında bulundu. Bu nesli tükenmiş hayvanlarla Taş Devri insanları aynı dönemde yaşamış olmalıydı. Bu araçları yapan insanlar on binlerce yıl önce yaşamıştı. Bu çoğu insanın inandığından çok daha uzun bir süreydi. Elbette herkes ikna olmadı ama Darwin'in arkadaşı Thomas Henry Huxley'nin (1825-95) hiçbir şüphesi yoktu. Huxley, 1856 yılında Almanya'daki Neander Vadisi'ndeki bir mağarada "Neandertal insan" keşfedildiğinde büyük heyecan duydu. 1863 yılında yayımlanan *İnsanın Doğadaki Yeri* [*Man's Place in Nature*] adlı kitabında bu fosili

ve modern insanlarla büyük kuyruksuz maymunları konu edindi. Günümüzde bunun bizim türümüze ait olmayan ilk *hominin* fosili olduğunu biliyoruz. Bir başka deyişle, "Neandertal insan", 19. Bölümde gördüğümüz gibi Linnaeus tarafından bize verilen biyolojik isimle *Homo sapiens* değildi. *Hominin*, kendimiz ve nesli tükenmiş atalarımız için kullanılan isimdir ve daha çok fosil bulunduğça bu grup gittikçe genişlemektedir. Yaşam ağacı büyüyor ve aşama aşama tamamlanıyor.

Huxley o tarihte bir tek bulgunun bütün bir tür hakkında her şeyi anlatamayacağını gözden kaçırmayacak kadar ihtiyatlıydı ve Neandertal insanı modern insanlarla aynı türün içinde tuttu. Ancak bunun çok eski bir tür olduğundan emindi. Evrim gerçekleşene kadar çok uzun süre varlığını sürdürmüş olmalıydı. Kesinlikle bazı değişimler olmuştu; zira Neandertal insan bize yeterince benzese de farklıydı. Kafatasında kaş çıkıntıları çok belirgindi ve burun boşluğu çok daha büyüktü. Uzuvlarla vücudun oranı bizimkinden çok farklıydı. Bunun başka bir türe ait değil de deforme bir vücuda ait olması bile mümkündü. Zamanla Neandertallerin ölümlerini gömen ilk homininler olduğunu öğrenecektik.

Huxley, Darwin'in peş peşe iki kitap yayımlayarak atalarımız hakkındaki fikirlerini ve kanıtlarını sunmasından önce de bu büyük bilim insanının insan evrimi hakkındaki görüşlerini biliyordu. 1871 yılında yayımlanan *İnsanın Türeyişi* [*The Descent of Man*]'in, Darwin'in *Türlerin Kökeni*'nde eksik bıraktığı şeyi tamamladı; dünyamızın geçmişi hakkındaki zorlayıcı öyküsünü bu kez insan ırkına

odakladı. 1872 yılında yayımlanan *İnsan ve Hayvanlarda Duyguların İfadesi* [*The Expression of the Emotions in Man and Animals*] Darwin'in argümanına önemli bir psikolojik boyut ekledi. Darwin bu kitabında kendi çocuklarını dikkatlice gözlemleyerek kaleme aldı; gülümseme, yüz buruşturma ve daha birçok davranışlarına ilişkin gözlemlerini temel aldı. İnsanlar diğer bütün bitki ve hayvan türleri gibi dünya üzerindeki yaşamın parçasıydı. Darwin atalarımızın büyük olasılıkla insanların ilk evrimleştiği Afrika'da yaşadığı sonucuna vardı.

Darwin'in evrimi "yaşam ağacı" olarak tasvir etmesi, günümüzdeki kuyruksuz maymunlardan türemiş olamayacağımız anlamına geliyordu. Ancak bu "maymun insan" bağlantısı, kamuoyunun hayal gücünü çabucak ele geçirdi. Darwin'in evrim hakkındaki görüşleri, ilk olarak Oxford'da İngiliz Bilimsel İlerleme Derneği tarafından düzenlenen kalabalık toplantılarda tartışmaya açıldı. Dernek en son bilimsel bilgileri herkesle buluşturmayı amaçlıyordu ve her yıl bilim insanlarının yenilikler üzerinde konuşup tartışabileceği bir toplantı düzenliyordu. 1860'taki toplantı çok dramatikti; "maymun insan" fikri çok sansasyoneldi. Darwin'in evrim görüşleri hakkındaki tartışma sabırsızlıkla bekleniyordu. Bir tarafta Darwin karşıtlarının başında gelen Piskopos Samuel Wilberforce, diğer tarafta Darwin yanlısı Huxley vardı. Çok zeki olduğunu düşünen Wilberforce, Huxley'ye büyükbabası tarafının mı, büyükannesi tarafının mı maymunlara dayandığını sordu. Huxley bu kadar aptalca bir soruyla uğraşıp vakit kaybetmektense maymundan gelmiş olmayı

yeğleyeceğini söyleyerek yanıt verdi. Wilberforce meselenin özünü hiç anlamamıştı. O ikna olmasa da Huxley ve evrim günün kazananı oldu.

İnsanlığın dünya üzerinde uzun süredir var olduğunu gösteren keşifler doğabilimcileri, insanlığı araştıran antropologları ve arkeologları şu soruyu sormaya cesaretlendirdi: İlk insanların yaşam koşulları neydi? Bu dönemde Britanya ve Avrupa'daki mağaralarda yapılan keşiflerden "mağara insanları" ortaya çıktı. Mağarada yaşayanların ateşi kullandığı açıldı. Silahlar, taş aletler ve mutraf aletleri bulundu. Antropologlar ve kâşifler Afrika, Asya ve Güney Amerika'da avcı-toplayıcı gruplar da keşfetti ve bütün insan toplumlarının ortak sosyal gelişim aşamalarından geçtiği sonucuna ulaştı. E. B. Tylor (1832-1917) Oxford'daki ilk antropoloji profesörü oldu. İnsanın sosyal ve kültürel evriminin ne kadar uzun bir yol izlediğini ortaya koymak için "kalıntılar" fikrini kullandı. Kalıntılardan kastı sosyal ve dini pratikler, batıl inançlar ve ailevi ilişkileri organize etmenin farklı yollarıydı. Tylor'a göre bu kalıntılar, örneğin, Afrika'nın "primitif" insanında donup kalmıştı ve insanlığın ortak geçmişine dair ipuçları veriyordu. Tylor ve diğerleri, dilin kökenlerini anlamak istedi ve jestlerle diğer iletişim yollarına baktı.

Bu ilk antropoloji çalışmalarında "primitif" halkların değişmediği varsayılan yaşamları ve hatta Hindistan ve Çin'in kökleşmiş ve karmaşık kültürleri karşısında dinamik Avrupa, Kuzey Amerika, Avustralya ve Yeni Zelanda ayrı bir yere kondu. Artık bunun kibirli bir yaklaşım olduğunu görebiliyoruz. Batı toplumuna uygulandığında evrimsel reka-

bet ve mücadele fikri, neden herkesin değil de bazı bireylerin zenginleştiğini açıklarmış gibi görün-
dü. Endüstriyel kapitalizm güç kazandıkça “sosyal Darwinizm” –insan kültürüne uygulanmış evrim–
neden bazı kişilerin zengin, geri kalanların yoksul olduğunu ve bazı ulusların güçlü, diğerlerinin zayıf olduğunu açıklamak için kullanıldı. Sosyal Darwi-
nizm güçlü bireylerin, ırkların veya ulusların daha zayıflar karşısındaki zaferini meşrulaştırdı.

Bazıları sosyal Darwinizmi tartışırken bazıları da biyolojik evrimi tartıştı. 1890'lara kadar keşfe-
dilen bütün fosilleşmiş insan kalıntıları *Homo sa-
piens* kabul edildi. Neandertal insanın statüsü be-
lirsizliğini korudu. Hollandalı antropolog Eugene
Dubois'in (1858-1940) Hollanda Doğu Hint Adaları-
na gitmesiyle bu durum değişti. Dubois, orangutan-
ların diyarında insan evriminin kanıtlarını aradı ve
Java'da (günümüzde Endonezya) dik yürüyebilen
insandışı bir yaratığa ait fosilleşmiş kafatasının
üst kısmını buldu. Buna “Java insanı” adını verdi.
Dikkatler Asya'ya yöneldi; insanlar burada evrim-
leşmiş olmalıydı. Fransa'daki Cro-Magnon arkeolo-
jik alanında bulunan eski insan iskeletiyle birlik-
te Java insanı, ilk başta neler olduğu hakkındaki
soruları gündeme getirdi. İki ayakları üzerinde dik
durup yürüyebiliyor muydu? Büyük bir beyne sahip
miydi? Topluluklardaki dil ve yaşam nasıldı?

Asya'da insan öncesi homininler hakkında daha
birçok keşif yapıldı. Ancak 20. yüzyılda Afrika,
Darwin'in öngörüsünün ne kadar isabetli olduğunu
kanıtladı. 1924 yılında Avustralyalı anatomist Ray-
mond Dart (1893-1988) tarafından bir fosil bulundu.

“Taung çocuğu” adıyla bilinen bu fosilin önemini vurgulayan kişiyse Güney Afrikalı doktor Robert Broom (1866-1951) oldu. Taung çocuğu, bir insan çocuğu gibi dişlere sahipti ama beyni daha çok kuyruksuz maymunlarınki gibiydi. Broom, Dart’ın bulduğu fosilin (ve daha sonradan bulunan biri yetişkiye ait diğer fosillerin) insanların antik atası olduğuna inandı. Dart buna “Afrika’nın güneyli maymunu” anlamına gelen *Australopithecus africanus* adını verdi. Günümüzde bu fosilin yaşının 2,4 milyonla 3 milyon yıl arasında olduğunu düşünüyoruz. Taung çocuğundan sonra Afrika daha birçok önemli fosil sundu ve insanın evrimsel soyunun parçalarının birleştirilmesine katkıda bulundu. Louis ve Mary Leakey (1903-72; 1913-96) insanın öyküsünü daha da meşhur hale getirdi. 1950’lerde ağırlıklı olarak Kenya’daki Olduvai Gorge bölgesinde çalıştılar ve Louis Leakey ilk homininlerin alet yapabildiğini vurguladı. 1,6 ila 2,4 milyon yıl önce yaşamış olan fosil homininlerin birine “becerikli insan” anlamında *Homo habilis* adını verdi. Mary Leakey, 1970’lerde katılaşmış volkanik küller arasında korunmuş 3,6 milyon yıllık ayak izleri keşfetti. Ayak izleri diğer hayvanların yanı sıra üç hominine aitti. Bu izler, homininlerin evrimleşerek büyük bir beyne sahip olmadan önce iki ayak üzerinde yürüyebildiğini gösteriyordu.

20. yüzyılın ilk yarısında fosilleşmiş insan kemiklerinin incelenmesi, İngiltere’nin güneyinde East Sussex’teki Piltdown köyünde yer alan bir çakıl ocağında elde edilen ilginç bulgularla daha karmaşık hale geldi. Keşifler 1908 yılında başladı. Daha

sonra 1912 yılında yerel amatör arkeolog Charles Dawson (1864-1916) Piltdown köyünde bir kafatası bulduğunu duyurdu. Bu bulgu büyük heyecan yarattı. "Piltdown insanı" çene kemiği maymunlara benzeyen modern görünümlü bir insan kafatasına sahipti. Gerçek bir kayıp halka, bir tür "maymun insan" gibi görünüyordu. Önde gelen birçok bilim insanı bu garip fosil hakkında makaleler yayımladı. Ancak ortaya çıkan yeni hominin ve eski kuyruksuz maymun fosilleri sekansında bunu belli bir yere oturtmak zordu. Piltdown her zaman karanlıkta kaldı. 1908 yılında mevcut olmayan, 1950'lerin başlarında kullanılmaya başlanan tarihlendirme teknikleri bunun büyük bir sahtecilik olduğunu gösterdi. Piltdown insanında modern insanın kafatasıyla bir orangutanın çenesi birleştirilmişti ve kemikler kimyasal maddelerin içinde tutularak eski gibi gösterilmişti. Ayrıca dişler de törpülenmişti. Bunun kimin işi olduğundan emin değiliz. Birçok şüpheli olsa da kesin bir kanıya varılamadı. Dawson'ın kendisi şüpheliler listesinin başında yer alıyor.

Piltdown insanının bir aldatmaca olduğu anlaşıldıktan sonra, diğer fosil homininler daha muhtemel bir sıralamaya yerleştirilebildi. Hepsinin yaşlarını öğrenmek için radyometrik tarihlendirme kullanıldı ve fiziksel özellikleri mukayese edildi. Özellikle Lucy takma adlı fosil şöhrete kavuştu. 'Tura çıkarılan fosil için bir de "biyografi" kaleme alındı. Lucy 1978 yılında Etiyopya'da bulundu ve iskeletinin yarısından fazlası tamamlandı. Yaklaşık üç ila dört milyon yıl önce, yani Taung çocuğundan çok

önce yaşamıştı. Taung çocuğu gibi o da *Australopithecus* cinsine aitti ama daha eski bir tür olan *afarensis* ("Afar'lı maymun") türüydü. Lucy'nin bacakları, leğen kemiği ve ayakları, büyük olasılıkla dik yürümüş olabileceğine işaret ediyordu. Ağaçlara veya kayalara tırmanmış olabilirdi. Beyin boşluğu, modern şempanzelerinkinden çok büyük değildi ama vücudunun ölçüleriyle orantılı olarak beyni bir şempanzeninkinden büyüktü. (Beyin-vücut orantısı, zihinsel fonksiyonlar hakkında beynin büyüklüğüne göre daha çok şey anlatır. Örneğin filer insanlardan daha büyük beyne sahiptir ama beyin-vücut orantıları daha düşüktür. Elbette beyin ölçüsünün dışında "zekâ" ile ilgili daha birçok faktör mevcuttur.) Lucy gerçekten de "karma" karakteristikler sergiliyordu; henüz tam anlamıyla "insan" bile olmasa da kendi adına başarılı bir varlıktı.

Dünyanın birçok köşesinden yüzlerce fosil hominin, modern insanlara uzanan evrimsel yol hakkında gayet net bir fikir verdi. Atalarımızın neler yediğini ve hangi parazitlerle başa çıkmaya çalıştığını bile söyleyebiliriz. Yapboz daha birçok kayıp parçaya sahip ve detaylar hakkında birçok tartışma yürütülüyor: Bu diş veya bu kalça kemiğinin şekli bize ne anlatıyor? Bizi daha birçok sürpriz bekliyor çünkü sürekli yeni fosiller bulunuyor. 2003 yılında Endonezya'da Avustralyalı arkeolog Mike Morwood ve meslektaşları, Flores adasında küçük hominin fosilleri buldu. 15 milyon yıl gibi görece yakın bir tarihte yaşamışlardı ama büyük olasılıkla bilinmeyen bir türdü. Hobbit takma adı verilen bu *Homo floresiensis* ("Flores'li insan") türünün statü-

sü halen belirsizdir. Biyolojik ilişkiler kurmanın en güvenilir yolu olan DNA analizleri, şimdiye kadar başarısız olmuştur.

Neandertallerin modern insanlarla ilişkisini çözmek de heyecan verici bir zorlu görevdir. Bu tür yaklaşık 50.000 yıl önce Avrupa'da *Homo sapiens*'le aynı tarihlerde yaşamıştı. Onların genlerinin bazı- larını taşıyoruz. *Homo sapiens*'in, yani "modern" in- sanın gelişi, Neandertallerin soyunun tükenmesin- de etkili oldu mu? Emin değiliz. Birbirleriyle eş ol- dular mı? Büyük olasılıkla. Hem Neandertaller hem de *Homo sapiens*'ler Avrupa'nın buzullarla kaplan- dığı son dönemde çok soğuk hava koşullarına ma- ruz kaldı ve Neandertaller varlığını koruyamadı.

İnsanın aile ağacını farklı çağlardan fosillere bakarak çizmek için at veya suaygırı gibi diğer can- lılarda kullandığımız araç ve tekniklerin aynısını kullanırız. Elbette insanlar söz konusu olduğunda duygular işin içine çok daha fazla girer. Ancak ka- nıtlar karşımızda durur ve paleontolog, antropo- log, arkeolog ve diğer uzmanlar parçaları bir ara- ya getirmeye devam eder. Bu kanıtlar temelinde, *Homo sapiens* de dahil olmak üzere, homininlerin ilk önce Afrika'da yaşadığı ve oradan yayıldığı so- nucuna ulaşıldı. İlk homininlerin göçleri hakkında bilmediğimiz daha birçok şey var. Afrika'nın dışına çok fazla göç gerçekleşti mi? Kendi türümüzü ku- zenlerimizden ayıran büyük beynin hızlı evrimine yol açan şey neydi? Bilim "neden" sorusuyla değil, "nasıl" sorusuyla ilgilenir. Bu özellikle de ataları- mız hakkında düşünürken ve Huxley'nin ifadesiyle "insanın doğadaki yerini" ele alırken böyledir.



Mucize İlaçlar

Dünya üzerinde beş nonilyon bakteri var olabilir. Bu 5×10^{30} demektir. Bir başka deyişle, 5'in ardından tam otuz tane sıfır; şaşılacak bir sayı. Bakteriler dünyanın hemen her yerinde yaşayabilir: toprakta, denizlerde, kayaların derinliklerinde, buzullarda, gayzerlerin kaynayan sularında, cildimizde ve vücudumuzun içinde. Bakteriler birçok faydalı şey yapar; onlar olmasaydı öğüttükleri bütün o çöpler ne olurdu? Biz de bu öğütücülerden yararlanırsınız. Bağırsaklarımızda yaşayan bakteriler, yediğimiz gıdaları parçalayarak protein ve vitaminlerin açığa çıkmasını sağlar. Bazı bakteriler, mantar gibi diğer bazı mikroorganizmalarla birlikte yararlı ilaçların yapımında bile kullanılır. Çoğumuz bu antibiyotiklerin bazılarını kullanmışızdır.

19. yüzyılda bilim insanları bazı bakterilerin ne kadar zararlı olduğunu keşfetti. Bu bakterile-

rin hastalıklara yol açtığı ve yaraları enfekte ettiği belirlendi. 27. Bölümde hastalıklar hakkındaki “mikrop teorisinin” kabul görmesinin öyküsünü dinlemiştik. Bilim insanları hiç vakit kaybetmeden vücudun hücrelerine zarar vermeksizin istilacı bakterileri öldürebilen ilaçlar geliştirmeye başladı. Bu, Alman doktor Paul Ehrlich’in (1854-1915) ifadesiyle “sihirli kurşun” arayışıydı. Ehrlich frengiyi iyileştirmek için bir ilaç geliştirdi ama ilacın kendisi zehirli bir madde olan arsenik içeriyordu. Bu nedenle ilacın ciddi yan etkileri vardı ve çok dikkatli kullanılması şarttı.

1930’ların ortasında Alman farmakolog Gerhard Domagk (1895-1964) kimyasal bir element olan sülfürü kullanmaya başladı. (Farmakoloji ilaç bilimidir.) Hastalığa yol açan birçok bakteri türü karşısında etkili olan Protonsil adında bir bileşik üretti. İlacı denediği ilk hastalardan biri de kendi kızıydı. Kızının eline ciltte enfeksiyonlara yol açan kötücül bir bakteri olan *Streptococcus* bulaşmıştı. Doktorlar, hayati tehlike yaratan enfeksiyonu önlemenin tek yolunun kızın kolunu kesmek olduğunu söylemişti. Prontosil enfeksiyonu başarıyla temizledi. Aynı zamanda kızıl hastalığı ve kadınların doğum yaptıktan sonra ölümüne yol açan loğusa humması adındaki ölümcül bakteriyel enfeksiyona karşı da etkiliydi. Protonsil, 1936’dan sonra yaygın olarak kullanılmaya başlandı ve bu hastalıkların yol açtığı ölümlerin sayısında önemli bir düşüş yaşanmasını sağladı. Bu ve bunun gibi sülfür içeren ilaçlar, doktorların belirli bakterilere karşı başvurabileceği en iyi ilaçlar arasındaydı. Domagk, 1939 yılında

Nobel Ödülüne layık görüldü (ama o tarihte Naziler Almanların bu ödülü almasını yasaklanmıştı).

İlaç keşfine verilen bir sonraki Nobel Ödülü 1945 yılındaydı. İskoçyalı Alexander Fleming (1881-1955), Avustralyalı Howard Florey (1898-1968) ve Alman sığınmacı Ernst Chain (1906-79) ilk "antibiyotik" ilaç olan penisilini keşfettikleri için ödülü paylaştı. Antibiyotik diğer mikroorganizmaları öldürebilen bir mikroorganizmadan üretilen bir maddedir. Doğal dünyada her zaman olan bir şeyi bizim yararımıza gerçekleştirir. Penisilin doğal bir kaynaktan arıtılır: *Penicillium notatum* adındaki mikroorganizma bir tür mantar veya küftür. Küflenene ekmeklerde küçük halkalar şeklinde mavi mantarların belirdiğini görebilirsiniz. Mantar yemeyi seviyorsanız, elbette mantarın farklı bir türünü tercih edersiniz. Gezegenimizde 1,5 milyon mantar türünün bulunduğu düşünülür. Mantarların karmaşık yaşam döngüleri vardır; bitkilerin tohumlarına benzeyen spor aşaması da bu döngünün bir parçasıydı. Günümüzde antibiyotikler doğal bir kaynaktan değil, laboratuvarı da üretilir ama mantık aynıdır.

Penisilinin öyküsü 1920'lerde başlar. Bütün en iyi öyküler gibi bunun da birçok versiyonu vardır. Öykünün bir versiyonuna göre, 1928 yılında Alexander Fleming'in Londra'daki St. Mary's Hospitalda bulunan laboratuvarının açık kalan penceresinden bir küf sporu girdi. Fleming'in bakteri yetiştirdiği bir petri kabına iniş yaptı. Fleming küf sporunun bulunduğu noktada bazı bakterilerin gelişiminin durduğunu fark etti. Sporun *Penicillium*'dan geldi-

ğini belirledi, çalışmalarını yoğunlaştırdı ve ulaştığı sonuçları diğer bakteriyologlarla paylaştı. Ancak bu sporun yarattığı etkiden faydalanmanın bir yolunu göremedi. Dolayısıyla bunu ilginç ve muhtemelen gelecek vaat eden bir laboratuvar gözlemi olarak bıraktı.

On yıl sonra, Avrupa'da II. Dünya Savaşı patlak verdi. Savaş hem askerler hem siviller arasında salgın hastalıkları da daima beraberinde getirir. İngiltere'ye yerleşen patolog Howard Florey'den enfeksiyonlara karşı etkili ilaçlar geliştirmesi istendi. Çalışma arkadaşlarından biri olan Ernst Chain, eline geçen her şeyi okumaya başladı ve Fleming'in eski makalesini de okudu. Daha sonra penisilin küfü tarafından üretilen aktif maddeyi elde etmeye çalıştı. 1940 yılının Mart ayında laboratuvar asistanı Norman Heatley (1911-2004) gelecek vaat eden bu maddeyi elde etmenin daha iyi bir yolunu buldu. Zorlu savaş koşullarında çalıştıkları için çok az kaynakla idare etmekten başka şansları yoktu. Küf çözeltilerini yetiştirmek için lazımlıkları ve süt güğümelerini kap olarak kullandılar. Her şeye rağmen görece saf penisilin elde etmeyi başardılar. Fareler üzerindeki testler, bunun enfeksiyonları kontrol altına almakta çok etkili olduğunu gösterdi. Bu mucizevi maddeyi arıtmak son derece zordu. İki gram ilaç üretmek için bir ton penisilin çözeltilisine ihtiyaç vardı. İlk hasta, gül dikenini elini çizdikten sonra enfeksiyon kapan bir polisti. İlacı aldıktan kısa süre sonra iyileşti. Bu değerli ilacı geri kazanmak için hastanın idrarını süzdüler ama kaynak tükenince hastayı kaybettiler.

Savaş zamanında Britanya yeterli penisilin üretebilecek endüstriyel kaynaklara sahip değildi. Florey ve Heatley, Amerikan ilaç firmalarını penisilin üretmeye cesaretlendirmek için 1941 yılının Temmuz ayında ABD'ye uçtu. Florey eski kafalı bir bilim insanıydı. Onları gibi keşiflerin herkesin iyiliğine olduğunu ve patentinin çıkarılmaması gerektiğini düşünüyordu. (Patentler, mucitlerin fikirlerini korumanın bir yoludur. Böylelikle başka hiç kimse onları kopyalayamaz.) Amerikalılar farklı görüşteydi. Özellikle iki ilaç şirketi, büyük çapta penisilin üretmenin özel yöntemlerini geliştirdi. Araştırmaya yatırdıkları paranın tümünü çıkarmak için patentler çıkardılar. Bu başka hiç kimsenin ilaç üretmek için onların yöntemlerini kullanamayacağı anlamına geliyordu. 1943 itibarıyla penisilin askeri ve bazı sivil amaçlarla kullanılmaya başlandı. Zatürreye yol açan bazı organizmalar, birçok yara enfeksiyonu ve cinsel yolla bulaşan kimi hastalıkların yanı sıra *Streptococcus* bakterisi karşısında etkili olduğu görüldü. Çok geçmeden tedavi edilebilecek olan hastaların yaşamasını sağlamak için gerekli çaba gösterildi. Aksi halde savaş sonlandırmak için mücadele veren askerler başta olmak üzere birçok kişi ölebilirdi.

Florey ve ekibi penisilinle meşgulken, Selman Waksman (1888-1973) bakterilerin antibiyotik özellikleri üzerinde çalışıyordu. Waksman 1910 yılında Ukrayna'dan ABD'ye gelmişti. Toprakta yaşayan mikroorganizmalara ilgi duymuştu ve bu mikroorganizmaların bazılarının topraktaki diğer bakterileri nasıl öldürdüğünü görmüştü. 1930'ların sonun-

dan itibaren antibiyotik olarak kullanılabilecek bu bakterilerden bileşikler izole etmeye çalıştı. Öğrencileriyle birlikte bazı etkin maddeleri izole etmeyi başardı ama bunlar insanlarda kullanılamayacak kadar zehirliydi. Daha sonra 1943'te öğrencilerinden biri *Streptomyces*'i izole etti ve streptomisin ilacı üretildi. İlacın etkili olduğu ve hastalara çok fazla zarar vermediği görüldü. Şaşırtıcı bir biçimde, ölümcül tüberküloz hastalığına neden olan bakteriye karşı etkiliydi. 19. yüzyılın büyük bir kısmında diğer hastalıklardan daha çok ölüme yol açan bu hastalık, 1940'lar itibariyle batıda daha az yaygındı ama halen her yerde kol geziyordu. Kurbanları genellikle genç yetişkinlerdi. Sevdikleri kişileri yaşlı, çocuklarını öksüz bırakarak hayatlarını kaybediyorlardı.

Penisilin ve streptomisin antibiyotiklerin ve bu-
laşıcı hastalıkları iyileştiren çok çeşitli kimyasal-
ların sadece başlangıcıydı. II. Dünya Savaşı'ndan
sonraki yıllarda tıbbın bu tür hastalıkları iyileş-
tirme, hatta yeryüzünden silme gücü hakkında çok
iyimser bir hava oluştu. Batıda enfeksiyonlardan
ölen insan sayısı azaldı ve AIDS gibi yeni enfeksi-
yonlar haricinde azalmaya devam etti. Hiç şüphesiz
21. yüzyıldaki birçok genç, anne babalarından veya
büyükanne ve büyükbabalarından daha sağlıklı ha-
yatlar sürebilir.

Ancak 1960'ların iyimserleri, daha önceki bir
"mucizevi ilacın" öyküsüne dikkatle kulak verseler-
di, mucizelerin pek muhtemel olmadığını farkına
varabilirdi. Bu "mucizevi ilaç" 1920'lerden itiba-
ren diyabeti tedavi etmek için kullanılan insülini.

Diyabet korkunç bir hastalıktır. Tedavi edilemezse vücut eriyip gider. Kurbanlar bir deri bir kemik kalır, sürekli susar, sık sık idrara çıkar ve sonunda komaya girerek hayatını kaybeder. Çoğunlukla genç insanları hedef alır ve birkaç yıl içinde ölüme sürükler. Diyabet karmaşık bir hastalıktır ama midenin yakınlarındaki pankreasta doğal olarak insülin üreten özel hücreler işlerini yapmayı bırakır. İnsülin bir hormondur; kimyasal “habercidir” ve kanımızda doğru şeker (glikoz) miktarının korunmasını sağlar.

Penisilin mutlu bir tesadüf eseri ortaya çıkarken, insülinin öyküsü vücudun kimi parçalarının nasıl çalıştığına ilişkin itinalı bir araştırmayı anlatır. Araştırmacılar, diyabet benzeri hastalıklara yakalanan köpeklerden (veya diğer hayvanlardan) pankreası alarak bu organın rolünü ortaya koymuştu. 1921 yazında Kanada’daki Toronto Üniversitesinde Profesör J. J. R. Macleod (1876-1935) tatildaydı. Frederick Banting (1891-1941) adlı genç bir cerrah ve Charles Best (1899-1978) adlı tıp öğrencisi asistanı bir dizi basit deney gerçekleştirdi. Biyokimyacı James Collip’in (1892-1965) yardımıyla köpeklerin pankreaslarından insülin alıp arıtmayı başardılar. Bu insülini pankreasları daha önceden alınmış deney hayvanlarına verdiklerinde diyabetlerinin iyileştiğini gördüler.

İnsülin “sihirli bir değnek” olarak nitelendirildi. Diyabetin bu türünün kurbanlarını kaçınılmaz olan ölümden kurtarabiliyordu. Bunlardan biri de 1922 yılında insülin iğneleriyle tedavi edilen ilk kişi olan 14 yaşındaki Leonard Thompson’dı. Leonard ciddi bir biçimde kilo vermişti ve çok zayıf olduğundan

bir hastane yatağına mahkûm kalmıştı. Enjeksiyonlar kan şekerini normal seviyelere indirdi ve Leonard'ın yeniden kilo almasını sağladı. Leonard şırıngası ve insülin desteğiyle hastaneden ayrılabilirdi.

Banting ve Profesör Macleod bir yıl sonra Nobel Ödülüne layık görüldü ve para ödülünü Best ve Collip'le paylaştı. Bu kadar hızlı takdir görmeleri, çalışmalarının herkes tarafından önemli bulunduğuna işaretti. İnsülin gerçekten çok *önemliydi*. Aksi halde ölebilecek birçok genç insanın ömrüne ömür kattı. Ancak onlara sunduğu şey *normal* bir hayat değildi. Diyabet hastaları yediklerine dikkat etmek, düzenli olarak insülin iğnesi yapmak ve sık sık idrar testi yaptırıp şekerini ölçtürmek zorundaydı. Bu hiç yoktan iyiydi. Ancak on veya yirmi yıl sonra ilk diyabet hastalarının birçoğu başka sağlık sorunları yaşamaya başladı. Böbrek yetmezliği, kalp rahatsızlığı, görme güçlükleri ve ayaklarda bir türlü iyileşmeyen ağırlı ülserler görüldü. İnsülin akut ölümcül hastalığı sürekli yönetilmesi gereken yaşam boyu süren bir probleme dönüştürmüştü. Aynı problemler, çoğunlukla aşırı kilolu yetişkinlerde görülen ve adına Tip II denen diyabet türünde de görüldü. Tip II diyabet, bu hastalığın günümüzde en yaygın olan türüdür ve gittikçe daha çok insanı etkisi altına alır. Modern diyetler çok fazla şeker ve işlenmiş gıda içerir ve obezite küresel bir salgın haline gelmiştir. Tıp bilimi, kan şekerini düşürebilen haplarla yardımcı olur. Ancak Tip II diyabet hastaları da hayatlarının ilerleyen yıllarında aynı sorunlarla karşılaşır. Tıp vücudumuzda kan seviyesini düzenleme işinde kendi doğal sistemimiz kadar iyi iş çıkaramaz.

Doğa bize penisilin ve diğer antibiyotiklere bel bağlayamayacağımızı gösterir. Bu ilaçlar halen faydalı olsa da hastalığa yol açan bakteriler bunlara uyum sağlar. Darwin'in doğal seçim keşfi tüm doğada geçerlidir ve birçok bakteri, onları öldürmek için kullanılan antibiyotiklere karşı savunmalar geliştirir. *Staphylococci* ve tüberküloz bakterisi yeni koşullara uyum sağlamakta bilhassa yetenekli olduklarını göstermiştir. Diğer bütün canlılar gibi onların genleri de bazen mutasyona uğrar ve hayatta kalmalarına katkıda bulunan mutasyonlar sonraki kuşaklara aktarılır. Enfeksiyonları tedavi etmek artık bir tür kedi-fare oyununa dönüşmüştür. Mikroplara saldırmak için yeni ilaçlar geliştiririz, onlar da bizim başvurabileceğimiz hemen her yönteme karşı koyabilmek için evrimleşir. MRSA (metisiline dirençli *Staphylococcus aureus*) yakın zamanda karşılaşılan bir sorundur. *S. aureus* normalde vücudumuzda yaşayan bakterilerden biridir. En fazla bir sıyrıktan sonra alışlagelmiş hafif bir enfeksiyona yol açabilir. Ancak antibiyotiğe dirençli şekli tehlikelidir. Birçok antibiyotiğin kullanıldığı hastanelerde yaygın olarak bulunur ve genellikle direnç geliştiren bakteriler varlıklarını sürdürür. Hastalıkları kontrol etme çabamıza karşı koyanlar sadece bakteriler değildir. Sıtmaya yol açan bazı parazitler de sahip olduğumuz hemen her ilaca dirençlidir.

Hastalar ilaçlarının tamamını almadığında veya yanlış doz uygulandığında mikropların direnç geliştirme eğiliminde olduğunu artık biliyoruz. İlaçlar yanlış kullanıldığında da aynı şey gerçekleşir.

Virüslerin neden olduğu enfeksiyon, nezle veya faranjitler için hastalara olur olmadık antibiyotik verilmesi sıkça karşılaşılan bir durumdur. (Antibiyotikler *bakterilerle* mücadele eder ve virüslere karşı hiçbir şey yapamaz.) Antibiyotiğin dozu hastalığa yol açan bakteriyi öldürmeye yetmezse, tedavi dirençli bakterilerin varlığını sürdürmesine yardımcı olabilir. Bu bakteriler gelecekte tedavisi olanaksız hastalıklara yol açabilir.

Bütün bu problemlere rağmen doktorlar hiç olmadığı kadar güçlü ve etkili ilaca sahiptir. İnsülin gibi bazı ilaçlar, hastalığı iyileştirmekten çok kontrol altına alır ama bütün modern ilaçlar “gelişmiş” dünyadaki insanlara daha uzun bir ömre sahip olma şansı verir. “Gelişmekte olan” dünyadaki birçok ülkede de ortalama yaşam süresi artar. Ancak dünyanın geri kalanında ciddi problemler varlığını korur: Doktor bulmak, yeterli beslenmek, temiz su içmek ve konforlu bir evde yaşamak her zaman kolay değildir. 1990’ların başından itibaren zengin ülkelerde zenginle yoksul arasındaki uçurum derinleşmiştir. Zengin ülkelerle yoksul ülkeler arasındaki uçurum da giderek derinleşmektedir. Bunun böyle olmaması gerekir.

Günümüzde tıbbi bakım için bolca para harcarız. Hastalıkları teşhis ve tedavi etmek için birçok akıllı teknoloji kullanırız. Yeni ilaçları geliştirip test etmek, penisilin üretmeye kıyasla çok daha fazla para gerektirir. Bu nedenle kendimize mümkün olabildiğince iyi bakmamız gerekir. İlaçlar ne kadar muhteşem olsa da, “önlemek tedavi etmekten daha iyidir” sözü geçerliliğini korur.



Yapıtaşları

Zaman geçtikçe, bilim insanları seçtikleri alanlarda ihtisaslaşma eğilimi gösterdi. Ancak biyologlar geleneksel olarak biyolojiyle, kimyacılar kimyayla ve fizikçiler de fizikle ilgilenmişti. 1930'larda önce kimyacıların, daha sonra fizikçilerin biyolojinin problemlerine kafa yormaya başlamasının nedeni neydi? Kimya maddelerin nasıl birleştiği ve reaksiyon gösterdiği hakkındaydı. Ama biyologların konusu olan canlı organizmaların karbon, hidrojen, oksijen ve nitrojen gibi kimyacıların periyodik tablosunda yer alan bazı elementlerden oluştuğu netlik kazandı. Fizik bu zamana kadar atomlar ve atomaltı parçacıklarla dolu olan madde ve enerji hakkındaydı. Bu, kimyacıların elementleri hakkında daha çok şeyi anlamamanın bir yolu değil miydi? Özetlemek gerekirse, kimya ve fizik canlı organizmaları bir dizi kimyasal reaksiyon ve atomik yapı

olarak açıklayamaz mıydı? Bu, bilimdeki en eski sorulardan birinin yanıtını verebilirdi: Yaşam nedir?

20. yüzyılın başlarında Thomas Hunt Morgan, kalıtım malzemesinin hücrenin çekirdeğindeki kromozomlar aracılığıyla taşındığını göstermek için küçük meyvesineklerini kullanmıştı. "Malzeme" bunu anlatmak için iyi bir sözcüktü. Genetik bu malzemenin ne yaptığını göstermekte çok mesafe katetmişti. Bir kromozomun farklı bölgelerindeki farklı genlerin bir gözün veya kanadın gelişmesiyle sonuçlanabildiğini gösterebildiler. X ışınları tarafından üretilen mutasyonların olağandışı kanat şekillerine yol açabildiğini bile gösterdiler. X ışınlarının genleri etkilediğini düşünüyorlardı. Ancak genin ne olduğu hakkında hiçbir bilgileri yoktu.

Proteinler bu genetik malzeme olabilir miydi? Proteinler vücudumuzun içinde gerçekleşen birçok reaksiyon için temel önemdedir. Moleküler biyologlar tarafından sistemli bir biçimde incelenen ilk bileşik grubu oldu. Adından da anlaşılabilceği gibi moleküler biyoloji, canlılardaki moleküllerin kimyasını ve işleyişini anlamaya çalışan bilimdir. Proteinler çoğunlukla çok büyük, karmaşık moleküllerdir. Kendilerinden daha küçük ve basit bileşikler olan aminoasit gruplarından oluşurlar. Daha basit oldukları için aminoasitlerin nelerden oluştuğunu sıradan kimyasal analiz ve sentez yöntemiyle bulmak daha kolaydır. Bitkilerde ve hayvanlardaki bütün proteinler, yaklaşık yirmi aminoasidin farklı kombinasyonlar halinde bir araya gelmesinden oluşur.

Bu temel yapıtaşlarının proteinleri oluşturmak için nasıl birbirine geçtiğiye çok daha zor bir

soruydu. Fizik bu noktada rol oynamaya başladı ve X ışınları gerekli ipuçlarını sağladı. İlk olarak incelenmek istenen proteinin bir kristali oluşturuldu. Daha sonra bu kristale X ışınlarıyla bombardıman yapıldı. X ışınları kristale isabet ettikçe, içinden geçerken büküldü veya geriye yansıyarak belli bir desen oluşturdu. Kırınım deseni olarak bilinen bu desenler fotoğrafik plakalarda yakalanabiliyordu.

Fotoğrafik plakalarda yakalanan desenleri okumak ince iştiir. Bir sürü nokta ve gölgeden oluşan karmaşık bir tabloyla karşı karşıya kalırsınız. Düz, iki boyutlu bir görüntüye bakarken üç boyutlu düşünmeniz gerekir ve 3D gözlükler takmanız işe yaramaz. Resmi gözünüzde canlandırabilmenin yanı sıra kimya bilmeniz ve elementlerin nasıl birleştiğini anlamanız da gerekir. Ayrıca matematikte de iyi olmalısınız. Oxford Üniversitesinde çalışan kimyacı Dorothy Hodgkin (1910-94) bütün bu zorlukları göze alanlardan biriydi. Penisilin, B12 vitamini ve insülinin yapısı hakkında bildiklerimizi, kısmen onun X ışını kristalografi araştırmalarına borçluyuz. Hodgkin 1964 yılında Nobel Ödülü kazandı.

Linus Pauling (1901-94) de karmaşık kimyasal bileşenlerin yapısını incelemek için X ışınlarını kullanmakta ustaydı. Meslektaşlarıyla birlikte gerçekleştirdiği başarılı bir deney dizisinde, kırmızı kan hücrelerimizdeki hemoglobin molekülünde yalnızca bir aminoasidin eksik olmasının orak hücre anemisi adındaki ciddi hastalığa yol açtığını gösterdi. (Bu hemoglobini içeren kırmızı kan hücreleri yuvarlak değil orak şeklindedir.) Bu moleküler kusur, ağırlıklı olarak sıtmanın her zaman kol gezdiği

Afrika'da görülür. Orak hücreler sıtmanın en ciddi türüne karşı koruma sağladığı için bu moleküler kusurun insanların yararına olduğu anlaşılmıştır. Bu, insan evriminin işleyişinin bir örneğidir. Bu özelliğe sahip olan (Mendel'in ilk olarak bezelyelerde gözlemlediği şekilde bir tek gen miras alan) kişiler ılımlı bir anemi hastasıdır ama sıtmaya karşı daha dirençlidir. Orak hücre genini her iki ebeveyninden miras alan kişilerse ciddi bir biçimde anemi hastasıdır. Orak hücre anemisinin semptomları 20. yüzyılın başında tanımlandı. Elli yıl sonra Pauling olup biteni anlamak için moleküler biyolojinin yeni tekniklerini kullandı ve bu araştırma tıpta yeni bir çağı başlattı: Moleküler tıp.

Pauling proteinler konusundaki başarısının ardından, mümkün olabilecek en büyük ödüle kavuştu: Genlerin moleküler yapısını ortaya koymaya yaklaştı. X ışını deneyleri, saçlarımızı ve kaslarımızı oluşturanlar veya hemoglobin moleküllerine oksijen taşıyanlar gibi birçok proteinin özel bir şekli olduğunu gösterdi. Genellikle sarmal (heliks) şeklindeydiler. 1950'lerin başında birçok bilim insanı, genlerin deoksiribonükleik asitten oluştuğunu düşündü. Bu bileşik, çoğunlukla DNA adıyla bilinir ve kısaltmasını söylemek çok daha kolaydır. DNA 1869 yılında keşfedilmişti ama ne yaptığını ve neye benzediğini anlamak uzun zaman aldı. 1952 yılında Pauling bunun birbirine dolanan üç iplikten oluşan uzun bir sarmal molekül olduğunu ileri sürdü; buna üçlü heliks dendi.

Pauling California'da çalışırken İngiltere'deki iki grup onun hemen peşindeydi. Londra'daki King's College'ta görev yapan fizikçi Maurice Wilkins

(1916-2004) ve kimyacı Rosalind Franklin (1920-58) moleküler biyolog olma yolunda ilerliyordu. Franklin X ışını kristalografiyle fotoğraflar çekip yorumlamakta bilhassa iyiydi. Cambridge’te genç Amerikalı James Watson (d. 1928) daha önce ilgi duyduğu ornitoloji (kuş bilimi) çalışmalarını bırakıp Francis Crick’le (1916-2004) çalışmaya başladı. Crick fizik eğitimi almıştı ve II. Dünya Savaşı sırasında deniz kuvvetleri adına fizikçi olarak görev yapmıştı. Daha sonra olgun bir öğrenci olarak üniversiteye geri dönmüş ve bu kez biyoloji eğitimi almıştı. Watson ve Crick bilimdeki en meşhur ikililerden biri oldu.

Crick, proteinlerin yapısını X ışını kullanarak analiz ederken edindiği deneyimleri paylaştı. Hem Crick hem de Watson, DNA’nın hücre çekirdeğindeki kromozomlarda bulunduğunu biliyordu. Bu, Morgan’ın otuz yıl önce analiz ettiği hücre bileşeniydi. Crick ve Watson, DNA’nın olası yapılarını daha iyi görebilmek için kâğıttan şeritler keserek modeller yaptılar. Franklin’in üretmiş olduğu fotoğraflardan da yararlandılar. 1953 yılının başında bütün X ışını verileriyle eşleşen yeni bir model ürettiler. Bunun doğru bir model olduğunu düşündüler. O gece barda kutlama yaparken, rivayetlere göre “yaşamın gizemini çözdüklerini” ileri sürdüler.

O gece barda bulunan diğer kişiler konuyu tamamen anlayamayıp ikilinin neyi kastettiğini merak etmiş olabilir. Ama haftalık bilim dergisi *Nature*’ın okurları çok geçmeden bilgi sahibi oldu. Crick ve Watson, bulgularını derginin 25 Nisan 1953 tarihli sayısında yayımladı. Aynı sayıda Wilkins ve Franklin’den oluşan Londra ekibinin kaleme aldığı bir

makale de yer alıyordu. Ancak DNA'nın Pauling'in söylediği gibi üç değil, iki kıvrık iplikten oluştuğunu gösteren Crick ve Watson'dı. Bu iplikler, çapraz parçalarla birbirine bağlandığı için spiral şeklinde kıvrılan uzun ve esnek bir merdiven gibi görünür. Merdivenin üstlerinde bir tür şeker vardır; bu, molekül veya fosfatların D veya *deoksiribo* kısmıdır. Merdivenin her basamağı bir çift molekülden oluşur: adenin ve timin ya da sitosin ve guanin. Bunlar, moleküllerin "baz çifti" olarak tanındı. Yapı eğer buysa, "yaşamın gizemini" nasıl açıklayabilirdi?

Baz çiftler, hidrojen bağlarıyla birleşir. Hücreler bölündüğünde sarmal çözülür; bir fermuarmış gibi açılır. Bunlar bir şablon vazifesi görür ve hücre birbiriyle tamamen aynı iki zincir üretir. Crick ve Watson, genlerin ebeveynlerden çocuklara nasıl aktarıldığını ve "yavru" hücrelerin orijinal "ana" hücreyle nasıl aynı gen setini içerebildiğini gösterdi. Bu çok basit ve zarifti, hemen kabul gördü. 1962 yılında bilim camiası DNA'nın yapısını ve rolünü tamamen kabul etti ve Crick, Watson ve Wilkins Nobel ödülünü paylaştı. Resmi olarak Nobel Ödülünü yalnızca üç kişi paylaşabilir. Ancak Rosalind Franklin görmezden gelinmemiştii: 1958 yılında daha otuz sekiz yaşındayken yumurtalık kanserinden dolayı hayatını kaybetmişti.

Francis Crick, diğerleriyle birlikte çalışmalarına devam etti ve genlerin kalıtımdaki rollerinin dışında canlı organizmalar için neden o kadar önemli olduğunu açıkladı. Genler günlük etkinliklerinde protein üretir. "Genetik kod" merdivendeki üç komşu basamaktan oluşur ve her üçlü grup ("kodon")

bir aminoasit belirler. Crick, DNA molekülünün küçük parçalarının, hemoglobin ve insülin gibi proteinleri oluşturan aminoasitlere nasıl kod sağladığını gösterdi. Genetikçiler, DNA molekülündeki baz çift sıralamasının önemli olduğunu fark etti. Çünkü hangi aminoasitlerden protein inşa edileceğini bu belirliyordu. Proteinler çok karmaşık moleküllerdir; bazen düzinelerce aminoasitten oluşur. Bu tür bir proteini üretmek için uzun bir DNA sekansına ihtiyaç duyulur.

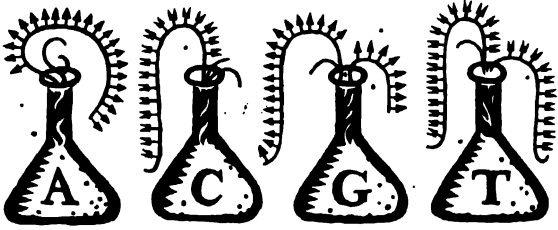
DNA'nın temel işleyişi anlaşıldıktan sonra, bilim insanları Morgan'ın sinek odasında gözlemlediği türden şeylere anlam verebildi. Morgan bir bütün olarak organizmaların gözle görülür özelliklerine bakmıştı; örneğin normal beyaz gözlü veya mutant kırmızı gözlü sinekleri gözlemlemişti. Bu tür görünür özelliklere fenotip denir. Bu noktadan itibaren bilim insanları organizmanın bütünü yerine genler seviyesinde çalışmaya başlayabilirdi. Günümüzde bu genetik özellikler *genotip* adıyla biliniyor.

DNA'nın yapısının keşfi, modern biyolojinin tarihinde önemli bir dönüm noktasıydı. Biyologların hücrelerdeki molekülleri temel alabileceğini gösterdi. Bu daha önce kimyacıların alanıydı. Artık herkesin yapmak istediği şey olmuştu. Daha sonraki araştırmalar, aminoasitlerin ve de proteinlerin hücrenin sitoplazmasında üretildiğini gösterdi. Sitoplazma, hücre çekirdeğinin dışındaki sıvı bölümdür. Bu küçük protein fabrikalarının nasıl çalıştığına ilişkin araştırmalar, RNA'nın keşfini de beraberinde getirdi. Ribonükleik asit, DNA'ya benzerdir ama iki değil, tek bir iplikten ve farklı tür şekerden oluşur. RNA

hücrenin çekirdeğindeki DNA'dan sitoplazmadaki protein fabrikasına bilgi akışında önemli rol oynar.

Moleküler biyologlar, hastalıkların nasıl ortaya çıktığına dair bilgilerimizi dönüştürdü. İnsülin hormonu gibi proteinlerin kan şekerini nasıl düzenliğini ortaya koydular. En çok korkulan modern hastalıklardan biri olan kanser hakkında daha iyi bir anlayışa kavuştular. Bütün kanserler vücudun tamamını etkileyebilir ve genel bir hastalık haline gelebilir ama mutasyona uğramış bir tek hücreyle başlar; hücre uygunsuz davranır ve bölünmeye son vermesi gerekirken durmaz. Kontrolden çıkan bu hücreler açgözlüdür. Vücudun besin kaynaklarını tüketir. Hayati bir organa yayılırlarsa, kanser hücreleri organın işlevini yerine getirmesini engeller ve hastalıklara yol açar. Bu süreci yavaşlatmaya veya hatta durdurmaya yönelik daha iyi ilaçlar geliştirebilmek için öncelikle moleküler seviyede bunun nasıl gerçekleştiğini bulmak gerekir.

Bu dinamik süreçleri incelemek, insan gibi büyük ve karmaşık canlılarda zordur. Bu nedenle moleküler biyologlar çalışmalarını çoğunlukla daha basit organizmalar üzerinde gerçekleştirir. DNA ve RNA'nın işlevleri hakkındaki ilk araştırmaların büyük bir kısmında bakteriler kullanıldı. Kanser araştırmalarında fare gibi hayvanlar kullanılır. Bu bulguları insanlara uyarlamak kolay değildir ama modern bilim bu şekilde işler; daha basitten daha karmaşığa ilerler. Bu yöntem, milyonlarca yıldır evrime yön veren süreçleri anlamamıza yardımcı olur. Sonunda DNA'nın kaderimizi kontrol eden molekül olduğu anlaşılır.



“Yaşam Kitabını” Okumak İNSAN GENOM PROJESİ

İnsanlar tam sayısı bilinmese de yaklaşık 22.000 gene sahiptir. Peki bunu nasıl bilebiliyoruz? Dünyanın dört bir yanındaki laboratuvarlardan bilim insanları İnsan Genom Projesi’nde bir araya geldi. Bu iddialı proje, DNA sekanslama yöntemi-ni kullanarak genlerimizi saydı ve Crick’le Watson DNA’nın yapısını ortaya koyduğunda gündeme gelen soruyu yanıtladı. “Sekanslama”, insan genomu-nu oluşturun moleküllerin üç milyar “baz çiftinin” her birinin kromozomlardaki konumunu belirlemek anlamına gelir. Hücrelerimizin her birinin çekirde-ğinde ikili heliks şeklinde düzenlenmiş muazzam sayıda adenin ve timin, sitosin ve guanin bulunur.

DNA’yı anlamak bize “yaşamın sırrını” verdiyse, İnsan Genom Projesi “yaşamın kitabını okumak”

anlamına gelir. Çünkü genom bu demektir; saç renginizden küçük parmağınızın şekline kadar sizin hakkınızdaki her şeyi belirleyen genleri içerir. Aynı zamanda kolayca görülemeyen şeyleri de kapsar: Döllenmiş bir yumurta hücresinin önce iki, daha sonra dörde çoğalması ve sonunda ana rahminde bir bebek halini alması için tüm talimatları buradadır. Hücrelerde kan şekerimizi düzenleyen insülin gibi proteinleri üreten biyolojik programları kontrol eder. Beyinde bir sinirden diğerine mesajları ileten kimyasalların programlarını çalıştırır.

İnsan Genom Projesi, 1990 yılında başladı. Projenin 2005 yılında tamamlanması planlanmıştı. Ancak planlanan tarihten tam beş yıl önce, 26 Temmuz 2000'de her şeyin seyrini değiştiren olağandışı bir şey oldu. Büyük bir tantana koptu, televizyonlar canlı yayına geçti, ABD Başkanı ve Büyük Britanya Başbakanı projenin ilk etabının tamamlandığını duyurdu. Projeyi yürüten bilim insanlarının bazıları da onlara eşlik etti. Ancak iki dünya liderinin mevcudiyeti, genomu anlamamanın ne kadar önemli olduğunun bir işaretiydi.

2003 yılına kadar bu yaşam kitabının çok daha iyi bir versiyonunun üretilmesi tam üç yıl aldı. Büyük boşluklar dolduruldu ve hataların birçoğu düzeltildi. Bu bile ilk başta planlanan tarihten iki yıl önceydi. Proje sırasında bilim insanlarının kullandığı yöntemler ve teknoloji, özellikle de bilgisayar destekli olanlar gelişti.

Genom projesi, DNA'nın keşfini takip eden onlarca yıllık araştırmaları temel aldı. Crick ve Watson'ın 1953'teki açıklamalarının ardından DNA

ipliklerini “klonlamak” ve DNA moleküllerinin araştırmak istediğiniz kısmının daha çok örneğini elde edebilmek önemli bir adımdı. 1960’larda moleküler biyologlar bunun enzimler ve bakteriler kullanılarak yapılabileceğini gösterdi. Enzimler, özel yapılarına bağlı olarak her türlü şeyi yapabilen proteinlerdir. Burada da kendi doğal vazifelerinden birini yapmak için kullanıldılar: DNA’ları küçük parçalar halinde kestiler. Bu küçük parçalar özel olarak bakterilerin içine yerleştirildi. Bakteriler çok hızlı biçimde üredi ve bu modifiye edilmiş bakteriler ürerken DNA kesitlerinin kopyaları elde edildi. Bu klonlar araştırmalarda kullanılabildi. Bu işlem büyük heyecan yarattı ama sadece bir başlangıçtı. DNA parçalarının yanı sıra bir bütün olarak hücreler de kopyalanabildi. Dolly adındaki koyun, yetişkin bir koyun hücresinden klonlanan ilk memeli oldu. 1996 yılında doğdu ve 2003 yılında öldü. Klonlama teknikleri geliştirilmeye devam ediyor ve moleküler biyoloji araştırmalarının en çok haber niteliği taşıyan alanlarından biridir.

Bilim insanları deney yapabilmek için bolca DNA parçasına sahip olduktan sonra, DNA sekanslama problemini çözmeye çalıştı. Bu, DNA’daki moleküllerin baz çiftlerinin dizilimini ortaya çıkarmak demekti. Cambridge’te çalışan İngiliz moleküler biyolog Frederick Sanger’in (d. 1918) işiydi. Sanger, 1958’de insülin proteininin aminoasitlerinin dizilimini belirlediği için Nobel Ödülüne layık görülmüştü.

Aminoasitlerle DNA arasındaki temel farklardan biri, DNA moleküllerinin çok daha uzun olması ve çok ama çok daha fazla baz çifti sahibi olması-

dır. Ayrıca aminoasitler kimyasal olarak daha az benzerdir; DNA baz çiftleri ise birbirine daha çok benzer ve dolayısıyla daha zor ayırt edilir. Sanger kendisinin ve diğer bilim insanlarının daha önceki çalışmaları temelinde radyoaktif işaretleme, kimyasallar ve enzimler kullanarak kısa DNA iplikleri hazırlamanın bir yolunu buldu. Adenin, timin, sitosin ve guanini birbirinden ayırmak için çeşitli biyokimyasal yöntemler uyguladı. Bunu yaparken kimyasal bileşikler olarak biraz farklı kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip olmalarından yararlandı. En iyi sonuçlar, *elektroforez* denilen işlemle elde edildi.

Sanger sonuçların doğruluğundan emin olmak için ekibiyle birlikte her ipliğin birden çok kopyasını birçok kez işlemiden geçirerek sonuçları karşılaştırdı. Bu çok fazla zaman alan ve tekrara dayanan bir süreçti. Ancak uzun molekülün birçok kısa kesitini kullanarak ve ardından da nerede başlayıp nerede bittiğine bakarak, iplikleri eşleştirmeyi ve okunabilir bir DNA sekansı üretmeyi başardılar. 1977 yılında bir organizmanın genomunu okuyarak ilk başarılarına imza attılar. Ancak bu "phi X 174" adındaki bir bakteriyofaja ait mütevazı bir genomdu. Bakteriyofajlar, bakterileri enfekte eden virüslerdir ve "phi X 174" moleküler biyoloji laboratuvarlarında araç olarak sıkça kullanılan virüstü. 1980 yılında Sanger bu kıymetli çalışmasından dolayı ikinci Nobel Ödülünü kazandı.

Sonraki genom hedefleri de laboratuvar organizmalarıydı. Okunabilir bir DNA sekansı üretmek ne kadar zor olsa da moleküler biyologlar araştırmalarını sürdürdü. Bu esnada bilişimdeki yenilikler,

kısa ipliklerdeki baz motiflerinin analiz edilmesini kolaylaştırdı. Bilim insanları hevesle işe koyuldu. Bir organizmanın tam anlamıyla hangi genlere sahip olduğunu ve her genin hangi proteinleri üretebileceğini bilirlerse, organizmanın döllenmiş yumurtadan yetişkinliğe kadar tam manasıyla hücre hücre nasıl oluştuğu hakkında çok temel şeyleri anlayabilirlerdi.

Meyvesineği bu araştırmalar için ilk akla gelen adaylardan biriydi. Thomas Hunt Morgan ve grubu, 1950'den önce meyvesineğinin kalıtım örüntüleri hakkında birçok şey yapmıştı ve basit de olsa bir gen haritası çıkarmıştı. Araştırmalar için bir diğer aday, *Caenorhabditis elegans* adıyla bilinen küçük yuvarlaksolucandı. Yalnızca 1 milimetre uzunluğunda olan solucan tam 959 hücreye ve basit bir sinir sistemine sahipti. Çok fazla hayvana benzemese de *C. elegans*, Sydney Brenner'ın (d. 1927) favori laboratuvar hayvanıydı ve uzun yıllar bu amaçla kullanılmıştı. Brenner, 1956 yılında Güney Afrika'dan Cambridge'teki Moleküler Biyoloji Laboratuvarına (LMB) geldi. 1960'lardan itibaren hücreleri kolayca görülebildiği için bu hayvanın gelişimini araştırdı. Solucanın embriyo halindeki her bir hücresinin, yetişkinlikte ne hale geleceğini belirlemek mümkün olabilirdi. Solucanın genomu açığa çıkarılabilirse, genler yetişkin solucanın yaşam işlevlerini nasıl yerine getirdiğiyle ilişkilendirilebilirdi.

Brenner ve ekibi, çalışmanın seyrinde bir hayvanda hücrelerin olağan yaşamları hakkında birçok şey öğrendi. Hücrenin yapmak zorunda olduğu çok önemli bir iş de buna dahildi: Hücre, vakti

geldiğinde ölmek zorundaydı. Bitkiler ve hayvanlar her zaman yeni hücreler üretir. Uzunca bir süre banyoda kaldığınızda cildinizin nasıl soyulduğunu düşünün. Ölü hücrelerden arınırsınız ve onların yerini canlı hücreler alır. Bir organizmanın içindeki bu yaşam ve ölüm, doğanın muntazam bir özelliğidir ve bu işlemi genler programlar. Kanseri hücrelerinin bu kadar tehlikeli olmasının nedeni budur: Kanseri hücreleri ne zaman ölmeleri gerektiğini bilmez. Hücreye, bölünmeye son vermesini gerektiğini söyleyemeyen geni etkilemek, modern kanser araştırmalarının önemli bir parçasıdır. Brenner ve iki meslektaşı, bu mütevazı solucanla yaptıkları çalışma nedeniyle 2002 yılında Nobel Ödülünü kazandı.

O tarihte bu meslektaşlarından biri olan John Sulston (d. 1942) İnsan Genom Projesi'nde görev alan İngiliz ekibinin başındaydı. Proje modern bilimin simgesi olarak öne çıkar. İlk olarak yüksek maliyetliydi ve binlerce kişi birlikte çalıştı. Modern bilim nadiren tek başına yapılır ve bilimsel makalelerde onlarca veya hatta yüzlerce yazar isminin bulunması artık çok doğaldır. Çalışma farklı ustalıklara sahip birçok kişiyi gerektirebilir. William Harvey'in tek başına kalp üzerine çalıştığı veya Lavoisier'in laboratuvarında tek asistan olarak eşinden yardım aldığı günler çok geride kalmıştı. İnsan genomunu sekanslama işinde birçok laboratuvar birlikte çalıştı. Kromozomları kendi aralarında paylaştılar. İşbirliği ve karşılıklı güven şarttı. Ayrıca her laboratuvar, sekansları aynı yüksek standartlarda üretmeliydi. DNA'nın küçük küçük parçaları üzerinde çalışıldı ve ardından bunları tek bir sekansta

bir araya getirmek için bilgisayar analizi kullanıldı. Bu laboratuvarları işletmek maliyetliydi ve bolca kaynağa ihtiyaç vardı. ABD’de gerekli kaynak Ulusal Sağlık Enstitüleri ve başka yerlerdeki devlet destekli laboratuvarlar tarafından sağlandı. Projenin Britanya ayağı önce devlet bağışlarıyla, daha sonra Wellcome Trust adındaki özel tıbbi araştırma vakfının desteğiyle yürütüldü. Fransız ve Japon hükümetleri, daha küçük laboratuvarları destekleyerek projeyi gerçek anlamda uluslararası kıldı.

İkinci olarak, bu proje ve aslında modern bilimin kendisi bilgisayarlar olmadan yapılamaz. Bilim insanları her DNA ipliğini incelerken ve nerede başlayıp nerede bittiğini görmeye çalışırken bol miktarda enformasyonu analiz etmek zorundaydı. İnsanlar için bunaltıcı olabilecek bu işi bilgisayarlar çabucak yaptı. Günümüzde birçok bilimsel projede meyvesinekleri veya test tüpleriyle değil, sadece bilgisayar ve bilgisayar programlarıyla ilgilenen kişiler görev yapar.

Üçüncü olarak, modern bilim bolca para yatırılan ve kazanılan büyük bir iştir. İnsan Genom Projesi, kamu tarafından finanse edilen gruplarla Amerikalı girişimci Craig Venter (d.1946) tarafından kurulan özel şirket arasında bir yarışa dönüştü. Yetenekli bir bilim insanı olan Venter, DNA sekanslamayı hızlandırabilecek bazı ekipmanların geliştirilmesine katkıda bulundu. İnsan genomunun kodunu çözmek, patent almak ve bu bilgileri, kullanmak isteyen bilim insanları ve ilaç şirketleriyle ücret karşılığında paylaşmak istiyordu. Sonunda iki taraf arasında uzlaşma sağlandı. İnsan

genomu ücretsiz bir biçimde kullanıma sunuldu ama bu bilgilerin bazı kullanım şekillerinin patenti alınabiliyor ve bu yöntemle üretilen ilaçlar veya teşhise yönelik testler kâr karşılığı satılabiliyor. Günümüzde sağlığını korumak ve gelecekte yakalanabileceği hastalıklardan kaçınmak umuduyla DNA sekansını okutmak isteyen kişiler elbette ücret ödemek zorunda.

Son olarak, Genom Projesi günümüzde önemli bilimi kuşatan "abartının" etkili bir örneğidir. Bilim insanları nadir kaynaklar için rekabet etmek zorundadır ve bazen kaynak bulabilmek adına araştırmalarının önemini abartır. Gazeteciler, onların öykülerini en dramatik detaylarla parlatarak haber yapar; zira sıradan bilim haber niteliği taşımaz. Her yeni keşif veya buluş, kamuoyunun beklentilerini artırır. Yeni bir ilaç veya tedavi umudu doğar. Ancak bilimin kalıcı etkilerini görebilmek çoğunlukla beklenenden çok daha uzun zaman alır. Yeni bilgiler her gün elde edilir ve yeni terapiler düzenli olarak duyurulur. Ne var ki çoğu bilim adım adım ilerler ve medya abartısı nadiren karşılığını bulur.

Her şeye rağmen insan genomunu okuyabilmek büyük bir başarıdır çünkü bize sağlık ve hastalık hakkında çok daha net bir anlayış kazandırabilir. Zamanla kanser, kalp hastalığı, diyabet, demans ve modern zamanların diğer ölümcül hastalıklarına karşı yeni ilaçlar geliştirebilmemize yardımcı olacaktır. Birçok alandan ve birçok ülkeden bilim insanlarının görev yaptığı bu önemli çalışmanın bir sonucu olarak hepimiz daha sağlıklı hayatlar süreceğiz.



Büyük Patlama

Evrenin tarihinin filmi çekilseydi, filmi geriye doğru sardığınızda ne olurdu? Gezegenimiz yaklaşık beş milyar yıl önce yok olurdu. Büyük olasılıkla o tarihlerde güneş gezegenimizin kalıntılarından oluşmuştu. En başına kadar gitmeyi sürdürürsek ne olurdu? Büyük Patlama: Isısı ve kuvveti yaklaşık 13,8 milyar yıl sonra hissedilmeye devam edecek kadar büyük bir patlama.

En azından bilim insanlarının 1940'lerden itibaren gittikçe daha kesin bir dille ileri sürmeye başladıkları şey budur: Evren bir noktadan başlamıştı, aklımızın hayalimizin alamayacağı kadar sıcak ve yoğun bir haldeydi, sonra büyük patlama gerçekleşti. O andan itibaren soğudu ve genişledi. Galaksileri bu ilk noktadan uzağa taşıdı. Evrenimiz dinamik ve heyecan verici; biz onun ufacık parçalarının en ufağıyız. Evrende gözle görülür galaksileri

oluşturan yıldızlar, gezegenler ve kuyruklu yıldızların yanı sıra bir o kadar da görünmeyen kara delikler ve çok daha fazla “karanlık madde” ve karanlık enerji” var.

Peki Büyük Patlama gerçekten oldu mu ve evreni açıklayabilir mi? Hiç şüphesiz, filmin başlangıcında ortada hiç kimse yoktu. Büyük Patlamadan hemen önce ne olmuştu? Bunlar yanıtlarını hiçbir zaman bilemeyeceğimiz sorular ama en ileri fiziği ve kozmolojiyi (evrenbilimi) çokça ilgilendiriyor. Son yarım yüzyıldır çok tartışıldı ve tartışılmaya devam ediyor.

1800 dolaylarında Fransız Newtoncu Laplace, “nebula hipotezini” geliştirmişti (18. Bölüm). Esasen güneş sisteminin dev bir gaz bulutundan ortaya çıktığını ileri sürdü. Birçok insanı dünyanın kadim bir tarihe sahip olduğuna ikna etti. Bu dünyanın karakteristiklerini, örneğin merkezinin sıcak olmasını, fosilleri ve diğer jeolojik özellikleri açıklayabilirdi. 19. yüzyıl bilim insanları, dünyanın ve galaksimiz Samanyolunun yaşını hararetle tartıştı. Ancak 20. yüzyılın başlarında iki önemli gelişme bu soruları kökten değiştirdi.

Bunların ilki, 32. Bölümde üzerinde durduğumuz Einstein’ın Genel Görelilik Kuramıydı. Zaman ve uzay konusunda önemli sonuçlar doğurdu. Einstein bunların ikisinin yakından ilişkili olduğunu göstererek “uzay-zaman” kavramını ortaya attı ve evrene yeni bir boyut eklemiş oldu. Ayrıca Einstein’ın matematiksel çalışması uzayın eğri olduğunu gösterdi. Dolayısıyla Öklit’in geometrisi uzayın engin mesafeleri hakkında yeteri bir izah sunmaktan

çok uzaktı. Öklit'in evreninde paralel çizgiler sonsuza kadar uzar ve hiçbir zaman çakışmaz. Ancak bu, uzayın düz olduğunu varsayar. Öklit'in düz dünyasında üçgenin iç açıların toplamı her zaman 180 derecedir. Ama yüzeyi eğri olan bir kürenin üzerindeki üçgeni ölçerseniz bu işe yaramaz. Uzayın kendisi eğriyse, bununla başa çıkabilmek için matematiğin farklı formlarına ihtiyaç duyarız.

Fizikçiler ve evrenbilimciler Einstein'ın parlak çalışmasının doğruluğunu kabul ettikten sonra bununla ilgili yeni yaklaşımlar geliştirdi. Einstein'ın devrimi büyük ölçüde teorik olsa da, kozmolojideki ikinci önemli gelişme teorik değildi. Amerikalı gökbilimci Edwin Hubble'ın (1889-1953) yaptığı gözlemler başta olmak üzere, sıkı sıkıya gözlemlere dayalıydı. Hubble 1990 yılında dünyanın yörünge-sine yerleştirilen bir uzay teleskobuna ismi verilerek onurlandırıldı. Hubble Uzay Teleskobu, Hubble'ın California'daki Wilson Dağı Gözlemevinde teleskobuyla görebildiklerinden çok daha fazlasını gösterdi. 1920'lerde Hubble diğer gökbilimcilerden çok daha uzakları görebilmişti. Galaksimizin evrenin sonunun başlangıcı bile olmadığını göstermişti. Samanyolu, teleskoplarımızın ulaşabileceğinden çok daha uzaklara yayılan binlerce galaksiden sadece biridir.

Evrenbilimciler, Hubble'ı özel bir sayıya (bir "sabit"e) adını vererek de anar. (Benzer bir amacı taşıyan "Planck sabitini" hatırlayın.) Işık bizden uzaklaşırken dalgalarının spektrumu görülebilen spektrumun kırmızı ucuna doğru kayar. Buna "kı-zıla kayma" denir. Işık bize yaklaşırken dalgalar

spektrumun diğer ucuna kayar. Buna da “maviye kayma” denir. Bu, gökbilimcilerin kolayca ölçebileceği bir etkidir ve trenlerin sesinin yaklaşırken ve uzaklaşırken farklı duyulmasıyla aynı nedenden kaynaklanır. Hubble çok uzaktaki yıldızlardan gelen ışığın kızıla kaydığını ve yıldız ne kadar uzaksa kaymanın o kadar büyük olduğunu gözlemlemiştir. Bundan yola çıkarak yıldızların bizden uzaklaştığı ve yıldızlar ne kadar uzaksa o kadar hızlı hareket ettiği sonucuna varmıştı. Evren genişler ve görünüşe göre gittikçe artan hızda genişler. Hubble yıldızların mesafesini ve kızıla kayma oranını ölçtü. Ölçümlerini bir grafikte işaretlediğinde oldukça düz bir çizgide ilerlediklerini gördü. “Hubble sabitini” hesapladı ve 1929 yılında çok önemli bir makale yayımladı. Bu olağandışı sayı, evrenbilimcilere evrenin yaşını hesaplama yöntemi sundu.

Hubble sabiti daha sonra düzeltildi. Yeni gözlemlerde daha da uzaktaki yıldızlar bulundu ve artık kızıla kaymanın daha doğru ölçümlerini yapabiliyoruz. Bu yıldızlardan bazıları milyonlarca ışık yılı uzaklıkta. Bir ışık yılı yaklaşık olarak 9,5 milyar kilometredir. Güneş ışığının bir ışınının dünyaya ulaşması sadece sekiz dakika alır. Işın daha sonra güneşe geri yansırsa bir yıl içinde 32.000 dönüş yolculuğu yapabilir. Bu, söz konusu mesafelerin ve de zamanın uçsuz bucaksızlığını anlamaya çalışmanın bir başka yoludur. Geceleri gökyüzünde gördüğümüz şeylerin bir kısmı, yola çıktıkları yıldızlar çoktan sönüp gitmiş olsa da kendi uzun yolculuklarına devam eden ışıklardır. Hubble sabitinin kesin değerini elde etmek için çok uzaktaki bu yıldızların ve

galaksilerin bize mesafesini tam olarak bilmemiz gerekir. Ancak bütün bu güçlülükler rağmen Hubble sabitinin önemi, bize yaklaşık sonuçlar verebilmesidir. Bu sayede Büyük Patlamadan başlayarak evrenin yaşını hesaplayabiliriz.

Büyük Patlama, 1940'larda George Gamow (1904-68) tarafından popüler hale getirildi. Gamow, 1930'ların başında Amerika'ya göç eden Rus asıllı parlak bir fizikçiydi. Mükemmel bir yaratıcılığa sahipti; fikirleriyle hem moleküler biyolojiye hem de fizik ve görelilik teorisine katkıda bulundu. Bir meslektaşıyla birlikte atomun çekirdeğinin nasıl elektron (beta parçacığı) yaydığını mikro ölçekte keşfetti. Büyük ölçekte sıcak parçacıklar ve kozmik tozlardan oluşan, nebula denilen devasa bulutların nasıl oluştuğunu inceledi. 1948'den itibaren başkalarıyla birlikte geliştirdiği Büyük Patlama teorisi, atomun en küçük bileşenleri hakkındaki bilgileri temel aldı ve evrenin başlangıcında ne yaşanmış olabileceğine dair bir modelle birleşti.

Önce bileşenler geldi: parçacıklar ve kuvvetler. 1940'ların sonunda fiziğin bu alanı *kuantum elektrodinamiği* (kısaca QED) adıyla anılmaya başlandı. Bu alanın anlam kazanmasına katkıda bulunan kişilerden biri de Amerikalı fizikçi Richard Feynman'dı (1918-88). Feynman teorilerini ve matematiğini açıklamak için çizdiği şemalarla ve tamtam çalmasıyla meşhurdu. Bu şemalarından bazılarını restoranlardaki peçetelere çizmişti. Birazdan inceleyeceğimiz daha da küçük parçacıklar ve kuvvetleri açıklayan karmaşık matematiği ortaya koydu. 1965 yılında esasen kuantum elektrodinamiği ala-

nındaki bu çalışmaları nedeniyle Nobel Ödülüne layık görüldü.

II. Dünya Savaşı'ndan sonra parçacık fizikçileri, atomları ve ardından da parçacıkları, gittikçe daha güçlü parçacık hızlandırıcıları kullanarak hızlandırmaya devam etti. Hızlandırıcılar atomları atomaltı parçacıklara parçalayabilir. Bu, Büyük Patlamadan hemen sonra gerçekleşmiş olabilecek şeyi tersine çevirmek gibidir. Büyük Patlamadan sonra, soğuma başlayınca maddenin temel yapıtaşları oluşmaya başlamış olmalıdır. Parçacıklar atomları, atomlar elementleri oluşturmuş ve bu süreç gezegenler ve yıldızlar oluşana kadar devam etmiştir.

Einstein'ın $E = mc^2$ denkleminin bize söylediği gibi, hızlandırıcılardaki gittikçe artan hızlarda –nere-deyse ışık hızında– kütle çoğunlukla enerjiye dönüşür. Fizikçiler, bu hızlı parçacıkların büyüleyici şeyler yaptığını tespit etti. Elektron, hızlandırıcıdan değişmeden çıkar ve başka hiçbir şeyden oluşmaz. *Leptonlar* denilen kuvvet parçacıkları ailesinin bir üyesidir. Proton ve nötronsa kuark adındaki daha da küçük parçacıklardan oluşur. Çeşitli türden parçacıklar vardır ve her biri belli bir yüke sahiptir. Üçlü olarak birleşerek bir nötron veya proton oluştururlar.

Evrende dört temel kuvvet vardır. Bunların birbiriyle ilişkisini anlamak, 20. yüzyılın en önemli uğraşlarından biri oldu. *Yerçekimi*, bunların en zayıfıdır ama sonsuz mesafeden etkili olur. Newton'ın elmasından beri resmen ilgilenmemize rağmen yerçekimini halen tam olarak anlayabilmiş değiliz. *Elektromanyetizma* doğada birçok bakımdan etkilidir.

Elektronların atomun yörüngesinde kalmasını sağlar ve ışık olarak bize her gün güneşin halen parladığının haberini verir. Ayrıca atomda *güçlü* ve *zayıf nükleer kuvvetler* vardır. Bu ikisi, parçacıkları atomun çekirdeğinde tutar.

Yerçekimini bir kenara bırakacak olursak, diğer kuvvetler *bozon* adı verilen özel parçacıkların yani kuvvet taşıyıcıların değiş tokuşuyla işler. Foton veya Einstein'ın ışık kuantumu (elektromanyetizmanın bozonu) da bu kapsamdadır. Ancak en ünlü bozon, kayıp olan Higgs Bozonudur. Parçacık fiziği 1960'lardan beri bunu arar. Bu bozonun diğer parçacıklarda kütle yarattığı düşünülür. Bunu bulmak, parçacıkların Büyük Patlamadan hemen sonra kütlelerini nasıl kazandığının açıklanmasına yardımcı olacaktır. 2012 yılında Large Hadron Collider (LHC) adındaki dünyanın en büyük parçacık hızlandırıcısında bunun bir anlığına görüldüğü düşünüldü. İsviçre'de Cenevre yakınlarında bulunan bu parçacık hızlandırıcısı, 1998-2008 yılları arasında Avrupa Nükleer Araştırma Örgütü (CERN) tarafından üretildi. CERN fizik araştırmalarının yüksek maliyeti sebebiyle birçok Avrupa ülkesinin katılımıyla ortak bir bilimsel girişim olarak 1954 yılında kuruldu. Madde ve enerjinin aşırı uçlarındaki bu deneyleri gerçekleştirmek ve yorumlamak için gerekli bilim insanı, teknisyen ve bilgisayar personeli ihtiyacını karşılamak da hedefler arasındaydı.

Higgs Bozonu, yerçekimi dışında her şeyi açıklayan Standart Model adındaki yapbozun son derece önemli bir parçasıdır ama sonuncu parça değildir. Doğrulanmış bir Standart Model bütün kuvvetleri

ve parçacıkları analiz etmeye dönük bir yaklaşımla "Her Şeyin Teorisi"ne yaklaşacaktır. Bunu büyük olasılıkla "sicim teorisi" aracılığıyla yapacaktır. Sicim teorisi, doğanın temel kuvvetlerinin tek boyutlu titreşimli sicimler gibi ele alınabileceği varsayımını temel alır. Çok komplike bir matematik kullanır ve halen gelişmekte olan bir bilimdir.

Mikro seviyedeki parçacık fiziğinin büyük bir kısmı, yaşadığımız dünyayla kolayca ilişkilendirilemez. Ancak bilim insanları nükleer enerji, televizyon, bilgisayarlar, kuantum hesaplama ve tıbbi görüntüleme ekipmanlarında parçacık fiziğinin gittikçe daha çok kullanım alanını bulmaktadır. Günlük hayatlarımızdaki bu önemli kullanımların ötesinde, Büyük Patlama fikri uzayın derinliklerinde görebildiklerimiz ve göremediklerimizle uyumlu olduğu için öğrenilecek daha çok şey vardır.

1920'lerde Rus fizikçi Alexander Friedman (1888-1925) Einstein'ın Genel Görelilik Kuramını çabucak özümseyip evren hakkındaki kendi matematiksel anlayışına uyarlayanlardan biriydi. Friedman Denklemleri, genişleyen evrenin kurallarını belirledi. Friedman yıldızlara dünyadan bakmamızın önemli olup olmadığına da kafa yordu. Dünya bizim için özel bir yer olsa da evrene bakabileceğimiz tek yer burası mıydı? Friedman bu soruya olumsuz yanıt verdi. Bu hiç önemli değildi, tamamen tesadüfiydi. Işık yılları uzaklıktaki başka bir gezegende olsaydık hiçbir şey farklı görünmeyecekti. Bu, Friedman'ın Kozmolojik Sabitidir. Bize bir başka önemli fikri sunar: Madde evren geneline birörnek yayılır. Elbette yerel farklılıklar mevcuttur; dünya onu çevreleyen atmosferden

çok daha yoğundur. Ama tüm uzay düşünüldüğünde bu prensip doğru görünür. Günümüzde evrenbilimciler keşiflerinin büyük bir kısmını Friedman'ın modellerine dayandırır. Aynı zamanda kara delikler ve karanlık madde gibi gizemli şeylerle başa çıkmaları gerekir.

18. yüzyılda Kraliyet Derneğinin iki üyesi "karanlık yıldız" fikrini tartıştı. Onun modern karşılığı olan "kara deliğin" tanımını yapmak, modern matematik dehası Roger Penrose (d. 1931) ve parlak kuramsal fizikçi Stephen Hawking'e (d. 1942) düştü. Hawking emekli olana kadar Cambridge Üniversitesinde bir zamanlar Isaac Newton'ın görev yeri olan Lucas Kürsüsünde matematik profesörü olarak görev yaptı. Hawking ve Penrose, kara delikleri zihnimizde kolayca canlandırabileceğimizi ama asla göremeyeceğimizi açıkladı. Bunun nedeni, kara deliklerin uzayda ölen yıldızların aşama aşama kendi merkezine doğru çekilmesiyle oluşmasıdır. Geriye kalan madde gittikçe yoğunlaşır ve yer çekimi öylesine güçlü hale gelir ki ışığın fotonları içeride hapsolup dışarı çıkamaz.

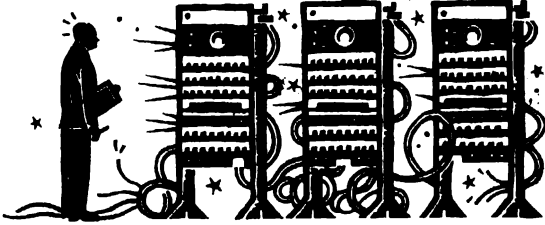
Ayrıca süper kütleli kara delikler vardır. 2008 yılında Samanyolunun kendi süper kütleli kara deliği (Sagittarius A*) Şili'deki teleskoplarla yürütülen 16 yıllık bir avın sonucunda doğrulandı. Alman Reinhard Genzel (d. 1952) yönetimindeki gökbilimciler, galaksinin merkezindeki kara deliğin yörüngesinde yer alan yıldızların örüntülerini gözlemledi. 27.000 ışık yılı uzaktaki kara delikle aramızda çok fazla yıldız tozu olduğu için kızılötesi ölçümleri kullanıldı.

Bu süper kütleli kara delikler, galaksilerin oluşumunda önemli bir rol oynayabilir ve uzayın doğrudan göremeyeceğimiz kısmını içine alabilir. Karanlık maddenin, evrendeki tüm maddenin yüzde seksenini oluşturduğu düşünülür. Gaz ve uzay tozuyla birlikte görünür yıldızlar ve gezegenler evrenin yalnızca yüzde dördünü oluşturur. Karanlık madde ilk önce evrenin büyük parçalarının neden tam olarak beklendiği gibi hareket etmediğini açıklamak için 1930'larda gündeme getirildi. Bilim insanları, görünür parçaların kütlesiyle çekim etkileri arasında uyumsuzluk olduğunu fark etti. Bir şeyler eksikti. 1970'lerde gökbilimci Vera Rubin (d. 1928) galaksilerin ucundaki yıldızların ne kadar hızlı hareket ettiğini belirledi. Olması gerekenden daha hızlı hareket ediyorlardı. Gelenek olarak yıldızların, galaksinin merkezinden ne kadar uzaksa o kadar yavaş hareket edecekleri düşünülmüştü. Yıldızları hızlandırmak için gerekli ekstra çekimi karanlık madde sağlıyor olmalıydı. Böylece karanlık maddenin dolaylı kanıtına ulaşıldı ve bu kanıt genel kabul gördü. Ancak karanlık maddenin ne olduğu gizemini korudu. Gelecekte doğrulanmayı veya çürütülmeyi bekleyen bir şey daha.

Modern kozmoloji Einstein'ın teorilerinden, on binlerce gözlemden, bilgisayarlı veri analizlerinden ve Gamow'un Büyük Patlama fikrinden doğmuştur. Bilimdeki her iyi teori gibi Büyük Patlama da Gamow'dan sonra değişikliğe uğramıştır. Doğrusu, Gamow'un 1948 yılında bu teoriyi ileri sürmesinden sonraki yirmi yılda fizikçiler evrenin başlangıcıyla pek ilgilenmedi. Büyük Patlama, en çok gökbilimci

Fred Hoyle (1915-2001) ile birlikte anılan “durağan hal” adındaki bir diğer evren modeliyle rekabet etmek zorunda kaldı. Hoyle’un modeli, 1950’lerde belli bir destek buldu. Yeni maddenin sürekli olarak oluştuğu sonsuz bir evren fikrini temel alıyordu. Buna göre evrenin başlangıcı ve sonu yoktu. Durağan hal teorisi çok fazla sorun barındırdığı için kısa bir bilimsel hayata sahip oldu.

Günümüzde fizikçiler, parçacık hızlandırıcılar da toplanan kısa ömürlü parçacıklar ve kuvvetler hakkında bilgi sahibi oluyor ve uzayın derinliklerinde gözlemler yapıyor. Bu sayede Büyük Patlama hakkında bildiklerimiz düzeltilebiliyor. Öte yandan detaylar konusunda, hatta bazı temel prensipler üzerine çok fazla anlaşmazlık mevcut olsa da bu bilimde alışılmadık bir durum değil. Büyük Patlama modeli günümüzde ölçebildiğimiz uzak yıldızların kızıla kayması, kozmik arka plan ışıması ve temel atomik kuvvetler gibi birçok şeyi anlamlandırabiliyor. Ayrıca kara delikler ve karanlık maddeyle de uyumlu. Bu modelin yapamadığı şey, Büyük Patlamanın *neden* gerçekleştiğini ortaya koyamaması. Ancak bilim “neden” sorusuyla değil “nasıl” sorusuyla ilgilenir. Bilimin bütün branşlarında olduğu gibi bazı fizikçiler ve evrenbilimciler dini inançlara sahiptir, bazıları da sahip değildir. Zaten böyle olması gerekir. En iyi bilim hoşgörü atmosferinde yapılır.



Dijital Çağımızda Bilim

Bilgisayarınızı açtığınızda büyük olasılıkla “hesapla-
ma” yapmazsınız. Bir şeylere bakabilirsiniz, arkadaş-
larınıza e-posta atabilirsiniz veya son haftanın maç
skorlarına göz atabilirsiniz. Ama bilgisayarlar aslen
bir şeyleri beynimizden daha hızlı veya daha doğru he-
saplayabilmek –saymak– için geliştirilen makinelerdi.

Bilgisayarları son teknoloji ürünü olarak dü-
şünsek de bilgisayar fikri çok eskidir. 19. yüzyılda
İngiliz matematikçi Charles Babbage (1792-1871)
bir şeyler yapmak için “programlanabilen” bir he-
saplama makinesi icat etti. Örneğin bu makineyi
1000000’a kadar tek tek saymaya ve bu sayıya ulaş-
tığında 1000002’ye atlamaya programlayabiliyor-
du. Bu kadar saymasını sabırla bekleyen herkes, bir
sayıyı atlamasına şaşırıyordu. Babbage’nin amacı,
makinesinin doğanın normal akışında bekleyeme-
yeceğimiz şeyleri yapabileceğini göstermekti.

1800'lerin sonunda Amerikalı matematikçi Herman Hollerith (1860-1929) verileri analiz etmek için delikli kartlar kullanan bir elektrikli makine icat etti. Kartlar doğru delinip makineye yerleştirilirse, bunları okuyup bilgileri işleyebiliyordu. Hollerith Makinesi, nüfus sayımlarında çok faydalı oldu: Nüfusun daha iyi anlaşılabilmesi için düzenlenen anket formlarında işaretlenen bilgiler bu makineyle analiz edildi. İnsanların gelir durumu, her hanede kaç kişinin yaşadığı, yaşları ve cinsiyetleri gibi temel veriler çabucak hesaplanabildi. II. Dünya Savaşı'na kadar çoğu bilgisayar delikli kartlarla çalıştı.

Savaş sırasında bilgisayarlar askeri amaçlarla kullanıldı. Top mermilerinin ne kadar uzağa gideceği bilgisayarlarla hesaplanabildi. Bilgisayarlar düşman mesajlarının şifresini çözmeye dönük çok gizli faaliyetlerde daha da dramatik bir rol oynadı. Almanlar, İngilizler ve Amerikalılar savaş koşulları altında güvenliğe katkıda bulunmak için bilgisayarlar geliştirdi. Bu muhteşem bir ironidir: Modern bilgisayar herkese açıktır ama başlangıçta en yüksek güvenlik yetkilerine sahip çok az kişinin erişebildiği bir şey olarak ortaya çıkmıştır.

İngilizler ve Amerikalılar, Almanların şifreli mesajlarını analiz etmek için bilgisayarları kullandı. Buckinghamshire'da "Bletchley Park" adındaki eski bir kır evi, İngilizlerin şifre kırma çabalarının merkez üssüydü. Almanlar iki şifreleme makinesi kullanıyordu: Enigma ve Lorenz. Şifreler her gün değiştiriliyordu. Bu, şifreleri çözümlmek için kullanılan makinelerin yüksek bir uyumluluk kapasitesine sahip olmasını gerektiriyordu. İngilizler iki

şifre kırma makinesi tasarladı: Bombe ve Colossus. Dev heykel anlamına gelen “Colossus” adının seçilmesi gayet yerindeydi. Zira bu bilgisayarlar, odalar dolusu yer kaplayan ve çok miktarda elektrik tüketen dev makinelerdi. Bilgisayarlar elektrik sinyallerinin akışını kontrol etmek için çok sayıda vakum tüpü kullanıyordu. Bu tüpler çok fazla ısı ürettiği için sık sık hata veriyordu. Teknisyenlerin yanan telleri kolayca değiştirebilmesi için vakum tüpleri geniş boşluklar bırakılarak diziliyordu. O günlerde “hata ayıklama”, bir yazılım programı çalıştırmak anlamına gelmiyordu; sıcak cam tüplerin içine düşüp sistemin kısa devre yapmasına neden olan güve veya sinekleri bulup temizlemek demekti. Şifre kırıcılar savaşın süresini kısalttı ve hiç şüphesiz Müttefiklerin kazanmasına yardımcı oldu.

Bletchley Park’ta saygın bir matematikçi çalışıyordu: Alan Turing (1912-54). Turing, Cambridge’te benim de eğitim gördüğüm King’s College’ta eğitim almıştı ve parlak zekâsı 1930’ların başında daha henüz öğrenciyken takdir görmüştü. Bilgisayar matematiği hakkında önemli görüşlerini yayımlamıştı ve Bletchley Park’taki çalışması çok çarpıcıydı. Savaşın sona görüşlerini yayımlamaya devam etti. Bilgisayarların işleyişiyle, beyinlerimizin işleyişi arasındaki ilişkiler, yapay zekâ ve hatta satranç oynayan bir makine geliştirmek üzerine harika fikirleri vardı. Büyük satranç ustaları genellikle bilgisayarları yenilgiye uğratmaya devam etse de, makineler en iyi hamleyi yapmakta gittikçe daha iyi hale geliyor. Turing, Londra’da Teddington’da bulunan Ulusal Fizik Laboratuvarında ACE adındaki

ilk elektronik bilgisayardan birini geliştirdi. ACE çok daha yüksek bir işlemci kapasitesine sahipti. Turing'in hayatı trajik bir biçimde sonlandı. Britanya'da eşcinselliğin yasadışı olduğu bir dönemde eşcinseldi. Polis tarafından tutuklandıktan sonra, cinsel yönelimini "iyileştirmek" amacıyla seks hormonu tedavisine maruz bırakıldı. Striknin zehri aşılanmış bir elma yiyerek öldü. Ölüm nedeni neredeyse kesin olarak intihardı. Turing'in hayatı ve ölümü, önde gelen bilim insanlarının her ırk, cinsiyet, din ve cinsel tercihten olabileceğini hatırlatır.

Savaş sırasında üretilen dev makineler kıymetliydi ama aşırı ısınan valfler yüzünden kısıtlanmıştı. Bilgisayarları ve daha birçok şeyi değiştiren bir sonraki icat transistor oldu. 1847 yılının sonunda John Bardeen (1908-91), Walter Brattain (1902-87) ve William Shockley (1910-89) tarafından geliştirilen bu cihaz, elektrik sinyallerini anahtarlamaya ve yükseltmeye yarıyordu. Transistorlar vakum tüplerinden çok daha küçüktü ve çok daha az ısı ürettiyordu. Transistorlu radyo gibi çok çeşitli elektrikli aleti çok daha küçük ve etkili hale getirdi. Üç bilim insanı bu icatlarından dolayı Nobel Fizik Ödülünü paylaştı. Bardeen, transistorlar ve modern devrelerin yapımında kullanılan "yarı iletkenler" konusundaki araştırmasıyla ikinci kez Nobel Ödülüne layık görüldü.

Askeriye, 1945-1991 yılları arasında süren Soğuk Savaş boyunca bilişimi geliştirmeye devam etti. II. Dünya Savaşı'nda müttefik olsalar da iki süper gücün birbirine hiç güveni yoktu. ABD ve SSCB birbirlerinin faaliyetleri hakkında topladıkları verileri

analiz etmek için bilgisayarları kullandı. Ancak git-tikçe daha yoğun hesap yapabilen bilgisayarların bilim insanlarına da büyük yardımı oldu. Fizikçiler, 1960'larda yeni ve gelişen makinelerden en iyi şekilde yararlandı. Yüksek enerjili parçacık hızlandırıcılar öylesine çok veri üretti ki bir ordu insan elinde kâğıt kalemle bundan bir anlam çıkaramazdı.

Bilgisayar uzmanları, bilimsel ekiplerinin üyesi haline geldi ve araştırma bütçelerine onların ücretleri ve ekipmanları da eklendi. Bir ekibin sadece kişiler arası değil, bilgisayarlar arası iletişim kurabilmesi çok önemliydi. Ne de olsa telefon yüzyıldır vardı ve telgrafla gönderilen mesajlar daha da eskilere dayanıyordu. 1960'ların başında "paket anahtarlama" icat edildi. Dijital mesajlar daha küçük birimlere bölünebildi. Her birim en kolay yoldan aktarıldı ve alıcı bilgisayar ekranında yeniden bir araya getirildi. Sabit telefon hattını kullanarak konuştuğunuzda "gerçek zamanlı" iletişim kurarsınız ve başka hiç kimse sizi arayamaz. Ama bilgisayarda gönderdiğiniz veya aldığınız mesajlar –e postalar veya web sitelerindeki gönderiler– ne zaman istenirse o zaman okunabilir.

Paket anahtarlama, ABD ve Büyük Britanya'da aynı anda geliştirildi. Bir ulusal güvenlik özelliği olarak, askeri veya siyasi liderlerin birbirleriyle iletişim kurabilmesine olanak tanıdı. İletişim kolaylıklarından bazıları yok edilse bile bu yolla iletişim kurulabilecekti. Paket anahtarlama, bilgisayarları birbirine bağlayarak *ağ oluşturmayı* da kolaylaştırdı. Yine ağ oluşturan ilk sivil gruplar bilim insanları oldu. Modern bilim işbirliğinden çokça

faydalanır. 1960'ların gittikçe küçülen ve hızlanan bilgisayarlardan en çok faydalananlar akademik topluluklardı. O zamanki bilgisayarlar günümüzdekilere kıyasla aşırı büyük, aşırı yavaş ve aşırı pahalıydı. Ancak o zamanlar bile bilgisayar oyunları oynanabildiğini, yani eğlencenin erkenden başladığını bilmek belki içinizi rahatlatılabilir. Bilişimdeki değişim hızı 1970'lerde ivme kazandı. Bilgisayarlar veya o zamanki adıyla mikrobilgisayarlar, ekran ve klavyeleriyle birlikte bir masanın üstüne sığabilecek kadar küçüldü. İçerdikleri mikroişlemci çipler daha etkili hale geldikçe kişisel bilgisayar devrimi başladı. Araştırmaların çoğu, ABD'de California eyaletindeki Silikon Vadisi'nde gerçekleştirildi.

Bilgisayarlar, akademik toplulukların çalışma ve birbiriyle iletişim kurma şeklini değiştirmeye devam etti. 39. Bölümde değindiğimiz dünyanın en hızlı parçacık hızlandırıcısı Large Hadron Collider'e ev sahipliği yapan Avrupa Nükleer Araştırma Örgütünde (CERN) dünya üzerindeki en kalabalık fizikçi topluluklarından biri çalıştı. CERN'deki bilgisayar uzmanları 1980'ler ve 1990'larda ağ kurma ve veri analizini yeni doruklarına çıkardı. Bu uzmanlardan biri de Tim Berners-Lee'ydi (d. 1955). Berners-Lee bilgisayarlardan her zaman büyülenmişti. Hem anesi hem babası ilk bilgisayar öncülerinden olduğu için bilgisayarlarla iç içe büyümüştü. Berners-Lee, Oxford'da eğitim aldıktan sonra CERN'de çalışmaya başladı. 1989 yılında "Bilgi Yönetimi" için araştırma fonu talep etti. CERN'deki patronları ona biraz destek sundu ama Berners-Lee internetteki gittikçe artan bilgi birikimine bir bilgisayar ve telefon hattı

olan herkesin kolayca erişebilmesi fikrinde ısrarcı oldu. Meslektaşları Robert Cailliau'yla (d. 1947) birlikte World Wide Web'i icat etti. Bu ağ ilk başta sadece CERN'de ve bir iki fizik laboratuvarında kullanıldı. Daha sonra 1993 yılında herkese açıldı. Bu, kişisel bilgisayarların sadece işyerlerinde değil, evlerde de hızla yaygınlaştığı tarihlere denk düştü. Microsoft'tan Bill Gates (d. 1955) ve Apple'dan Steve Jobs (1955-2011) gibi kişisel bilgisayar devrimine yön veren kişiler modern bilimsel kahramanlar haline geldi (ve çok zengin oldu). 1955 bilgisayarlar için iyi bir yıldır: Berners-Lee, Gates ve Jobs bu yıl doğdu.

1970'lerden itibaren bilgisayarın gelişim hızı, genom sekanslama için geliştirilen metotlarla başa baştı. İki gelişmenin aynı anda yaşanması tesadüfi değildi. Modern bilim, modern bilgisayar olmadan düşünülemez. Yeni ilaçların tasarlanmasından iklim değişikliğinin modellenmesine kadar birçok temel bilimsel problemin çözümü bu makinelere bağlıdır. Evlerimizde bilgisayarları ev ödevlerini yapmak, tatil biletlerini almak veya oyunlar oynamak için kullanıyoruz. Gömülü bilgisayar sistemleri uçaklarımızı uçuruyor, tıbbi görüntülemeye yardımcı oluyor ve kıyafetlerimizi yıkıyor. Modern bilim gibi modern hayat da bilgisayar desteklidir.

Buna şaşırmamamız gerekir. Bu kısa kitapta göstermeye çalıştığım şeylerden biri de tarihin belli bir anında bilimin o anın ürünü olduğudur. Hipokrat'ın zamanında Galileo'nun veya Lavoisier'in zamanındakinden farklıydı. Bilim insanları kendi yaşadıkları dönemin insanları gibi giyindiler, beslendiler ve düşündüler. Bu kitaptaki insanlar kendi

çağında yaşayanların birçoğundan daha keskin biçimde düşündü ve bu fikirlerini ortaya koyabildi. Düşündükleri ve yazdıkları, bu nedenle hatırlanmaya değer.

Günümüzün bilimi her zamankinden güçlü. Bilgisayarlar, suça meyilli kişiler ve bilgisayar korsanları kadar bilim insanları ve öğrencilerin de yararına. Bilim ve teknoloji, kolayca kötüye kullanılabileceği gibi ortak çıkarlar için de kullanılabilir. İyi bilim insanlarına ihtiyacımız var ama aynı zamanda bilimin dünyayı hepimiz için daha iyi bir yer kılmasını sağlayacak iyi yurttaşlara da ihtiyacımız var.



BİLİMİN kısa TARİHİ

"BABELLİLERLE BAŞLAYIP İNTERNETE KADAR GELİYOR
BYNUM, BU ARADA NEREDEYSE HER TEMEL BİLİMSSEL
FİKRE VE BULUŞA YER VERMEYİ BECERİYOR.

ÇOK ŞEY ÖĞRENDİM, İYİ Kİ OKUMUŞUM."

—ANDREW ROBINSON, *New Scientist*

"BYNUM, BELİRLİ YANITLARI VERMEK YERİNE BİR
ARAŞTIRMACI RUHUNU ATEŞLEMENİN DAHA DEĞERLİ
OLDUĞUNA İNANAN MUHTEŞEM REHBERLERDEN BİRİ."

—PATRICIA FARA, *HISTORY TODAY*

"BYNUM SİZİ BİLİMİN NE KADAR CÜÇ OLDUĞUNU
DÜŞÜNMEYE VE TARİHSEL HATALAR KARŞISINDA DAHA
BAĞIŞLAYICI OLMAYA DAVET EDİYOR."

—STEVEN POOLE, *GUARDIAN*

"BU İNCELİKLİ KİTAP CEHALETEN BİLGİYE GİDEN
OLAĞANÜSTÜ YOLCULUĞUMUZU HERKESE
HATIRLATIR UMARIM."

—DALLAS CAMPBELL, *BBC Focus*

