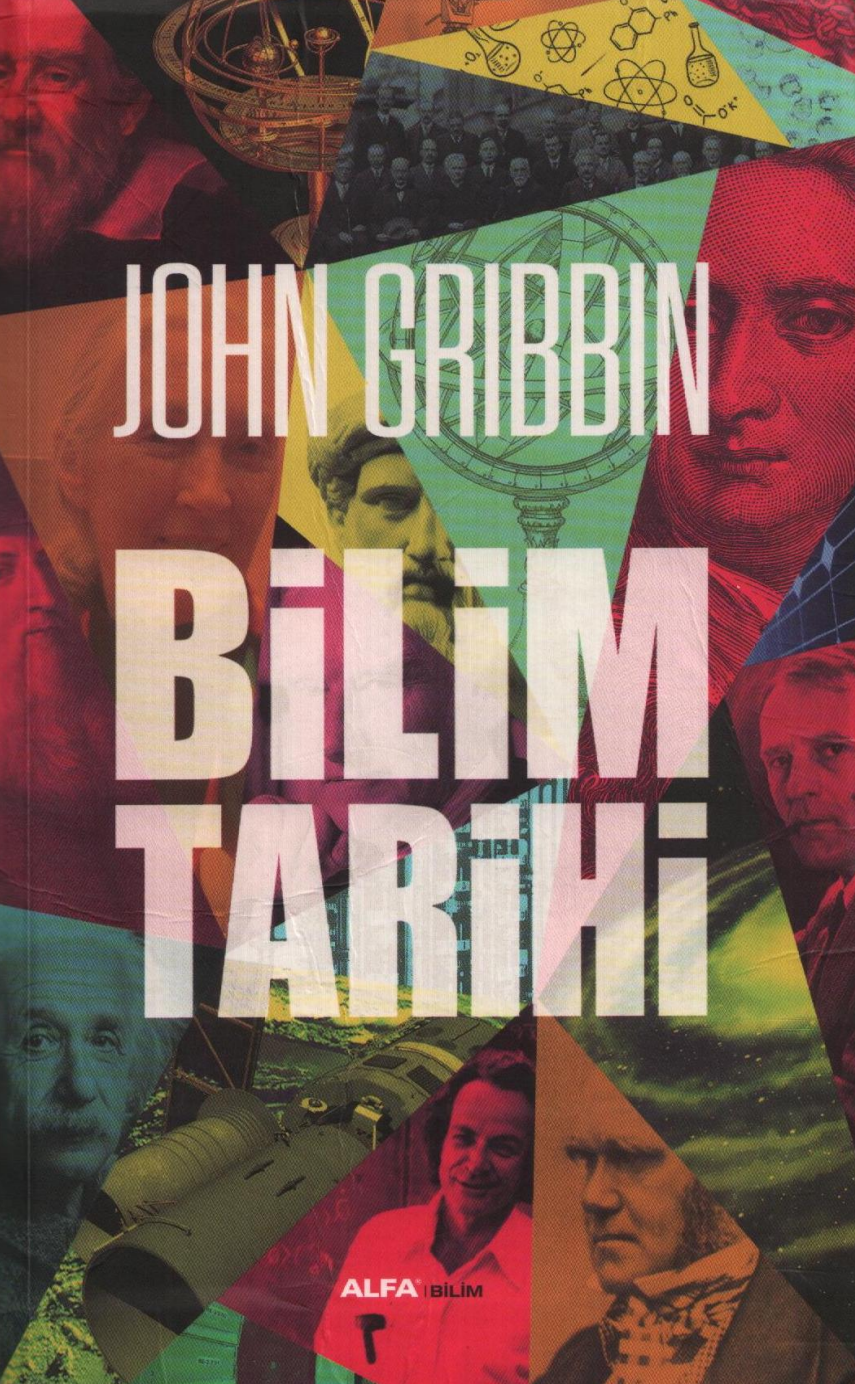

JOHN GRIBBIN
BİLİM TARİHİ
ALFA BİLİM

BİLİM TARİHİ

JOHN GRIBBIN

Tam zamanlı bir bilim yazarı olmadan önce Cambridge Üniversitesinde astrofizik bölümünde eğitim görmüştür. Nature ve New Scientist için çalışmalar yapan Gribbin *The Times*, *The Guardian* ve *The Independent*'a bilim dalında yazdığı makalelerle katkıda bulunmuştur. Ayrıca BBC Radyo 4 için de pek çok bilim dizisi hazırlamıştır. John Gribbin yazıları nedeniyle İngiltere ve Amerika'da birçok ödül almıştır. Şu anda Sussex Üniversitesinde Astronomi bölümünde misafir araştırmacı olarak görev yapmaktadır. Yayımlanan pek çok kitabı arasından şunlar sıralanabilir: *In Search of Schrödinger's Cat* [*Schrödinger'in Kedisinin Peşinde*, Metis Yayınları], *Stephen Hawking: A Life in Science* [*Stephen Hawking: Bilim Dünyasında Bir Hayat*, İnkılâp Kitapevi], *In Search of Multiverse* [*Çoklu Evrenler*, Alfa Bilim], *First Chimpanzee* [*İlk Şempanze*, Alfa Bilim] ve *Schrödinger* [*Erwin Schrödinger ve Kuantum Devrimi*, Alfa Bilim]. John Gribbin ayrıca *Innervisions* (*İçgörü*) dahil olmak üzere pek çok bilimkurgu eserinin de yazarıdır. Doğu Sussex'te yaşayan Gribbin evli ve iki çocuk babasıdır.

BARIŞ GÖNÜLŞEN

1974 yılında İzmir'de doğdu. İzmir Bornova Anadolu Lisesi Almanca bölümü ve Ortadoğu Teknik Üniversitesi İktisat bölümünden mezun oldu. Serbest yazarlık ve çevirmenlik yapmaktadır. Çevirdiği eserlerin başlıcaları arasında *101 Soruda Kuantum* (K. Ford), *Uranyum Savaşları* (A. Aczel), *Son Moda Saçmalar* (A. Sokal & J. Brichmont) ve *Zamanın Kısa Tarihi* (S. Hawking) sayılabilir.

Bilim Tarihi
© 2013, ALFA Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.

Science: A History
© 2002, John and Mary Gribbin

Kitabın Türkçe yayın hakları Onk Ajans aracılığıyla Alfa Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.'ne aittir. Yayınevinden yazılı izin alınmadan kısmen ya da tamamen alıntı yapılamaz, hiçbir şekilde kopya edilemez, çoğaltılamaz ve yayımlanamaz.

Yayıncı ve Genel Yayın Yönetmeni M. Faruk Bayrak
Genel Müdür Vedat Bayrak
Yayın Yönetmeni Mustafa Küpüşoğlu
Dizi Editörü Kerem Cankoçak
Redaksiyon Şahin Aslan, Ayşe Kedikli
Kapak Tasarımı Begüm Çiçekçi
Sayfa Tasarımı Mürüvet Durna

ISBN 978-605-106-885-5
1. Basım: Temmuz 2014

Baskı ve Cilt
Melisa Matbaacılık
Çiftehavuzlar 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 34110 Fatih-İstanbul
Tel: 0(212) 511 53 03 (pbx) Faks: 0(212) 519 33 00
www.alfakitap.com - info@alfakitap.com
Sertifika no: 10905

JOHN GRIBBIN

BİLİM TARİHİ

Çevri
Barış Gönülşen

ALFA® | BİLİM



1. *Büyük dehaların hayali bir toplantısı; Aristoteles, Hevelius ve Kepler kuyrukluyıldızların yörüngeleri konusunda tartışıyorlar. Hevelius'un* Cometographia*'sından, 1668*

İÇİNDEKİLER

Teşekkürler, 7
Giriş, 9

Kitap 1: KARANLIK ÇAĞDAN ÇIKIŞ
1. Rönesans İnsanları, 15
2. Son Mistikler, 47
3. İlk Bilim İnsanları, 85

Kitap 2: KURUCULAR
4. Bilim ilk adımlarını atıyor, 124
5. "Newton Devrimi", 168
6. Genişleyen Ufuklar, 215

Kitap 3: AYDINLANMA
7. Aydınlanma Bilimi I: Kimya Arayı Kapatıyor, 264
8. Aydınlanma Bilimi II: Tüm Cephelerde İlerleme, 310

Kitap 4: BÜYÜK RESİM
9. "Darwin Devrimi", 343
10. Atomlar ve Moleküller, 386
11. Işık Olsun, 430
12. Klasik Bilimin Son Zaferi, 475

Kitap 5: MODERN ZAMANLAR
13. İç Uzay, 522
14. Canlılar Âlemi, 567
15. Dış Uzay, 612

Sonsöz: Bir Şeyleri Anlamanın Hazzı, 656

Kaynakça, 661
Dizin, 669

TEŞEKKÜRLER

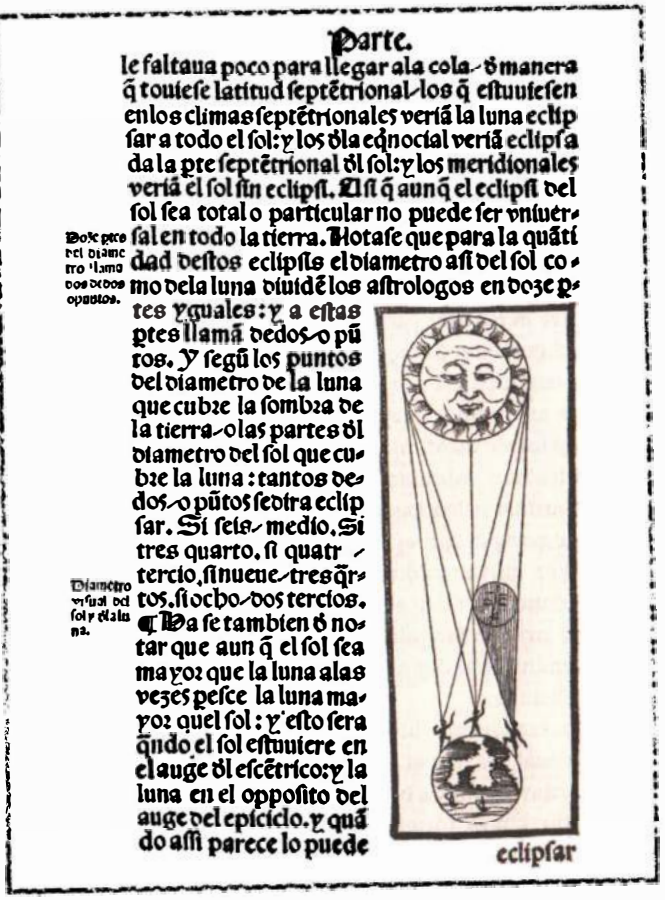
Kütüphaneleri ve diğer materyallerine erişim izni verdikleri için şu kurumlara minnettarım: Académie Française ve Jardin des Plantes, Paris; Bodleian Library, Oxford; British Museum ve Natural History Museum, Londra; Cavendish Laboratory, Cambridge; Geological Society, Londra; Down House, Kent; Linnaean Society, Londra; Royal Astronomical Society; Royal Geographical Society; Royal Institution; Trinity College, Dublin; University of Cambridge Library. Her zamanki gibi Sussex Üniversitesi bana internet erişimi dahil olmak üzere bir üs ve destek sağladı. Projenin çeşitli yönleri üzerinde konuştuğumuz çok sayıda kişi içerisinde birini diğerinden ayırmak gücendirici olur, onlar kim olduklarını biliyorlar ve hepsine tek tek teşekkür ediyorum.

Metinde birinci tekil ve birinci çoğul halinde kişisel ibareler yer alıyor. "Ben" ibaresi elbette bir bilimsel konuda kendi görüşümü sunarken, kimi yerlerde geçen "biz" ifadesiyse yazı ortağım Mary Gribbin'i de kapsama amacıyla kullanıldı. Tüm kitaplarımda olduğu gibi bu kitapta da, karşınıza çıkacak sözlerin bilim insanı olmayanlarca da anlaşılıp anlaşılmayacakları konusunda onun yardımı hayati bir önem taşıyordu.

GİRİŞ

Bilimin bize evrendeki yerimiz hakkında öğrettiği en önemli şey özel olmadığımızdır. Süreç Kopernik'in dünyanın evrenin merkezinde olmadığını ileri süren on altıncı yüzyıldaki çalışmasıyla başladı ve on yedinci yüzyılın başında bir teleskop kullanarak dünyanın güneşin etrafında dolanan bir gezegen olduğunu kanıtlayan Galileo'nun ardından ivme kazandı. Bunu izleyen yüzyıllarda birbiri ardına gelen keşif dalgalarıyla gökbilimciler dünyanın sıradan bir gezegen, güneşin (Samanyolu galaksimizin içerisindeki birkaç yüz milyar yıldızdan biri olarak) sıradan bir yıldız ve Samanyolu'nun (görünen evrendeki birkaç yüz milyar galaksiden biri olarak) sıradan bir galaksi olduğunu buldular. Hâttâ yirminci yüzyılın sonuna gelindiğinde evrenin bile bir tane olamayabileceğini ileri sürdüler.

Tüm bunlar olurken biyologlar canlı maddeyi cansız maddeden ayıran özel bir "hayat kuvvetinin" varlığının kanıtlarını bulmaya çalıştılar ve bunda başarısız olarak yaşamın sadece görece karmaşık bir kimya formu olduğunda karar kıldılar. Tarihçiler açısından mutlu bir tesadüf eseri olarak, insan bedeninin biyolojik araştırmasının başlangıcını simgeleyen temel olaylardan biri olan Andreas Vasilius'un *De Humani Corporis Fabrica* [*İnsan Bedeninin Yapısı Üzerine*] kitabı 1543 yılında Kopernik'in *De Revolutionibus Orbium Coelestium*'uyla [*Göksel Kürelerin Devinimi Üzerine*] aynı yılda yayımlandı. Bu tesadüf 1543 yılını, önce Avrupa'yı ardından tüm dünyayı dönüştürecek olan bilimsel devrimin başlangıcı için seçilebilecek uygun bir tarih haline getirdi.



Parte.

le faltaua poco para llegar ala cola-ō manera q̄ touiese latitud septētrional-los q̄ estuuiesen en los climas septētrionales verīa la luna eclipsar a todo el sol: y los ōla eq̄nocial verīa eclipsada la pte septētrional ōl sol: y los meridionales verīa el sol sin eclipsi. Y si q̄ aun q̄ el eclipsi del sol sea total o particular no puede ser vniuersal en todo la tierra. Notase que para la quātidad destos eclipsis el diametro assi del sol como dela luna diuidē los astrologos en doze ptes yguales: y a estas ptes llamā dedos-o pūtos. Y segū los puntos del diametro de la luna que cubre la sombra de la tierra-o las partes ōl diametro del sol que cubre la luna: tantos dedos-o pūtos sedira eclipsar. Si seis-medio. Si tres quarto. si quatr- tercio. si nueue-tres q̄rtos. si ocho-dos tercios.

Boc pres del diame tro ¶ luna dos dedos opuestos.

Diametro visual del sol y dla luna.

¶ Ha se tambien ō notar que aun q̄ el sol sea mayor que la luna alas vezes pesce la luna mayor quel sol: y esto sera q̄ndo el sol estuuiere en el auge ōl escētrico: y la luna en el opposito del auge del epiciclo. y quā do assi parece lo puede

eclipsar

2. Martin Cortes de Albacar'dan bir sayfa; Breve compendio de la esfera y de la arte de navigar, *1551*

Elbette bilimin tarihinin başlangıcı için seçilen her tarih keyfidir, ayrıca benim anlatımım da hem coğrafi yönden hem de kapsadığı tarih dilimi açısından sınırlı. Amacım *Batı* biliminin Rönesans'tan (kabaca) yirminci yüzyılın sonuna dek olan gelişimini özetlemek. Bu Antik Yunanın, Çinlilerin, Avrupalıların karanlık çağ ve orta-

çağ olarak niteledikleri dönem boyunca dünya hakkındaki bilgimizi canlı tutmak için çok şeyler yapan İslam bilimci ve felsefecilerinin başarılarını bir kenara bırakmak anlamına geliyor. Öte yandan bu evren anlayışımızın ve onun içerisinde bugünkü yerimizin kalbinde yatan dünya görüşünün gelişiminin, uzay ve zamanda belirli bir başlangıcı olan tutarlı bir öyküsünü anlatmak anlamına da geliyor. Çünkü insan yaşamının dünya üzerindeki diğer yaşam türlerinden farklı olmadığı açığa çıktı. Charles Darwin ve Alfred Wallace'ın on dokuzuncu yüzyıldaki çalışmasının gösterdiği üzere, insanların amiplerden evrilmesi için tek gereken doğal seçilim yoluyla evrim süreci ve bol zaman.

Burada bahsettiğim örneklerin hepsi öykü-anlatım sürecinin bir başka özelliğinin altını çiziyor. Ana olayların bilime damga vurmuş Kopernik, Vesalius, Darwin, Wallace ve diğer bireylerin çalışmaları üzerinden anlatılması doğaldır. Fakat bu bilimin dünyanın işleyişine ilişkin özel bir sezgiye sahip yeri doldurulamaz bir dizi dâhinin çalışmaları sonucunda ilerlediği anlamına gelmez. Her zaman olmasa da, yer yer dahiler çıkabilir, ama kesinlikle hiçbirinin yeri doldurulamaz değildir. Bilimsel ilerleme adım adım gerçekleşir ve Darwin ve Wallace örneğinin gösterdiği gibi zaman olgunlaştığında iki veya daha fazla birey bir sonraki adımı birbirinden bağımsız olarak atabilir. Yeni olgunun kâşifi olarak hangisinin adının anılacağı biraz şans, biraz da tarihsel tesadüflere bağlıdır. Teknolojinin gelişimi insan dehasından daha önemlidir ve bilimsel devrimin başlangıcının teleskop ve mikroskopun gelişimiyle "örtüşmesi" şaşırtıcı değildir.

Kısmen kuraldışı gerçekleşen sadece bir durum olduğunu söyleyebilirim, ancak orada bile bu kuraldışılığı ben çoğu bilim tarihçisinden daha çok sınırlandırırım. Isaac Newton'ın hem bilimsel başarılarının kaplamı, hem de özelde bilimin üzerinde yükseleceği temel kuralları bu kadar açık biçimde belirlemiş olmasından dolayı özel bir durum olduğu açıktır. Buna rağmen Newton bile başta Galileo Galilei ve René Descartes olmak üzere kendisinden önce gelenlere dayanır ve bu anlamda onun katkıları da doğal olarak ondan önce ilerlemiş olanların yolunu izler. Newton hiç yaşamamış olsaydı bilimsel ilerleme birkaç on yıl geride kalırdı. Fakat *sadece* birkaç on yıl. Edmond Halley veya Robert Ho-

oke kütleçekimin ünlü ters kare yasasına ulaşabilirdi; Gottfried Leibniz zaten kalkülüsü Newton'dan bağımsız olarak icat etmişti (ve ondan daha iyi bir iş çıkarmıştı); ayrıca da Newton'ın rakip parçacık kuramını benimsemiş olması, Christiaan Huygens'in ondan daha üstün nitelikte taşıyan ışığın dalga kuramının kabulünü engellemişti.

Bunların hiçbiri beni bilim tarihini Newton dahil onda rol oynayan kişiler üzerinden anlatmaktan alıkoymayacak. Bireylerin rolünü bu şekilde aktarışımda ne her şeyi tüm ayrıntılarıyla kapsamak ne de bireysel yaşamlarını ve çalışmalarını tam olarak aktarmak niyetini güdüyorum. Anlatımımda tarihsel bağlamı içerisinde bilimin tarihini temsil eden hikâyeleri seçtim. Bu hikâyelerin ve içindeki karakterlerin bazıları size tanıdık gelebilir; diğerleri (umarım) daha az tanıdık gelecektir. Kişilerin ve yaşamlarının önemi, içerisinde yaşadıkları toplumu yansıtmalarıdır ve örneğin belirli bir bilim insanının çalışmasının bir başkasınınkini nasıl takip ettiğini ele alıyorsam, bunda bir bilimciler *neslinin* diğerini nasıl etkilediğini vurgulama amacı taşıyorum. Bu başlangıçta topun nasıl yuvarlanmaya başladığı, diğer bir deyişle "ilk nedenin" ne olduğu sorusunu akla getirebilir. Bu durumda da ilk nedeni bulmak kolaydır: Batı bilimi Rönesans gerçekleştiği için başladı. Bir kez başladıktan sonra da teknolojiye itki sağlayarak devamlılığını güvence altına aldı; yeni bilimsel fikirler gelişmiş teknolojilere öncülük etti ve gelişmiş teknoloji bilim insanlarına yeni fikirleri giderek daha büyük bir kesinlikle sınamak için gereken araçları sağladı. Önce teknoloji geldi, çünkü hangi ilkeler üzerinde çalıştıklarını tam olarak anlamadan deneme yanılma yoluyla makineler yapmak mümkündür. Fakat bilim ile teknoloji bir kez bir araya geldi mi, ilerleme başını alıp gider.

Rönesansın neden, ne zaman, nerede gerçekleştiği tartışmasını tarihçilere bırakacağım. Batı Avrupa'nın uyanışının başlangıcı için kesin bir tarih belirlememi isterseniz, Türklerin Konstantinopolis'i fethettiği yıl olan 1453 (29 Mayıs) bunun için uygun bir seçimdir. O zamana dek rüzgârın hangi yönden estiğini gören çok sayıda Yunanca eğitimi almış bilgin, belge arşivlerini yanlarına alarak çoktan Avrupa'ya (başlangıçta İtalya'ya) kaçmıştı. Bu belgelerin üzerinde çalışılması işini üstlenen İtalyan hüma-

nist hareketi, uygarlığın Karanlık Çağdan önce var olan temelde yeniden kurulması için klasik literatürde buldukları öğretileri kullanmaya istekliydi. Bu modern Avrupa'nın yükselişi ile eski Roma İmparatorluğunun son kalıntılarının ortadan kalkmasını görece düzgün bir geçiş şeklinde birbirine bağlar. Çok sayıda kişi tarafından ileri sürüldüğü gibi aynı derecede önemli bir başka etmen de, on dördüncü yüzyıldaki veba salgınının Avrupa nüfusunu düşürmesiydi; bu hayatta kalanların tüm toplum yapısını sorgulamalarına sebep oldu, emeği pahalılaştırdı ve insan emeğinin yerini alacak teknolojik aletlerin icadını teşvik etti. Hikâye burada da bitmedi. Johann Gutenberg'in on beşinci yüzyılın ortalarında hareketli matbaa harflerini geliştirmesi bilimin ilerideki gelişimi üzerinde bariz bir etki yarattı ve başka bir teknolojik gelişmeyle, okyanusları aşmaya uygun yelkenli gemilerle Avrupa'ya taşınan keşifler de toplumu dönüştürdü.

Rönesansın sonunu tarihlendirmek başlangıcını tarihlendirmekten daha kolay değildir; halen sürdüğünü de söyleyebilirsiniz. Uygun bir yaklaşık rakam 1700 yılı olabilir; şu anki bakış açımızla daha iyi tarih seçimiyse 1687 yılı olacaktır: Bu yıl Isaac Newton büyük eseri *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*'yı [*Doğa Felsefesinin Matematiksel İlkeleri*] yayımladı ve Papa Alexander'ın sözleriyle "her şey aydınlandı".

Vurgulamak istediğim nokta, bilim daha sonra birçok yönden (teknoloji ve dünya görüşümüz üzerindeki etkisi yoluyla) Batı uygarlığının itici gücü özelliğini kazansa da, bilimsel devrimin izole biçimde gerçekleşmediği ve kesinlikle değişimin baş etkeni olarak ortaya çıkmadığıdır. Bilimin nasıl geliştiğini göstermek istiyorum; fakat nasıl çoğu tarih kitabı bilimin hikâyesine hak ettiği kadar yer veremiyorsa, benim de tüm tarihsel arka plana hak ettiği yeri vermem mümkün değil. Hâttâ bilimin tümünden hak ettiği şekilde bahsetmeye yetecek yere bile sahip değilim, bu yüzden eğer kuantum kuramı, doğal seçilim yoluyla evrim veya levha tektoniği gibi temel konuların daha derinlikli anlatımlarını istiyorsanız, başka kitaplara (benimkiler dahil) bakmanız gerekecek. Üzerinde durmayı tercih ettiğim olayların seçimi ister istemez her şeyi kapsamıyor ve bu yüzden belli bir öznelliğe sahip; yine de temel amacım bizi dünyanın evrenin merkezinde olmadığının ve insanların

"sadece" hayvan olduğunun farkına varışımızdan, Büyük Patlama kuramı ve insan genomunun tam bir haritasının çıkartılmasına taşıyan bilimin sadece şu son 450 yılda ne kadar geniş bir alanı kapsayabildiğini gösterebilmektir.

(Benim yazmayı düşleyebileceğim her şeyden çok farklı türde bir kitap olan) *New Guide to Science* [*Bilimin Yeni Rehberi*] adlı kitabında Isaac Asimov bilimin hikâyesini bilimin dışından insanlara açıklamaya çalışmanın nedenini şu şekilde ifade eder:

> Modern dünyada hiç kimse bilimin ne yapabildiği hakkında akıllı bir kavrayışa sahip olmaksızın burasını evi kabul edip dünyanın sorunlarının doğası (ve bu sorunların olası çözümleri) hakkında kestirimde bulunamaz. Dahası bilimin görkemli dünyasına girmek müthiş bir estetik doyum, gençliğe esin, bilme tutkusunun doyurulması ve insan aklının muhteşem potansiyelleri ve başarılarının daha derinden takdir edilmesini sağlar.[1]

Bundan daha iyi ifade edemezdim. Bilim, insan aklının en büyük başarılarından biridir (belki de *en büyüğü*) ve ilerlemenin akıllı sıradan insanlarca aslında büyük oranda kendilerinden önce gelen nesillerin çalışmalarının izinde adım adım yürüyerek sağlanmış olması, bilimin öyküsünü daha az değil, daha fazla ilginç kılmaktadır. Bu kitabın okuyucularının hemen hemen hepsi doğru zamanda doğru yerde olsalardı, burada anlatılan büyük keşifleri yapabilirlerdi. Bilimin ilerlemesi hiçbir biçimde durmadığına göre bazılarınız hâlâ daha hikâyenin bir sonraki adımında bir rol oynayabilirsiniz.

John Gribbin
Temmuz 2001

[1] Metinde bahsedilen kitapların ayrıntıları kaynakçadan öğrenilebilir.

Kitap 1

KARANLIK ÇAĞDAN ÇIKIŞ

1
Rönesans İnsanları

Karanlıktan çıkış – Kopernik'in zerafeti – Dünya dönüyor! – Gezegenlerin yörüngeleri – Leonard Digges ve teleskop – Thomas Digges ve evrenin sonsuzluğu – Bruno: Bilim şehidi mi? – Katolik Kilisesinin Kopernik modelini yasaklaması – Vesalius: Cerrah, anatomi uzmanı ve mezar hırsızı – Fallopio ve Fabricius – William Harvey ve kan dolaşımı

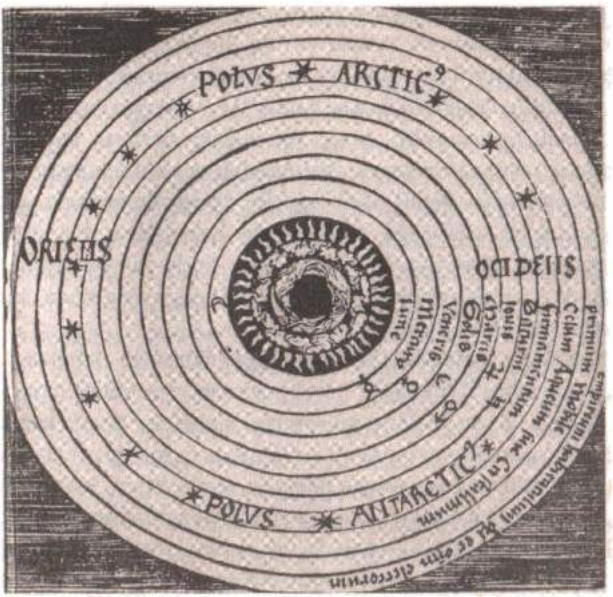
Karanlıktan Çıkış

Rönesans, Batı Avrupalıların antik dönemi gözlerinde büyütmeyi bırakıp uygarlığa ve topluma Yunanlılar ve Romalılar kadar kendilerinin de katkı yapabileceklerini fark ettikleri dönem oldu. Modern gözle baktığımızda şaşırdığımız şey bunun olması değil, insanların aşağılık komplekslerinden kurtulmalarının bu kadar uzun sürmüş olmasıdır. Bu boşluğun nedenlerinin ayrıntılı bir değerlendirmesi kitabımızın kapsamını aşar. Ancak Akdeniz bölgesindeki klasik uygarlığın şehir devletlerini ziyaret etmiş herkes Karanlık Çağ (kabaca MS 400 ile 900 yılları arası) ve hâttâ ortaçağ (yine kabaca MS 900 ile 1400 yılları arası) insanlarının kendilerini neden böyle hissettiklerine dair bir fikir edinebilir. Bugün bile görenleri korkuyla karışık bir saygıya sürükleyen Roma'daki Pantheon ve Colosseum gibi yapılar, bu tip yapıların nasıl inşa edildiğiyle ilgili tüm bilginin yitirildiği dönemlerde başka bir canlı türünün ya da tanrıların elinden çıkmış gibi görünüyor-

lar olsa gerektir. Antik dönemin tanrısal mahiyetteki hünerine ilişkin bu kadar fazla fiziksel kanıtın yanı sıra Bizans'tan gelen ve onun düşünsel büyüklüğünü de gösteren yeni keşfedilen metinlerle çevrelendikleri koşullarda, sıradan insanların kendilerini entelektüel açıdan çok aşağıda hissetmeleri ve Aristoteles ve Öklit gibi İlkçağ filozoflarının öğretilerini sorgulanamaz bir çeşit kutsal kitap gibi görmeleri anlaşılır olmaktadır. Rönesansın başlangıcında da durum böyleydi. Bugün bilimsel dünya görüşü olarak adlandırdığımız birikime Romalıların katkısı pek az olduğu için bu, Rönesansın başlangıcına dek evrenin doğası hakkında edinilmiş bilgeliğin, Kopernik sahneye çıkmadan yaklaşık 1500 yıl öncesi olan Antik Yunan'ın büyük günlerinden bu yana öz olarak fazla değişmediği anlamına geliyordu. Yine de bu bilgilere meydan okunur okunmaz ilerleme nefes kesici bir hızla gerçekleşti; on beş yüzyıllık durgunluğun ardından Kopernik'ten günümüze uzanan beş yüzyılın tarihte eşi benzeri görülmemiştir diyebiliriz. Bir klişe haline gelmesine karşın doğruluğu tartışılmaz önermeyi hatırlatmakta fayda var: Onuncu yüzyılda yaşayan tipik bir İtalyan on beşinci yüzyılda da kendisini evinde hisseder, ancak on beşinci yüzyıldan çıkma bir İtalyan yirminci yüzyılda kendisini Sezarlar dönemindeki İtalya'daki kadar yabancı hisseder.

Kopernik'in Zerafeti

Kopernik bilimsel devrime giden yolda rol oynayan bir ara kişilikti ve önemli bir açıdan da, modern bilim insanlarından daha çok Antik Yunan felsefecilerini andırırdı. Hiç deney yapmaz, hâttâ şahsen gökyüzünü bile (en azından ciddi anlamda) gözlemlemez ve başkalarının kendi fikirlerini test etmesini beklemezdi. Onun çığır açıcı fikri aslında tamamen, Ptolemaios'un kurduğu (ya da duyurduğu) daha karmaşık bir sistem tarafından açıklanan gök cisimlerinin hareket biçimini yeni ve çok daha basit bir biçimde sunan bir fikirden ya da günümüzde dendiği gibi bir "düşünce deneyi"nden ibaretti. Modern bir bilim insanı evrenin işleyişine ilişkin parlak bir fikre ulaşmışsa, bunun ne kadar iyi bir dünya betimlemesi olduğunu saptamak için bu fikri deney ya da gözlem yoluyla test etmenin bir yolunu bulmayı amaçlar. Ancak on beşinci



3. Evrenin dünya merkezli Ptolemaios (Batlamyus) modeli. Reisch'ın 1503 tarihli Margarita Philosophica *adlı eserinden.*

yüzyılda bilimsel yöntemin gelişimindeki bu temel adım henüz atılmış değildi ve Kopernik'in aklına hiç bizzat gözlemler yaparak ya da başkalarını bu konuda gözlemler yapmaya teşvik ederek fikrini (evrenin işleyişine dair düşünsel modelini) test etmek gelmedi. Kopernik'e göre kendi modeli Ptolemaios'unkinden iyiydi çünkü modern tabirle söylersek ondan çok daha zarifti. Zerafet bir modelin kullanışlılığı açısından genellikle güvenilir bir rehberdir, ancak yanılmaz değildir. Yine de bu örnekte Kopernik'in içgüdüsünün doğru çıktığını söyleyebiliriz.

Ptolemaios'un sisteminin zerafetten yoksun olduğu kesindi. Ptolemaios (İskenderiyeli Batlamyus olarak da bilinir) MS ikinci yüzyılda yaşamış ve uzun bir süredir Yunanistan'ın kültürel etkisi altında kalmış olan (kayıtlara göre yaşadığı kent de aynı etki altındadır) Mısır'da büyümüştür. Yaşamı hakkında pek az şey bilinmektedir ancak gelecek kuşaklara bıraktığı eserler arasında 500 yıllık Yunan gökbilim ve evrenbilim geleneğine dayanan

müthiş bir astronomi özeti vardır. Kitap genellikle Arapça adı olan *Almagest* ismiyle tanınır ve "En Büyük" anlamına gelir, bu başlık sonraki yıllarda kitabın nasıl değerlendirildiği hakkında fikir vericidir; özgün Yunanca başlık ise mütevazı biçimde "Matematiksel Derleme"dir. Antik Yunan'daki fikirleri geliştirerek doruğuna taşımasına karşın, betimlediği gökbilim sistemi aslında Ptolemaios'un kendi fikri değildir. Ancak Kopernik'in aksine Ptolemaios'un kitabında gezegenlerin hareketine ilişkin kendi gözlemlerini aktardığı ve kendisinden önce yapılan gözlemler hakkında çizimler yaptığı da görülür. (Ayrıca kitabında önemli yıldız haritalarına da yer vermiştir.)

Ptolemaios sisteminin temelinde gökyüzündeki cisimlerin mükemmel çember döngülerle hareket etmesi gerekliliği yatar; bunun nedeni de çemberlerin mükemmel olmasıdır (Bu da zerafetin her zaman gerçekle uyumlu olmadığının bir örneğidir!). O dönemde varlığı bilinen beş gezegen (Merkür, Venüs, Mars, Satürn ve Jüpiter), bunlara ek olarak güneş ve ay, ayrıca yıldızlar vardı. Bu cisimlerin gözlemlenen hareketinin her zaman mükemmel çemberler çizme zorunluluğuna uyması için Ptolemaios'un dünyanın evrenin merkezinde yer aldığı ve her şeyin onun etrafında döndüğü yönündeki temel görüşe ilişkin iki ayarlama yapması gerekti. Birincisi (bu düşünce yeni değildi) bir gezegenin hareketinin, gezegenin bir nokta etrafında mükemmel bir küçük çember çizerek döndüğü, bu noktanın da dünyanın çevresinde mükemmel bir büyük çember çizdiği biçiminde betimlenebilmesiydi. Küçük çembere (bir anlamda "tekerlek içindeki tekerlek" de denebilir) ilmek* adı verilir. Ptolemaios'un geliştirdiğini gördüğümüz ikinci ayarlama ise, çember üzerinde dönen gök cisimlerini taşıyan büyük kristal kürelerin ("kristal" bu bağlamda "görünmeyen" anlamında kullanılmıştır) aslında dünyanın etrafında değil, dünyanın ekseninden bir miktar kaymış "eşboyutlu noktalar"** denen bir nokta kümesi etrafında (her bir cismin hareketinin ayrıntılarını açıklamak için farklı eşboyutlu noktalar etrafında) döndükleridir. Dünya halen evrenin merkezindeki cisim olarak görülüyor, ancak her şeyin dünyanın etrafında değil, bu eşboyutlu noktalar etrafında döndü-

* epicycle –yn.

** equant -yn

ğü kabul ediliyordu. Eşboyutlu noktayı merkez alan büyük çembere de taşıyıcı adı veriliyordu.

Sabit yıldızların (sabitlikten kasıt hepsinin beraberce Dünya etrafında dönerken aynı kalıbı izlemesidir), diğer cisimleri bağlantılı eşboyutlu noktaları etrafında tutan iç içe kristal küreler kümesinin hemen dışındaki bir kristal küreye bağlı oldukları düşünülüyordu. Güneş, ay ve gezegenlerin, bu sabit yıldızların ardalanına karşı hareket etme biçimlerini betimlemesi açısından baktığımızda modelin başarılı olduğunu söyleyebiliriz. Ancak model ne her şeyin bu biçimde hareket etmesini sağlayan fiziksel süreçleri ne de kristal kürelerin doğasını açıklamaya dönük bir çabaya sahipti. Dahası sistem gereksiz bir karmaşıklığa sahip olmakla eleştiriliyor ve eşboyutlu noktaların varlığı birçok düşünürü rahatsız ediyordu; dünyanın evrenin merkezi olarak görülmesinin gerçekten gerekli olup olmadığı yönündeki kuşkuları besliyordu. Hâttâ (MÖ üçüncü yüzyılda yaşamış Aristarkhus'tan bu yana var olan ve yer yer Ptolemaios'tan sonraki yüzyıllarda da gündeme gelen) evrenin merkezinin güneş olduğu, dünyanın da güneşin etrafında döndüğü yönünde yorumlar da ortaya atılıyordu. Ancak bu tip düşünceler "sağduyuya" aykırı oldukları için yeterince taraftar toplayamadı. Sağlam ve katı dünyanın hareket etmediği apaçıktı! Dünya hakkında bilgimizi çoğaltmak istiyorsak, sağduyu temeline dayanarak tutum almaktan kaçınmamız gerektiğine ilişkin ilk tarihi örneklerden biriyle karşı karşıyayız.

Kopernik'in Ptolemaios'tan daha iyi bir modele ulaşmasını sağlayan iki nedenden bahsedebiliriz. Bunlardan birincisi her gezegenin ve güneş ile ayın bu modelde ayrı ayrı dünyadan sapması ve kendi ilmekleriyle birlikte ele alınmasıydı. Olan bitenin genel olarak uyumlu bir bütünsel açıklaması yoktu. İkinci olarak aslında herkesin farkında olmasına karşın üzerinden atladığı özel bir sorun vardı. Ayın gökyüzünde görünen hareketinin hızındaki değişikliklere sebep olduğu düşünülen, ayın yörüngesinin dünyadan sapması öylesine büyüktü ki; ayın belirli dönemlerinde diğer günlere göre dünyaya çok daha yakın olması gerekiyordu; dolayısıyla da büyüklüğü gözle görülür (ve hesaplanabilir) ölçüde değişmeliydi, ancak böyle olmuyordu. Bir bakıma Ptolemaios'un sistemi gözlem yoluyla test edilebilecek bir öngörüye *sahipti* diyebiliriz.

Bu testte başarısız olursa, evrenin iyi bir betimlemesi olmadığı da ortaya çıkacaktı. Kopernik tam olarak bu biçimde düşünmüş değildi, ancak aydaki sorunun onu Ptolemaios modeli konusunda huzursuz ettiği kesindi.

Nicolaus Copernicus on beşinci yüzyılın sonunda tarih sahnesine çıktı. 19 Şubat 1473'te Vistül nehri kıyısındaki Polonya kenti Torun'da doğdu. Asıl adı Mikolaj Kopernik'ti, ancak daha sonra (o dönem özellikle Rönesans hümanistlerinde yaygın olan şekilde) adının Latince versiyonunu kullanmaya başladı. Zengin bir tacir olan babası 1483 ya da 1484 yılında öldü ve Nicolaus daha sonra Ermeland piskoposu olan dayısı Lucas Waczenrode'nin himayesinde büyüdü. 1491 yılında (Christopher Columbus'un ilk Amerika yolculuğuna başlamasından tam bir yıl önce) Nicolaus astronomiyle ciddi biçimde ilgilenmeye başladığı Krakow Üniversitesindeki eğitimine başladı. 1496 yılında İtalya'ya yerleşerek Bologna ve Padova'da hem hukuk ve tıp hem de klasik uygarlıklar ve matematik eğitimi aldı. 1503 yılında Ferrara Üniversitesinde kilise hukuku doktorasını tamamladı. Yaşadığı çağın özelliklerine uygun olarak Kopernik İtalya'daki hümanist hareketten oldukça etkilenmişti ve klasik uygarlıklar eğitimi almasının nedeni de buydu. Hâttâ 1519 yılında, yedinci yüzyılda yaşamış bir Bizanslı olan Theophylus Simokatta'nın kaleme aldığı manzum yazılardan bir derlemeyi özgün Yunancasından Latinceye çevirerek yayımladı.

Doktorasını tamamlar tamamlamaz dayısı Lucas tarafından Polonya'daki Frombork Katedraline rahip olarak atandı; Kopernik'in ömrü boyunca maaşını aldığı arpalık niyetine yapılmış bir görevlendirme olarak bu tipik bir nepotizm[1] örneğiydi. Polonya'ya tekrar yerleşmesi ancak 1506 yılında oldu (atandığı görevin ne kadar az emek gerektirdiği konusunda bu da fikir vericidir). Lucas 1512 yılında ölene dek dayısının doktoru ve sekreteri olarak çalıştı. Dayısının ölümünün ardından Kopernik rahiplik görevlerine biraz daha fazla odaklandı, hekimlik yaptı ve devlet memuru olarak çeşitli küçük görevler üstlendi; bunların tümü astronomi konusundaki ilgisini korumasına izin veren işlerdi. Zaten on altıncı yüzyılın ilk on yılında dünyanın evrendeki yerine ilişkin devrimci fikirlerini kafasında şekillendirmişti.

[1] Nepotizm: hısım-akraba kayırma –çn.

Dünya Dönüyor!

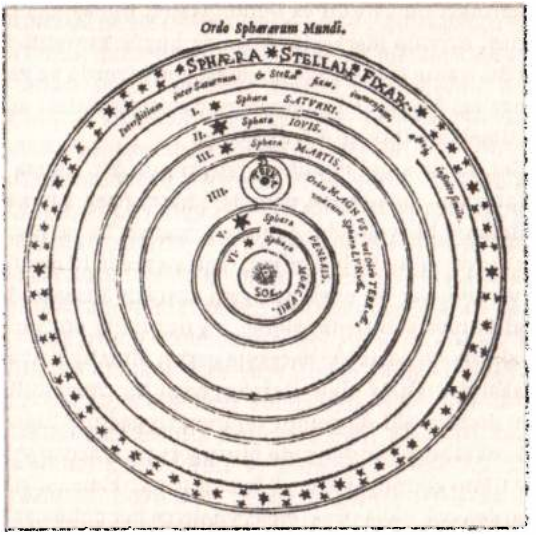
Bu fikirler elbette gökyüzünden inmedi, bilimsel düşünüşe yaptığı büyük (yer yer bilimsel düşünüşe yapılan *en büyük katkı* olarak da değerlendirilen) katkı açısından baktığımızda bile Kopernik esasen kendi çağının bir ürünüydü. Kopernik'in 23 yaşında bir öğrenci olarak astronomiyle ilgilenmeye başladığı dönemde, 1496 yılında basılan bir kitaptan çok etkilenmiş olması, bizlere bilimin sürekliliğini (ve tarihin başlangıç zamanlarının keyfiyetini) bir kez daha vurgulamaktadır. Kitap Johannes Müller adlı bir Alman tarafından yazılmıştır (1436'da Königsberg'de doğmuş, Latince Regiomontanus adını almıştır). O da kitapta kendisinden daha yaşlı meslektaşı ve öğretmeni Georg Peuerbach'ın (doğumu 1423) düşüncelerini geliştirmiştir; o da başkasının derken, bu dizi zamanın sisi içerisinde kaybolarak gider. Peuerbach, Ptolemaios'un *Almagest*'inin modern (on beşinci yüzyıla özgü) bir özetini yapma amacıyla yola çıkmıştır. Elde bulunan en güncel versiyon Cremonalı Gerard tarafından on ikinci yüzyılda yapılmış Latince bir çeviridir, çevirinin kaynağı Arapça metin de çok öncesinde Yunancadan yapılmış bir çeviridir. Peuerbach'ın hayali bu çalışmayı ulaşılabilen en eski Yunanca metinlere dek giderek güncellemektir (bu metinlerin bazıları Konstantinopolis'in düşmesinin ardından o dönemde İtalya'dadır). Ne yazık ki 1461 yılında ölür ve elinde olan *Almagest* baskısını özetleyen başlangıç niteliğindeki bir kitaba başlamasına karşın hedefini gerçekleştiremez. Peuerbach ölüm döşeğindeyken Regiomontanus ona kitabını tamamlama sözü verir ve bu sözünü yerine getirir. Her ne kadar Ptolemaios'un yeni çevirisi yapılmamış olsa da, Regiomontanus'un yaptığı aslında birçok açıdan bundan daha iyisidir. Kitabı *Epitome*'de sadece *Almagest*'in içeriğini özetlemekle kalmaz, buna daha sonra yapılmış ayrıntılı gökyüzü gözlemlerini ekler, Ptolemaios'un yaptığı bazı hatalı hesaplamaları düzeltir ve metne bazı eleştirel yorumlar ekler (bunlar Rönesans insanlarının kendilerini İlkçağ felsefecileriyle eşit konumda gördüklerinin göstergesidir). Bu yorumlardan birinde bahsettiğimiz kilit önemdeki konuya, ayın gökyüzünde gözlenen boyutlarının Ptolemaios sisteminin gerektirdiği biçimde değişmemesi olgusuna da dikkat çeker. Regiomontanus 1476 yılında ölür ve genç Kopernik'i düşünmeye sevk ede-

cek olan *Epitome*'nin basımı böylece yirmi yıl kadar gecikir. Kitap Regiomontanus ölmeden önce basılmış olsa (1476 yılında henüz üç yaşında olan) Kopernik dışında başka birisinin aynı sonuçlara varması çok muhtemeldir.

Kopernik'in de fikirlerini yayımlama konusunda aceleci olduğu söylenemez. Kendi evren modelini esasen 1510 yılında tamamlamış olduğunu biliyoruz, çünkü bundan kısa bir süre sonra *Commentariolus [Ufak Yorumlar]* adını verdiği bir el yazmasında bu fikirlerinin bir özetini birkaç yakın arkadaşına ulaştırmıştır. Fikirlerini daha resmi bir biçimde yayımlamasının Kilise zulmüne uğrama tehlikesi barındırdığı ve Kopernik'in bundan çekindiği yönünde kanıtlara sahip değiliz, hâttâ *Commentariolus*'un Vatikan'da papalık sekreteri Johan Widmanstadt'ın yaptığı ve birkaç kardinalin yanı sıra bizzat Papa VII. Clement'in de katıldığı bir sunumda anlatıldığını biliyoruz. Bu kardinallerden biri olan Nicholas von Schönberg, Kopernik'e düşüncelerini acilen yayımlaması gerektiğini vurgulayan bir mektup kaleme alır; bu mektup Kopernik'in fikirlerini nihayet yayımladığı 1543 yılında basılan *De Revolutionibus Orbium Coelestium*[2] adlı büyük eserinin önsöz bölümüne de eklenmiştir.

Öyleyse gecikmenin nedeni nedir? İki etmen vardır. Birincisi Kopernik'in meşgul olmasıdır. Arpalık biçiminde rahip olarak atanmasına yaptığımız gönderme doğrudur, ancak bu onun evinde oturup maaşının keyfini sürdüğü, amatörce astronomiyle uğraşarak dünyadan bihaber yaşadığı anlamına gelmez. Bir doktor olarak Kopernik hem Frombork Katedralindeki dini cemaat hem de fakirler için (elbette ücretsiz) çalışmaktadır. Bir matematikçi olarak para birimine ilişkin bir iyileştirme planı çerçevesinde görev üstlenmiştir (bu ünlü bir bilim insanın bu tarz bir rol üstlendiği son örnek de değildir), ayrıca almış olduğu hukuk eğitimini de psikoposluğun hizmetine sunmaktadır. Töton Şövalyeleri (Haçlı seferleriyle bağlantılı olarak Doğu Baltık devletlerini ve Prusya'yı hâkimiyetine almış olan bir dinsel-askeri tarikat) yaşadığı bölgeyi 1520'de işgal ettiğinde pek beklemediği bir görevi de üstlenmek durumunda kalır. Allenstein'daki bir kalenin komutasına atanır ve

[2] Copernicus, *Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine*, Çev. C. Cengiz Çevik, İş Kültür Yayınları, 2011.



4. Güneş merkezli evren betimlemesinin eski bir örneği, Rheticus'un Narratio Prima*'sından, 1596*

kenti işgalcilerin saldırılarına karşı birkaç ay boyunca savunur. Kopernik gerçekten de meşgul bir insandır.

Ancak kitabın basımı konusundaki gönülsüzlüğünün bir nedeni daha vardır. Kopernik kendi evren modelinin eski gizemlere yanıt olmasına karşın yeni sorular doğurduğunun farkındadır; ayrıca eski gizemlerin tümüne yanıt olamadığının da bilincindedir. Daha önce belirttiğimiz gibi Kopernik (her ne kadar gözlem amaçlı kullanılacak çatısız bir kulenin yapımına nezaret etse de) fazla gözlem yapmazdı. O modern bir bilim adamından ziyade Antik Yunanlıların tarzına sahip bir düşünür ve felsefeciydi. Ptolemaios sisteminde onu en çok düşündüren, tipik olarak aydaki sorunda görülen, eşboyutlu noktalar konusuydu. Bu fikri, özellikle de farklı gezegenler için farklı eşboyutlular gerektirdiği için kabul etmesi olanaksızdı. Bu durumda evrenin gerçek merkezi neresi oluyordu? Onun arzuladığı, her şeyin tek bir merkez etrafında değişmeyen bir hızla döndüğü bir modeldi ve bu arzusunun altında aynı zamanda estetik bir arayış da söz konusuydu. Geliştirdiği modelle

bunu başarmayı umuyordu ve bunda (kendi ifadesiyle) başarısız oldu. Güneşi evrenin merkezine koymak büyük bir adımdı. Ancak ayın yine dünyanın çevresinde dönmesi gerekiyordu ve gezegenlerin yörüngeleri üzerinde hızlanma ve yavaşlamalarını açıklamak için yine ilmeklere ihtiyaç duyuluyordu.

İlmekler, mükemmel döngüsel hareketten bir sapma yokmuş gibi davranırken, mükemmel döngüsel hareketten sapmalara sahip olabilmenin bir yoluydu. Aslında Kopernik'in yaklaşımındaki en büyük sorun yıldızlarla ilgiliydi. Dünya güneşin etrafında dönüyorsa ve yıldızlar en uzak gezegeni taşıyan kürenin dışındaki bir kristal küreye sabitlenmişlerse, bu durumda dünyanın hareketi yıldızlarda da bariz bir harekete neden olmalıydı: ıraklık açısı (paralaks) dediğimiz olgu. Hareket eden bir otomobilin içinde otururken dışınızdaki dünyanın yanınızdan geçip gittiğini görürsünüz. Hareket eden bir dünyada oturuyorsanız, neden yıldızların hareket ettiğini görmüyorsunuz? Bunun tek açıklaması yıldızların gezegenlerden çok daha uzak, en az yüzlerce kat daha uzak olması olabilirdi; ıraksama açısı etkisi ancak böylelikle görülemeyecek kadar küçük olabilirdi. Peki, ama Tanrı niçin en dıştaki gezegen ile yıldızlar arasında, gezegenler arasındaki boşluktan en az yüzlerce kat fazla bir boşluğu bırakmış olsun?

Hareket eden bir dünyanın başımıza sardığı başka sorunlar da vardı. Dünya hareket ediyorsa, üstü açık bir arabada yolculuk ederken saçlarınızı okşayan rüzgâr misali, neden arkasında sabit bir rüzgâr bırakmıyordu? Bu hareket, neden okyanusları dev gelgit dalgaları oluşturacak şekilde etkilemiyordu? Gerçekten bu hareket neden dünyayı hiç sarsmıyordu? On altıncı yüzyılda hareket dendiğinde bundan bozuk yollarda giden bir at arabasına ya da dörtnala giden bir ata binmek anlaşılıyordu. O dönemde böylesi bir deneyimi doğrudan yaşamaksızın pürüzsüz (otobanda giden bir otomobil kadar pürüzsüz) bir hareketin olabileceği fikrine ulaşılması oldukça zor olsa gerekti; on dokuzuncu yüzyılda bile saatte 25 kilometre hızla giden bir hız treninde yolculuk etmenin insan sağlığına olumsuz etkileri olabileceği düşünülmekteydi. Kopernik bir fizikçi değildi ve bu soruları yanıtlamaya girişmedi bile ancak (on altıncı yüzyıl perspektifinden bakıldığında) savunduğu fikirlerin şüpheyle karşılanacağını biliyordu.

On altıncı yüzyıldaki bilgi birikimiyle yanıtlanması olanaksız bir başka sorun daha vardı. Güneş evrenin merkezinde yer alıyorsa, nasıl oluyor da her şey onun üzerine düşmüyordu? Bu konuda Kopernik'in tüm söyleyebildiği "dünyevi" şeylerin dünyaya, güneşe ait şeylerin güneşe, Mars'a meyilli cisimlerin de Mars'a düşme vb eğiliminde olduğuydu. Aslında "bilmiyoruz" demeye getiriyordu. Aslına bakarsanız Kopernik'ten bu yana ardımızda bıraktığımız yüzyıllardan çıkardığımız bir ders de, bir bilimsel modelin iyi bir model sayılması için her şeyi açıklamak zorunda olmadığıdır.

Georg Joachim von Lauchen'in (Rheticus olarak da tanınır) 1539 yılı baharında Frombork'a gelişinin ardından Kopernik kuşkularına ve oldukça faal yaşantısına rağmen, düşüncelerini basılabilir bir biçime sokma konusunda ikna olur. Wittenberg Üniversitesinde matematik profesörü olan Rheticus Kopernik'in çalışmalarından haberdardır ve Frombork'a özel olarak bu çalışmayı yakından takip etme amacıyla gelmiştir; ustasının eserinin taşıdığı önemin farkında ve basılmasını sağlama konusunda kararlıdır. Anlaşma sağlarlar ve 1540 yılında Rheticus, Kopernik modelinin temel noktası olan dünyanın güneş etrafındaki hareketini özetleyen bir broşürü yayımlar. Broşür *Narratio Prima de Libtus Revolutionum Copernici* [*Kopernik'in Devrimci Kitabının İlk Bildirimi*] adındadır ve genelde kısaca *İlk Bildirim*[3] adıyla anılır. Artık yaşlı bir adam olan Kopernik (belki de bu yüzden) nihayet büyük eserini basma kararı alır. Rheticus kitabın aynı zamanda kendisinin de yaşadığı yer olan Nüremberg'teki basımına refakat eder, ancak işler (sıkça anlatıldığı üzere) pek hedeflendiği gibi gitmez. Rheticus kitap basıma tamamen hazır olmadan önce Leipzig'teki yeni işine başlamak için kentten ayrılmak durumunda kalır ve kitabın basımı için vekil tayin etttiği Luteryen papaz Andreas Osiander üstüne vazife edinip kitaba imzasız bir önsöz ekler. Bu önsözde kitapta anlatılan modelin aslında evrenin gerçekte nasıl işlediğini betimlemeyi amaçlamadığını, sadece gezegenlerin hareketlerine ilişkin hesaplamaları kolaylaştırmak için bir matematiksel araç olduğunu yazar. Bir Lutherci olarak Osiander'in kitabın iyi karşılanmayacağından korkmasının haklı nedenleri vardır, çünkü kitap basılmadan önce bizzat Martin

[3] *Copernicusçu İlk Bildirim*, C. Cengiz Çevik, Dergah Yayınları

Luther (Kopernik'in tam anlamıyla çağdaşıdır; 1483–1546 yılları arasında yaşamıştır) Kopernik modeline hiddetle karşı çıkmış, Kutsal Kitap'ın buyurduğu üzere Yeşu'nun dünyaya değil güneşe hareketsiz durmasını emrettiğini söylemiştir.

Kopernik'in önsözden rahatsız olma şansı bile olmaz, çünkü büyük eserinin basıldığı yıl olan 1543'te ölür. Oldukça duygusal ancak muhtemelen uydurma bir rivayete göre ölüm döşeğinde eline kitabının bir kopyası geçer; rivayetin doğruluğu bir yana Kopernik ardında yorulmak bilmez Rheticus hariç (1576 yılında ölmüştür) kitabı savunabilecek kimseyi bırakmaz.

Osiander'in görüşünün modern bilimsel dünya görüşüyle oldukça uyumlu olması ise ironiktir. Evrenin işleyişi hakkındaki fikirlerimizin hepsini bugün elimizden geldiği ölçüde yapmış olduğumuz gözlem ve deneylerimizin sonuçlarını açıklamak için basitçe öne sürdüğümüz modeller olarak kabul ediyoruz. Dünyayı evrenin merkezi olarak tarif etmenin kabul edilebilir olmasında ve tüm ölçümleri dünyaya göre yapmakta mantıklı bir yan var. Örneğin aya bir roket uçuşu planlıyorsak bu yaklaşım belli ölçüde işe yarar. Ancak güneş sisteminin içine doğru giderek dünyadan uzaklaştıkça cisimlerin hareketini açıklamayı denediğimizde böylesi bir model artan ölçüde karmaşık bir hal alır. Bir uzay aracının diyelim ki Satürn'e uçuşunun hesaplamalarını yaparken NASA'daki bilim insanları etki yönünden güneşi evrenin merkezi olarak hesaplamalarına alırlar, oysa güneşin de galaksimiz Samanyolu'nun merkezi etrafındaki bir yörünge üzerinde hareket ettiğini bilmektedirler. Genellikle bilim insanları belirli bir dizi koşul altında görülen olguların tümüyle tutarlı olacağı mümkün olan en basit modeli kullanır ve hepsi her zaman aynı modeli kullanmazlar. Bu açıdan güneşin evrenin merkezinde olması fikrinin gezegen yörüngeleriyle ilgili hesaplamalara yardım eden bir model olduğunu söylemek, bugün herhangi bir gezegen bilimcinin itiraz etmeyeceği bir şeyi söylemek demektir. Burada tek fark Osiander'in, okurlarının (ya da Kopernik'in okurlarının diyelim) dünyanın evrenin merkezinde olduğunu söylemenin ayın bariz hareketini hesaplamakta faydalı bir model olduğuyla aynı ölçüde geçerli olan bu görüşü kabul etmelerini beklemiyor oluşudur.

Osiander'in önsözünün Vatikan'daki olumsuz düşünceleri yatıştırıp yatıştırmadığını söyleyebilmek olanaksız, ancak eldeki kanıtlar yatıştırılacak herhangi bir olumsuz düşünce olmadığı yönündedir. *De Revolutionibus*'un basımı Katolik Kilisesinin özel bir şikâyetine konu olmadan kabul görür ve kitap on altıncı yüzyılın kalan yıllarında Roma tarafından büyük ölçüde göz ardı edilir; hâttâ 400 kopyalık baskının tümü satılmaz bile. Osiander'in önsözünün Luteryenleri yatıştırma yönünde bir işlevi ise kesinlikle olmaz ve kitap Avrupa'daki Protestan hareket tarafından şiddetle kınanır. *De Revolutionibus*'un (en azından konuya hâkim kişiler tarafından) iyi karşılandığı ve tüm çıkarımlarına değer verildiği bir yer de vardır: Kitabın basıldığı yıl İngiltere'de VIII. Henry son eşi Catherine Parr'la evlenmektedir.

Gezegenlerin Yörüngeleri

Kopernik'in bütünsel evren modeli, dünyayı güneş etrafında bir yörüngeye yerleştirme yoluyla otomatik olarak gezegenleri mantıklı bir sıralama içerisine sokmasıyla özellikle etkileyiciydi. İlkçağlardan bu yana bilinen diğer üç gezegen gecenin herhangi bir saatinde gözlemlenebilirken, Merkür ve Venüs'ün sadece günün doğma ve kararma saatlerinde görülebilmesinin nedeni bilinmezdi. Ptolemaios'un açıklaması (daha doğrusu *Almagest*'te özetlemiş olduğu eski açıklama) güneş dünyanın etrafındaki bir yıl süren dönüşünü tamamlarken Merkür ve Venüs'ün de ona eşlik etmesiydi. Ancak Kopernik sisteminde her yıl güneşin etrafında bir dönüşü tamamlayan dünyadır ve iki ayrı çeşit gezegen hareketinin açıklaması da basitçe Merkür ve Venüs'ün yörüngelerinin dünyanın yörüngesinin içinde yer almasıdır (güneşe bizden daha yakındırlar). Mars, Jüpiter ve Satürn'ün yörüngeleri ise dünyanın yörüngesinin dışında yer alır (güneşe bizden daha uzaktırlar). Dünyanın hareketine izin vererek Kopernik her bir gezegenin güneşin etrafındaki dönüş süresini hesaplayabiliyordu. Bu devir süreleri en kısa "yıl"ı olan Merkür'den başlayarak Venüs, Dünya, Mars, Jüpiter'e ve nihayet en uzun "yıl"a sahip Satürn'e dek düzenli bir dizi oluşturuyordu.

Hepsi bu da değildi. Kopernik modelinde gözlenen gezegenlerin hareket biçimleri aynı zamanda gezegenlerin (dünyanın

güneşe uzaklığına göreli olarak) güneşe olan uzaklıklarıyla bağlantılıydı. Uzaklıklarına ilişkin herhangi bir somut veriye sahip olmadan bile gezegenler güneşe olan artan uzaklıklarına göre yerleştirilebiliyordu. Sıralama aynıydı: Merkür, Venüs, Dünya, Mars, Jüpiter ve Satürn. Bu evrenin doğasına ilişkin derin bir gerçeğin varlığına işaret etmekteydi. Kopernik'in gökbiliminde görmek isteyen gözler için dünyanın güneşin etrafında döndüğü yönündeki basit iddiadan daha fazlası saklıydı.

Leonard Digges ve Teleskop

De Revolutionibus'un basımının ardından Kopernik modelinin çıkarımlarını gören az sayıda insandan biri İngiliz gökbilimci Thomas Digges olmuştur. Digges sadece bir bilim insanı değil, aynı zamanda ilk popüler bilim yazarlarından biriydi; aslında bu alanda *ilk* de değildi, o da belli ölçüde babası Leonard'ın izinde yürüyordu. Leonard Digges 1520 yılı civarında doğdu, gençlik çağı hakkında çok az bilgiye sahibiz. Oxford Üniversitesinde eğitim gördü ve bir matematikçi ve araştırmacı olarak ün kazandı. O dönemde pek alışık olunmadık tarzda İngilizce kaleme alınmış bir dizi kitabın da yazarıydı. İlk kitabı *A General Prognostication [Genel Bir Tahmin]*, *De Revolutionibus*'tan on yıl sonra 1553 yılında basıldı ve aslında bazı açılardan güncelliğini yitirmiş olmasına karşın konuşulan dille yazılmış olmasının da etkisiyle çok satan bir kitap oldu. Leonard Digges'in kitabında süresiz bir takvim, hava durumu bilgileri ve içinde evrenin Ptolemaios modeli bir tasvirinin de olduğu zengin astronomik veriler yer alıyordu. Belli yönlerden kitabın daha sonraki yüzyıllarda popüler olacak olan yıllık köylü takvimlerini andırdığı söylenebilirdi.

Leonard Digges araştırma çalışmalarıyla bağlantılı olarak 1551 yılı civarlarında teodoliti icat etti. Çok uzak mesafeleri görmeye olan ilgisi her ne kadar bu icatlarını kamuoyuna duyurmasa da, onun hemen hemen aynı dönemde aynalı teleskopu (ve aynı zamanda büyük olasılıkla mercekli teleskopu) icat etmesini sağladı. Bu fikirlerini geliştirmemesinin bir nedeni, babası VIII. Henry'nin ölümünün ardından taç giyen İngiltere'nin yeni (katolik) kraliçesi

Mary'ye karşı protestan Sir Thomas Wyatt'ın liderliğinde başarısız bir ayaklanmaya katılmasıyla baba Digges'in meslek yaşamının 1554 yılında ansızın sonlanması oldu. Ayaklanmaya katılma suçundan idama mahkûm edilen Leonard Digges cezasını ancak tüm mülklerinden feragat etme karşılığında hafifletmeyi başarabildi ve kalan yaşantısını (1559 yılında öldü) mülkünü geri kazanma yönünde başarısız bir mücadele içerisinde geçirdi.

Leonard Digges öldüğünde oğlu Thomas tahminen 13 yaşındaydı (tam doğum tarihini bilmiyoruz) ve vesayeti John Dee tarafından üstlenildi. Dee tipik bir Rönesans "doğa felsefecisi"ydi; iyi bir matematikçi, simya öğrencisi, felsefeci ve 1558 yılında tahta geçen Kraliçe I. Elisabeth'in (işte bu pek tipik sayılamaz!) astroloji uzmanıydı. Onun da Christopher Marlowe gibi kraliyet için çalışan bir gizli ajan olması mümkündür. Söylentilere göre kendisi bu alanda hiçbir yayın hazırlamamasına karşın aynı zamanda Kopernik modelinin de ilk takipçilerinden birisidir. Dee'nin evinde yetişen Thomas Digges'in elinde, 1571 yılında ilk matematik çalışmasını yayımlamadan önce faydalanabileceği, binden fazla el yazması içeren bir kütüphaneye erişim olanağı vardı. Aynı yıl Leonard Digges'in teleskopu icat edişinin kamuoyuna –ölümünden sonra da olsa– duyurulmasını sağlayan babasının kitabının [*Pantometria*] yayımlanmasıyla ilgilendi. Kitabın önsözünde Thomas Digges icadın öyküsünü şöyle aktarır:

> Babam matematiksel gösterimlerin yardımıyla ardı arkası kesilmeyen ıstırap verici alıştırmalar yaparak uygun açılarda gerektiği gibi yerleştirilmiş orantılı camlar aracılığıyla sadece çok uzak mesafeleri keşfetmekle kalmadı. Mektup ve yazılarını okudu, her bir kuruş ve faturasına kadar elindeki paranın hesabını tuttu; bu nedenle bazı arkadaşları tarafından bilerek ulu orta küçük düşürülmekle kalmadı, özel mekânında yaşadıkları aynı anda bir yerlere de yetiştirildi.

Thomas da gökyüzü araştırmaları yaptı; 1572 yılında bir süpernovaya ilişkin gözlemleri oldu, ulaştığı sonuçlar Tycho Brahe tarafından gök cisminin analizi amacıyla kullanıldı.

Thomas Digges ve Evrenin Sonsuzluğu

Thomas Digges'in en önemli eseriyse 1576 yılında yayımlandı. Babasının ilk kitabının büyük oranda gözden geçirilmiş hali olan bu yeni kitap *Prognostication Everlasting* [*Sonsuzluğu Öngörmek*] adını taşıyor ve evrenin Kopernikçi yorumunun (İngilizcede ilk kez) ayrıntılı bir tartışmasını içeriyordu. Ancak Digges Kopernik'den de ileri gitmişti. Kitabında evrenin sonsuz olduğunu iddia ediyor, güneşin merkezde olduğu ve gezegenlerin onun yörüngesinde hareket ettiği bir çizime yer veriyor ve her yönde sonsuzluğa uzanan bir yıldızlar yığınının varlığına işaret ediyordu. Bu evrene ilişkin bilgimizde dudak uçuklatan bir atılımdı. Digges çıkarımlarına dair herhangi bir kanıt sunmuyordu, ancak büyük olasılıkla Samanyolu'nu bir teleskopla incelemiş ve burada gördüğü yıldızlar yığınından yola çıkarak bu yıldızların aslında sonsuz evren boyunca etrafa saçılmış başka bazı güneşler olduğu sonucuna ulaşmıştı.

Ancak Digges de yaşamını bilime adama konusunda Kopernik'ten pek de iyi sayılmazdı ve fikirlerinin peşinden ısrarla gitmedi. Kraliçe Mary'nin hükümdarlığında acı çekmiş ünlü bir Protestanın oğlu olarak geçmişinin ve (Kraliçe Elizabeth'in koruması altındaki) Dee ailesiyle olan bağının yardımıyla Thomas Digges (iki ayrı dönem boyunca) parlamento üyesi ve hükümet danışmanı oldu. Aynı zamanda 1586 ile 1593 yılları arasında Hollanda'daki İngiliz ordularının yoklama amiri olarak general rütbesinde hizmet etti ve Protestan Hollandalıların Katolik İspanya'nın hükümdarlığından kurtulmalarına yardımcı oldu. Aynı dönemde Galileo Galilei Padova'da matematik profesörü ünvanını elde ederken Katolik Kilisesi evrenin Kopernikçi tasvirine karşı çıkmaya başlamıştı. Bir kilise karşıtı olan Giordano Bruno bu modeli savunuyordu ve uzun süren bir yargılama sonucunda 1600 yılında yakılarak öldürülecekti.

Bruno: Bilim Şehidi mi?

Kopernik'in çalışmalarının izinden ilerleyen Tycho, Johannes Kepler ve Galileo'ya geçmeden önce Bruno'dan bahsetmemizde fayda var, çünkü genellikle Bruno'nun Kopernik modelini savun-

duğu için yakıldığına dair yaygın bir inanış söz konusu. Oysa o gerçekten de bir Kilise karşıtıydı ve dinsel inançları nedeniyle yakıldı; Kopernik modelinin hikâyeye bulaşmış olması konumuz açısından bir talihsizlik sayılabilir.

1548 yılında doğmuş olan Bruno'nun Kilise'yle çatışmasının esas nedeni onun hermetizm olarak adlandırılan bir hareketin takipçisi olmasıdır. Bu mezhebin inançlarının temelinde kutsal metin olarak on beş ve on altıncı yüzyıllarda öğretilen ve kökenini Musa dönemindeki Mısır'dan alan bir dizi metin yer almaktaydı. İnanışları Mısır Tanrısı Thoth'un (bilgelik tanrısı) öğretileriyle ilişkiliydi. Hermes Thoth'un Yunan kültüründeki karşılığıydı (Hermetizm adı buradan gelmektedir) ve mezhep üyelerince Hermes Trismegistus (ya da Üç Kez Ulu Hermes) olarak adlandırılmaktaydı. Mısırlılara göre güneş de bir tanrıydı ve bu konuda yeterince kanıt olmamasına karşın Kopernik'in de güneşi evrenin merkezine yerleştirmesinde hermetizmden etkilenmiş olduğu yönünde iddialar ortaya atılmıştır.

Burada hermetizmle ilgili ayrıntılara yer vermeye gerek yok (özellikle de daha sonra dayandığı metinlerin kaynağını Eski Mısır'dan almadığının açığa çıkması nedeniyle), ancak on beşinci yüzyıldaki takipçilerine göre bu metinler, başka şeylerin yanı sıra, İsa'nın doğumunu öngörecek şekilde yorumlanmaktaydı. 1460'lı yıllarda hermetizme dayanak oluşturan metinler çoğaltılarak Makedonya'dan İtalya'ya getirildi ve izleyen yüzyıl boyunca büyük ilgi topladı. Bu ilgi, söz konusu metinlerin Hıristiyanlığın başlangıç döneminden çok sonra yazıldığı ve "kehanetlerinin" büyük oranda sonradan edinilmiş bilgilerin yardımıyla oluşturulduğu (1614 yılında) ortaya çıkıncaya dek sürdü.

On altıncı yüzyılda Katolik Kilisesi İsa'nın doğumunu öngören eski metinlere müsamaha gösterebilecek durumdaydı. Bu görüşler kendisine İspanya'daki II. Philip gibi (1556 ile 1598 yılları arasında hüküm sürdü, İngiltere Kraliçesi Mary'yle evlendi ve Protestanlığın sadık muhaliflerindendi) herkesçe saygı duyulan Katoliklerden de taraftar toplayabiliyordu (Thomas Digges'in vasisi John Dee de tesadüfen bu taraftarlardan birisiydi). Ancak Bruno esasen doğru dinin eski Mısır dini olduğu ve Katolik Kilisesinin de bu eski inançlara dönüş yapması gerektiği yönündeki uç bir görüşün

savunucusuydu. Söylememize gerek yok ki, bu sav Roma'da pek de iyi karşılanmadı. Avrupa'daki olaylı yolculukları (1583 ile 1585 yılları arasındaki İngiltere dönemi dâhil) ve yarattığı rahatsızlıkların ardından (1565 yılında Dominikanlara katıldı ancak 1576 yılında bu mezhepten de atıldı ve bu süreçte İngiltere'den o kadar çok düşman edindi ki Fransız elçiliğine sığınmak zorunda kaldı) Bruno 1591 yılında Venedik'e gelme hatasını işledi ve burada tutuklanarak Engizisyona teslim edildi. Bruno'nun uzun bir hapislik ve dava sürecinin ardından sonunda Ariusçuluk suçlamasından (İsa'nın Tanrı tarafından yaratıldığı ve Tanrı'nın cisimleşmiş hali olmadığı yönündeki inanç) ve gizli büyücülük faaliyetlerinden mahkûm olduğu anlaşılmaktadır. Mahkeme kayıtları kayıp olduğu için bundan tam olarak emin olamıyoruz, ancak genellikle sunulduğu üzere Bruno'nun öldürülme nedeninin bilim yüzünden değil gerçekte büyü gerekçesiyle olduğunu söyleyebiliyoruz.

Katolik Kilisesinin Kopernik modelini yasaklaması

Modern ölçüler açısından kaderinin öldürülen birçok insan gibi bize oldukça acı gözükmesine karşın, fikrinden dönmesi için Bruno'ya tüm olanaklar tanındığı için (öldürülmeden önce bu kadar uzun süre hapis tutulmasının bir nedeni budur) bu sonuçta kendisinin de bir payı olduğu söylenebilir. Elimizde mahkemede Kopernikçilik savunusu yaptığına ilişkin kanıt yok. Ancak Bruno'nun güneş merkezli evren fikrinin kuvvetli bir savunucusu olduğu (Mısır'daki dünya görüşüne uygun olduğu için) ve aynı zamanda evrenin her biri güneş gibi olan sonsuz yıldız dizileriyle dolu olduğu yönündeki Thomas Digges'in görüşünü coşkuyla benimsediği ve evrende başka yerlerde de yaşam olduğunu tartışmaya açtığı açıktır. O dönemde fikirlerinin büyük sansasyon yaratmış olması ve Kilise tarafından mahkum edilmiş olmasından dolayı Bruno'nun tüm fikirleri aynı torba içerisine sokularak lanetlendi. Geleneksel yavaşlığıyla hareket eden Kilise'nin *De Revolutionibus*'u yasaklı kitaplar listesine alması 1616 yılını buldu (listeden çıkarması da 1835 yılını bulacaktı). Ancak 1600 yılından itibaren Kilise açıkça Kopernikçiliğe karşı çıkmaya başladı ve Bruno'nun bir Kopernikçi olması ve bir kâfir sıfatıyla yakılmış olması, Galileo gibi 1600'lü

yılların başında İtalya'da yaşayan ve dünyanın işleyişi üzerine kafa yoran birisi için hiç de cesaretlendirici bir etki yaratmadı. Belki de Bruno olmasaydı Kopernikçilik otoritelerin dikkatini bu derece çekmeyecek, Galileo'ya zulmedilmeyecek ve İtalya'daki bilimsel gelişme daha düz bir hat izleyecekti.

Galileo'nun öyküsüne geçmeden önce Rönesans'ta bilimdeki olağanüstü ilerlemenin bir başka yönüne, insan bedeni üzerine yapılan çalışmalara değinelim.

Vesalius: Cerrah, Anatomi Uzmanı ve Mezar Hırsızı

Kopernik'in çalışmasının Ptolemaios'un çalışmalarının Batı Avrupalılarca yeniden keşfine dayanması gibi, Brüksel'deki Andreas Vesalius'un çalışması da Galen'in (Cladius Galenus) çalışmalarının yeniden keşfine dayanmaktaydı. Elbette antik çağların bu iki büyük eseri de gerçekte kaybolmuş değildi ve Batı Avrupa'daki karanlık çağlar boyunca da Bizans ve Arap uygarlıklarında tanınmaktaydı. Ancak bu tip yazılara ilginin yeniden başlaması (örneğin İtalya'daki hümanist hareket Konstantinopolis'in düşüşüyle bağlantılıdır; özgün metin ve çeviriler İtalya'ya ve ötesine, bir bütün olarak Batıya doğru yayılır ve Rönesansla ilişkilenir), bilimsel devrimin başlangıcında harekete geçirici bir rol oynar. Bunun başlangıç aşamasında rol oynayanlar kendilerini bir devrimin parçası olarak görmüyorlardı, bizzat Kopernik ve Vesalius kendilerini antikçağın öğretilerini altüst edip yeni bir çağ başlatanlar olarak değil, eski bilgileri derleyip toparlayarak bu zeminde üreten kişiler olarak görmekteydiler. Yaşanan süreç özellikle on altıncı yüzyıl boyunca, devrimci değil evrimci bir özellik taşımaktaydı. Gerçek devrim, daha önce belirttiğimiz üzere, Rönesans bilginlerinin kendilerini antik dönemin bilginleriyle eşit düzeyde ve Ptolemaios ve Galen gibilerin öğretilerinin ilerisine geçmeye ehil görmelerinde, Ptolemaios ve Galen gibilerinin de nihayetinde birer insan olduğunu bilince çıkarmalarında somutlanan zihniyet değişikliğiyle mümkün oldu. Daha ileride göreceğimiz gibi, antikçağ filozoflarının yöntemlerinden modern bilimin yöntemlerine geçişle, Galileo ve özellikle Newton'la birlikte dünyanın araştırılma süreci gerçekten devrimci anlamda değişti.

Galen MS 130 yılı civarında Küçük Asya'daki (bugünkü Türkiye) Pergamon (bugünkü Bergama) kentinde doğmuş Yunanlı bir hekimdi. MS ikinci yüzyılın sonuna dek, belki de üçüncü yüzyılın hemen başına dek hayatta kaldı. Roma İmparatorluğunun Yunanca konuşulan bölgesindeki en zengin şehirlerden birinde yaşayan zengin bir mimar ve toprak sahibinin oğlu olarak yaşamında her türlü olanağa sahipti ve çok iyi bir eğitim aldı. 16 yaşındayken babasının rüyasında oğlunun bu alanda başarılı olacağını görmesinin ardından eğitimi tıp alanına yönlendirildi. Korint ve İskenderiye'nin de dâhil olduğu çeşitli merkezlerde tıp eğitimi aldı, MS 157'den başlayarak beş yıl boyunca Pergamon'daki gladyatörlerin başhekimliğini yaptı, ardından Roma'ya yerleşti ve burada imparator Marcus Aurelius'un kişisel hekimi ve dostu oldu. Ayrıca babası MS 180 yılında ölünce imparator olan Marcus Aurelius'un oğlu Commodus'a da hizmet etti. Yaşadığı dönem Roma açısından çalkantılı bir dönemdi, imparatorluk sınırlarında neredeyse sürekli biçimde savaş yaşanmaktaydı (Galen'in doğumundan birkaç yıl önce Hadrian Duvarı inşa edilmişti), ancak yine de İmparatorluğun ciddi bir küçülme yaşadığı döneme henüz gelinmemişti (İmparatorluk Doğu ve Batı olarak iki parçaya ancak MS 286 yılında bölündü, Konstantinopolis'in kuruluşu ise MS 330 yılındadır). Sınırlardaki sorunlar ne olursa olsun imparatorluğun merkezinde güvende olan Galen üretken bir yazardı ve Ptolemaios gibi o da kendisinden önce yaşamış beğendiği kişilerin, özellikle de Hipokrat'ın yazdıklarını derledi (Bugün tıbbın kurucusu olarak Hipokrat'ın görülmesi biçimindeki modern görüş neredeyse tamamen Galen'in yazdıklarının sonucudur). Aynı zamanda berbat bir biçimde kendi şöhretini büyütmeye çabalayan ve bu yolda eser hırsızlığından çekinmeyen biriydi; Roma'da hekimlik yapan meslektaşlarına söylediği en nazik sözlerden biri olarak "sümüklü adamlar"[4] ifadesini anabiliriz. Ancak nahoş kişiliğinin gerçek başarılarını perdelemesine de izin vermemek gerek, Galen'in ününün temelinde diseksiyon [teşrih] alanındaki becerisi ve insan vücudu üzerine yazdığı kitaplar yatmaktaydı. Ne yazık ki (ve kölelere ve gladyatör dövüşlerine takınılan tutum göz önüne alındığında bir o kadar da gariptir ki) insan diseksiyonu o dönemde uygun kar-

[4] Vivian Nutton'ın aktarımı, Conrad vd (*bkz.* Kaynakça)

şılanmadığı için (elimizde birkaç insanın vücudunu parçalarına ayırdığına dair kanıt olsa da) Galen çalışmalarını esasen köpekler, domuzlar ve maymunlar üzerinden yürütmüştür. Dolayısıyla insan bedeni hakkında ulaştığı sonuçlar çoğunlukla başka hayvanlar üzerinde yaptığı çalışmalara dayanmakta ve birçok yanlış içermekteydi. Onu izleyen on iki, on üç yüzyıl boyunca anatomi alanında kimse ciddi bir araştırma yürütmediği için, Galen'in çalışmaları on altıncı yüzyıla dek insan anatomisi konusunda referans metin olarak kabul görmüştür.

Galen'in yeniden doğuşunda hümanistlerin Yunan olan her şeye duyduğu takıntının da bir payı oldu. Din alanında sadece on altıncı yüzyılın Protestan hareketi değil, aynı zamanda bazı Katolikler de İsa'dan bu yana geçen yüzyıllarda İncil'de yapılan değişikler ve yorumlar sonucu Tanrının öğretilerinin yozlaştırıldığına inanıyor ve giderek nihai otorite olarak esasen İncil'e dönme yönünde bir köktenci yönelim güç topluyordu. Bunun bir parçasını da İncil'in Latince çevirilerinin yerine daha önceki Yunanca versiyonlarını çalışmak oluşturuyordu. Her ne kadar antik dönemden bu yana kayda değer bir yenilik getirilmediği varsayımı biraz uç olsa da, birkaç dilde çeviriden geçmesi ve birçok yorumcunun kopyalamasına maruz kalması nedeniyle bozulmuş bir tıbbi metnin arzu edilenden daha çok hataya sahip olacağını düşünmek daha akla yatkındır. Dolayısıyla Galen'in eserleri 1525'te özgün Yunancasıyla basıldığında bu tıp alanında çığır açıcı bir olay olmuştur. İronik biçimde tıpçıların pek azı Yunanca okuyabildiği için esasında üzerinde çalışılan kitap 1525 tarihli baskısının yeni Latince çevirisiydi. Ancak bu yeni baskı ve çeviriler sayesinde Galen'in çalışması sonraki on yıl boyunca hiç olmadığı ölçüde yaygınlık kazandı. Tam da aynı dönemde genç Andreas Vesalius tıp eğitimini tamamlıyor ve ardından adını duyurmaya başlıyordu.

Vesalius 31 Aralık 1514'te Brüksel'de doğdu. Tıp geçmişi olan bir ailenin üyesiydi; babası, Kutsal Roma İmparatoru olarak çağrılan (aslında bir Alman prensiydi) V. Charles'ın kraliyet eczacısıydı. Aile geleneğini takip eden Vesalius önce Louvain Üniversitesine kaydoldu, 1533 yılındaysa tıp eğitimi almak için Paris'e gitti. Paris Galenciliğin yeniden doğuşunun merkeziydi, bu dönemde Vesalius ustasının çalışmalarını öğrenmenin yanı sıra diseksiyon

becerisini de edindi. Paris'teki varlığı ani bir biçimde, 1536 yılında Fransa ile (tarihçilerin vurgulamayı sevdiği gibi aslında ne kutsal, ne Romalı ne de imparatorluk olmayan, ancak tarihe böyle mal olmuş) Kutsal Roma İmparatorluğu arasında çıkan savaş nedeniyle son buldu. Bunun üzerine Louvain'e döndü ve burada 1537 yılında tıp eğitimini tamamladı. İnsan bedenine olan ilgisi ve diseksiyona olan tutkusuna 1536 sonbaharında kayda geçen bir olay kanıttır; Louvain dışında gerçekleştirilen bir idam sonrası cesedi (ya da ondan arta kalanı) çalarak üzerinde çalışmak için evine getirmiştir.

Dönemin ölçülerine göre Louvain'deki tıp fakültesi (elbette Paris'e kıyasla) daha tutucu ve geri düzeydeydi ancak savaş devam ettiği için Vesalius Fransa'ya dönemedi. Bu yüzden mezun olduktan kısa bir süre sonra İtalya'ya giderek 1537 yılının sonunda Padova Üniversitesine lisansüstü eğitimini almak üzere kaydol-



5. Andreas Vesalius. Vesalius'un eseri De Humani Corporis Fabrica*'dan, (1543)*

du. Bu daha çok bir formalite gibi gözükmektedir çünkü parlak bir sonuç aldığı ilk sınavın ardından Vesalius derhal tıp doktoru ünvanını alarak Padova'daki fakülteye atanmıştır. Kısa zamanda Vesalius henüz yeni olan Galenci "geleneğin" popüler ve başarılı öğretmeni olarak isim yapar. Ancak Galen'in aksine insan kadavralarıyla çalışma konusunda arzulu ve başarılıdır ve Louvain'deki mezar kazıcılık faaliyetlerine gerek kalmaksızın araştırmaları Padova'daki otoritelerce desteklenmektedir. Destekçileri arasındaki özellikle yargıç Marcantonio Contarini sadece idam edilen suçluların cesetlerini kendisine sağlamakla kalmaz, kimi zaman da Vesalius'un çalışma planına ve taze beden ihtiyacına uyacak şekilde idam tarihlerini ertelemekten geri durmaz. Bu çalışmaları sonucunda Vesalius, Galen'in insan diseksiyonu konusunda hemen hiç deneyimi olmadığı sonucuna varır ve insan anatomisi üzerine kendi kitabını kaleme almaya karar verir.

Vesalius'un konu edindiği alana yaklaşımı tam olarak devrimci olarak nitelenmediği durumda, daha önce bilinenlere göre çok büyük bir ileri adım sayılmalıdır. Ortaçağda diseksiyonlar nadiren yapılırdı, yapıldığında da operasyonu daha aşağı tıbbi pratisyenler olarak muamele gören cerrahlar gösterim amacıyla yürütür, eğitimli profesörler bedene yaklaşmadan, deyimin gerçek anlamıyla ellerini kirletmeden, uzaktan derslerini anlatırlardı. Vesalius diseksiyon gösterimlerini kendisi yapar, bir yandan da öğrencilerine daha önce bilinmeyen bilgilerin önemini açıklardı; bu sayede önce Padova'da ve zamanla bu uygulama yaygınlaştıkça başka yerlerde de cerrahinin itibarını arttıran o olmuştur. Derslerinde kullanmak üzere muhteşem sanatçılara hazırlattığı büyük şemalarla da ünlüdür. Gösterim şemalarından birinin çalınıp intihal edilmesinin ardından bu çizimlerin altısı 1538 yılında *Tabulae Anatomica Sex (Altı Anatomik Resim)* adıyla basılmıştır. Altı çizimin üçü Vesalius'a aittir; diğer üçünün ise Titian'ın saygıdeğer öğrencisi Kalkarlı John Stephen (Jan Steven van Calcar) tarafından hazırlanmış olması bu çizimlerin kalitesi hakkında fikir vericidir. Kesin olarak bilinmemekle beraber Stephen, 1543 yılında basılan *De Humani Corporis Fabrica* (genellikle *Fabrica* olarak anılır) adlı başyapıtta kullanılan çizimlerin de esas sahibidir.



6. Vesalius'un Tabulae Sex*'inden bir sayfa (1538).*

İnsan vücudunu betimleme doğruluğundan ziyade *Fabrica*'nın esas önemi, profesörün kesip biçme işini astlarına bırakmak yerine kirli işi bizzat kendisinin yapmasına olan ihtiyacı vurgulamış olmasıdır. Benzer biçimde eski kuşaklardan miras kalan sözlere itimat etmek yerine, bulguları kendi gözlerinle tespit etmenin önemini göstermiştir; nihayetinde antik düşünürler de yanılmaz ve şaşmaz değildirler. İnsan anatomisi üzerine çalışmanın saygıdeğer bir iş olarak kabulü kolay olmamıştır; insanları kesip biçmenin verdiği huzursuzluğun giderilmesi epey zaman almıştır. Geniş anlamıyla insanı incelemenin doğru yolunun insanın nesne olarak ele alınmasından geçtiğinin kabul edilmesi süreci

Vesalius'un çalışması ve *Fabrica*'nın basımıyla başlamıştır. *Fabrica* tıpta uzman okurlar için basılmış bir çalışmaydı ancak Vesalius daha geniş kitlelere de ulaşmak istiyordu. *Fabrica*'nın yanı sıra yine 1543 yılında basılan öğrenciler için bir özet kitap niteliğindeki *Epitome*'u kaleme aldı. Tıp alanında ve genel olarak bilimsel yaklaşım konusunda yaptığı bu büyük katkının ardından Vesalius henüz 30 yaşına gelmemiş olmasına karşın birdenbire akademik kariyerini sonlandırdı.

1542 ve 1543 yıllarının önemli bir bölümünü iki kitabının basım hazırlıklarıyla uğraşmak üzere Padova'dan uzakta (genellikle Basel'de) geçirmişti; yokluğu resmi izinli olarak onaylanmış olsa da, sonrasında makamına dönmedi. Bunun nedeninin çalışmasının yeni duruma uyum sağlamamış Galenciler tarafından eleştirilmesinden duyduğu bıkkınlık mı, yoksa tıp öğretmek yerine uygulamak isteği mi (belki de bu ikisinin bileşiminden) olduğu yeterince açık değil, ancak Vesalius basılı iki kitabının verdiği güçle V. Charles'ın huzuruna çıkmış ve saray tabibi olarak atanmıştır. Prestiji oldukça yüksek bir makama atanmıştır, tabip olarak tek dezavantajı imparator hayatta olduğu müddetçe görevinden ayrılmasının mümkün olmamasıdır. Vesalius bu kararından pişmanlık duymamış olsa gerektir çünkü V. Charles tahttan çekilmeden kısa bir süre önce 1556 yılında kendisine bir emeklilik maaşı bağlayarak hizmetten ayrılmasına izin verir. Aradan fazla zaman geçmeden Vesalius bu kez V. Charles'ın oğlu ve İspanya Kralı (donanmasını daha sonra İngiltere'ye sefere gönderecek olan) II. Philip'in maiyetinde benzer bir görev üstlenir. Ancak bunun pek de iyi bir karar olmadığı açığa çıkar. İspanyol tabipler Vesalius'un alışık olduğu becerilere sahip olmadıkları gibi, ona bir yabancı olarak duydukları düşmanlık o dönem İspanya'nın hükmettiği Hollanda'daki bağımsızlık hareketinin büyümesiyle beraber iyice kızışır. 1564 yılında Vesalius Philip'ten Kudüs'e hacca gitmek üzere izin alır ancak bu yolculuk İtalya'da bir mola vererek Padova Üniversitesiyle buradaki eski görevini tekrar üstlenme amacıyla görüşmelere başlamasının bahanesi gibi gözükmektedir. Kutsal topraklardan dönüş yolunda Vesalius'un seyahat ettiği geminin şiddetli fırtınalarla karşılaşması sonucu erzak sıkıntısı çekecek düzeyde gecikmeler yaşanmakla kalmaz, yolcular da ağır hastalıklarla bo-

ğuşmak durumunda kalır. Vesalius hastalanır (ne hastası olduğunu bilmiyoruz) ve 1564 yılı Ekim ayında, elli yaşında, gemisinin yanaştığı Yunan adası Zakintos'ta hayatını kaybeder. 1543'ten sonraki bilimsel başarılara Vesalius'un doğrudan katkısı pek fazla olmasa da Padova'daki takipçileri sayesinde çok önemli bir etkide bulunmuştur ve on yedinci yüzyılın en büyük başarılarından biri olan William Harvey'in kan dolaşımı keşfine zemin hazırlamıştır.

Esasında Harvey'in hikâyesi bir sonraki bölüme aittir. Ancak Vesalius'tan Harvey'e uzanan çizgi o kadar açıktır ki, astronominin on altıncı yüzyıldaki gelişimine dönmeden önce, hemen bu mantıksal bağlantının izini sürerek sonucuna götürmek daha doğru olacaktır. Elinizdeki eser teknoloji konusunda bir kitap olmadığı için insan bedeninin araştırılmasının tıbbi sonuçlarına girme niyetinde değilim. Ancak Harvey'nin özel katkısı, keşfettiği şey değil (ki bu tek başına yeterli ölçüde etkileyicidir) keşfinin doğru olduğunu kanıtlama biçimidir.

Fallopio ve Fabricius

Vesalius'tan Harvey'e doğru çekilen çizgide başka iki kişi daha yer alır. Bunlardan ilki Gabriele Fallopio (Gabriel Fallopius olarak da bilinir) Vesalius'un Padova'daki öğrencilerindendir, 1548 yılında Pisa'da anatomi profesörü olur ve 1551 yılında tekrar Padova'ya, Vesalius'un eski kürsüsüne, anatomi profesörü olarak döner. 1562 yılında henüz 39 yaşındayken ölmesine karşın iki şekilde insan biyolojisine damgasını vurur. Birincisi insan vücudundaki sistemler üzerine Vesalius'un tarzını izleyerek yürüttüğü araştırması, bir dizi başka sonucun yanı sıra, halen onun adıyla andığımız "fallop tüpleri"ni [dölyatağı borusu] keşfetmesine sebep olmuştur. Fallopio uterus ile yumurtalıklar arasındaki bu bağları sonunun bir "trompet" gibi genişlemesine atıfla *tuba*ya benzetmiştir. Bu gayet kesin ve hatasız tarif her nasılsa "tüp" biçiminde yanlış çevrilmiş ve modern tıpta da kavramın bu yanlış çevirisine bağlı kalınmıştır.[5] Ancak Fallopio'nun anatomiye en büyük katkısı belki

[5] Bu arada vücuttaki başka bir boru sistemi olan ve ortakulağı yutağa bağlayan östaki borusunun varlığı da aynı dönemde Bartolomeo Eustachio tarafından tespit edilmiştir. Bu bir tesadüf değil, anatomi uzmanlarının yeni kuşağının işlerini şevkle yaptıklarının bir göstergesidir.

de öğretmeni olduğu Girolamo Fabrizio'nun eğitiminde oynadığı roldür. Fabrizio, Hieronymous Fabricius ab Aquapendente adıyla tanınır ve Fallopio'nun ölümünün ardından onun Padova'daki kürsüsünü devralmıştır.

Fabricius 20 Mayıs 1537'de Aquapendente kasabasında doğmuş ve Padova'dan 1559 yılında mezun olmuştur. 1565 yılında Padova'daki kürsüye atanıncaya dek cerrah olarak çalışmış ve özel anatomi dersleri vermiştir. Kürsü Fallopio'nun ölümünün ardından üç yıl boyunca boş kalmıştır, dolayısıyla arada boşluk olmasına rağmen Fabricius Fallopio'nun halefidir. Söz konusu ara dönem Vesalius'un boşalan kürsü için görüşmelerde bulunduğu dönemdir ve eğer felaketle sonuçlanan Kudüs yolculuğu olmamış olsaydı muhtemelen Fabricius'tan önce çalışan kişi o olacaktı. Fabricius'un çalışmasının ağırlığını tavuk yumurtaları kullanarak embriyoloji ve fetusun gelişimi üzerine yaptığı çalışmalar oluşturmaktadır. Ancak bugünden geriye dönüp baktığımızda onun bilime en önemli katkısının, ilk kez damarlardaki kapakçıkların tam ve ayrıntılı betimlemesini yapması olduğunu görmekteyiz. Kapakçıkların varlığı öncesinde de bilinmiyor değildi, ancak Fabricius önce 1579 yılında düzenlediği açık bir tanıtım gösterisiyle, ardından 1603 yılında basılan resimli bir kitapla kapakçıklar üzerine ayrıntılı bir çalışma yaparak özelliklerini betimledi. Öte yandan bir anatomist olarak kapakçıkları betimlemedeki becerisi ile bunların varlık nedenini anlama konusundaki akıl yürütmesinin eşdeğerde olduğu söylenemez; ona göre kapakçıkların varlığı kanın karaciğerden akışını yavaşlatmak ve böylece vücudun dokularınca emilebilmesini sağlamak için olsa gerekti. Fabricius sağlığı bozulduğu için 1613'te emekli oldu ve 1619 yılında da öldü. Öte yandan aynı dönemde, 1590'ların sonu ile 1602 yılları arasında Padova'da Fabricius'tan ders almış öğrencilerden biri olan William Harvey, kan dolaşımı sisteminin aslında nasıl çalıştığını çözmek üzereydi.

William Harvey ve Kan Dolaşımı

Harvey'den önce (Galen'e ve ondan öncesine uzanacak şekilde) kanın karaciğerde üretildiği, damarlar yoluyla tüm gövdeye taşınarak dokuların beslenmesini sağladığı, bu süreçte kullanım sonucu

harcandığı için de sürekli yeni kan üretilmesi gerektiği bilinirdi. Arteryel sistemin görevinin de ciğerlerden gelen "yaşam ruhu"nu alarak tüm gövdeye yaymak olduğu düşünülürdü (oksijenin varlığının 1774'e dek keşfedilmediği düşünülürse çok da yanlış sayılmaz). İspanyol tanrıbilimci ve hekim Michael Servetus (doğumu 1511, vaftiz adı Miguel Serveto) 1553 yılında yayımlanan *Christianismi Restitutio* adlı kitabında kanın "ikincil önemde" bir dolaşımı daha olduğundan bahseder. Bu dolaşımda kan (daha sonra ortaya çıktığı üzere) kalbin sağ tarafından sol tarafına Galen'in düşündüğü gibi kalbi bölen duvardaki küçük delikler üzerinden değil, akciğerler aracılığıyla gitmektedir. Servetus ulaştığı sonuca diseksiyon yoluyla değil büyük oranda teolojik akıl yürütmeyle ulaşmış ve sonuçlarını bilimsel bir teolojik inceleme olarak kamuoyuna duyurmuştur. Servetus açısından talihsizlik, bu yapıtında (ve önceki eserlerinde) ortaya attığı teolojik görüşlerin teslis doktrinine karşıt olmasıdır. Giordano Bruno gibi o da İsa'nın Tanrı'nın vücut bulmuş hali olduğuna inanmıyordu ve inançları yüzünden Bruno'yla aynı kaderi paylaştı, sadece cezayı uygulayanlar farklı oldu. O dönemde John Calvin reformcu faaliyetinin en canlı dönemindeydi ve Servetus (Cenevre'de olan) onunla fikirlerini paylaştığı bir mektuplaşmaya girdi. Calvin mektuplarına yanıt vermeyi kesince Viyana'da yerleşmiş olan Servetus ağzına geleni artan ölçüde söylediği bir dizi hakaret mektubu daha yolladı. Bu büyük bir hataydı. Kitap basıldığında Calvin Viyana'daki yetkililerle temasa geçerek Servetus'u kâfirlik suçlamasıyla tutuklattı. Servetus kaçtı ve İtalya'ya gitme amacıyla yola koyuldu; ancak bu kez de doğrudan Cenevre üzerinden gitme hatasını işledi (daha dikkatli olmasını beklemek hakkımız değil mi?) ve burada tanınması sonucunda tekrar tutuklandı, 27 Ekim 1553'te de Calvinistler tarafından yakılarak öldürüldü. Yazdığı tüm kitaplar da yakıldı, sadece *Christianismi Restitutio*'nun üç kopyası yakılmaktan kurtuldu. Servetus kendi dönemindeki bilimsel faaliyeti herhangi bir şekilde etkilemiş değildi, keza Harvey de onun çalışmalarından tümüyle habersizdi; ancak yaşamının son bulma öyküsü on altıncı yüzyılın dünyasını anlamamız açısından oldukça fikir vericidir.

Galen'den beri hep toplardamarlar ve atardamarların farklı maddeler, iki ayrı çeşit kan taşıdıkları düşünülmüştü. Çağdaş yak-

laşım bize, insan kalbinin (diğer memeli hayvanlar ve kuşlar gibi) aslında bir kalp içinde iki kalp olduğunu söyler. Kalbin sağ taraftaki yarısı akciğerlere oksijenden arınmış kanı pompalarken, kan oksijeni toplayarak kalbin sol yarısına döner ve bu taraf oksijen taşıyan kanı insan vücuduna pompalar. Harvey'in temel keşiflerinden biri, hocası Fabricius'un oldukça doğru bir biçimde tasvir ettiği damarlardaki kapakçıkların, kanın sadece kalbe doğru akışına izin veren tek güzergâhlı bir sistem olduğunu; bu kanın yoluna arteryel kan olarak başladığı, kalpten pompalandığı, damarlara girmek için arteryel ve venöz sistemleri birbirine bağlayan minik kılcallardan geçerek aktığını tespit etmesidir. Harvey tıbbi kariyerine başlamasıyla birlikte hemen tüm bu sonuçlara ulaşmamıştır elbette.

Harvey 1 Nisan 1578'de Folkestone, Kent'te doğdu. Küçük toprak sahibi bir çiftçinin yedi oğlunun en küçüğü olan William önce Canterbury'deki King's School'da, ardından Cambridge'teki Caius College'da eğitim aldı. Buradan 1597 yılında lisans derecesini aldıktan sonra muhtemelen tıp eğitimine başladı. Kısa bir süre sonra Padova'ya giderek burada Fabricius'tan eğitim aldı ve 1602'de tıp doktoru ünvanını kazandı. Padova'da öğrenci olduğu sırada orada ders veren Galileo'nun bahsini duymuş olsa gerek, ancak bildiğimiz kadarıyla ikisi hiç karşılaşmamıştır. Harvey 1602 yılında İngiltere'ye döndü, I. Elizabeth'in hekimliğini yapan Lancelot Browne'nin kızı Elizabeth Browne'yle 1604 yılında evlendi. Kraliyet çevreleriyle içli dışlı olmaya başladığı bu dönemde Harvey'in dikkat çekici bir tıbbi kariyere sahip olduğu görülür. 1607'de seçkin tabipler konseyi College of Physicians'ın üyesi seçilir, 1609'da Londra'daki St. Bartholomew's hastanesine hekim olarak atanır; nihayet (William Shakespeare'nin ölümünden iki yıl sonra) 1618 yılında (1603'te Elizabeth'in yerine tahta geçen) I. James'in saray hekimlerinden biri olur. 1630 yılına gelindiğinde, 1625 yılında tahta geçmiş olan, James'in oğlu I. Charles'ın özel hekimi olarak hepsinden daha saygın bir atamaya mazhar olur. Hizmetlerinin ödülü olarak 1645 yılında (67 yaşındayken) Oxford'daki Merton College'a rektör olarak atanır. İngiltere'de iç savaşın alevlenmesiyle Oxford 1646'da parlamenter güçlerin etkisi altına girer ve Harvey görevinden ayrılarak emekli olur (ancak teknik olarak saray hekimliği görevini 1649'da Charles'ın başının kesilmesine dek

sürdürür) ve 3 Haziran 1657'deki ölümüne dek sakin bir yaşam sürer. 1654 yılında College of Physicians'ın başkanı seçilse de, yaşını ve sağlık sorunlarını gerekçe göstererek bu şerefli görevi kabul edemeyeceğini bildirir.

Harvey çığır açan kitabı *De Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus*'u [*Hayvanlarda Kalbin ve Kanın Hareketi Üzerine*], kendisini bugün dahi hatırlamamızı sağlayan bu büyük eserini esasen boş zamanlarında kaleme almıştır, ulaştığı sonuçları kitaplaştırmak için 1628 yılına dek beklemesinin nedenlerinden biri de budur. Diğer bir neden *Fabrica*'nın basımının üzerinden elli yıl geçmiş bile olsa, Galen'in öğretisini gözden geçirme girişimlerinin bazı çevrelerde halen büyük bir tepki doğurmasıdır. Harvey savunduğu kan dolaşımının doğruluğunu kanıtlamak için kimsenin reddemeyeceği açıklıkta bir örnek vermesi gerektiğinin farkındaydı. Yaptığı gösterim, sadece tıpta değil, tüm dallardaki bilim insanlarına gösterdiği ilerleme yoluyla, onu bilim tarihinin temel kişiliklerinden biri haline getirdi.

Harvey'nin soruna yaklaşım biçimi bile felsefecilerin doğanın işleyişi hakkında bilgi edinmek için gözlem ve deneyime başvurmak yerine, mükemmel ilkelere dayalı soyut hipotezleri keşfetme hayalleri kurduğu günlerden bu yana ne kadar çok şeyin değiştiğinin göstergesiydi. Harvey şişen bir eldiven olarak betimlediği kalbin kapasitesini ölçmüş ve bir dakika içerisinde atardamarlara hangi miktarda kan pompaladığını hesaplamıştı. Tahmini tam olarak doğru olmasa da, savını desteklemesi için yetecek derecede iyiydi. İnsan kalbi her çarpışında dışarıya günümüzün birimleriyle ortalama olarak 60 santimetre küp kan pompalıyordu, bu toplamda saatte neredeyse 260 litrelik bir akış anlamına geliyordu ve elde edilen bu toplam kan miktarı, ortalama ağırlıkta bir insanın kilosunun üç katıydı. Vücudun bu kadar çok miktarda kan üretmesinin mümkün olmadığı açık olduğuna göre, vücuttaki toplardamar ve atardamarlarda sürekli dolaşan kan çok daha az olmalıydı. Bu noktada Harvey bir dizi deney ve gözlemi kullanarak tezini temellendirdi. Toplardamarlar ile atardamarlar arasındaki çok küçük bağlantıları göremiyor olsa da, bunların var olduğunu insan kolunun çevresine bir ip (ya da bağ) sarma yoluyla sıkarak kanıtladı. Atardamarlar toplardamarlar ile karşılaştırıldığında,

kolun yüzeyine göre daha derinde yer alıyorlardı; dolayısıyla Harvey ipi biraz gevşettiğinde kola uygulanan bağ kanın toplardamarlar yoluyla kolun üst tarafına akması için fazla sıkı, ancak kanın atardamarlar yoluyla kolun aşağı tarafına akmasına yetecek kadar da gevşek tutulabiliyordu. Böylelikle bağın alt tarafındaki toplardamarlar şişerek kabarıyordu. Bir zehrin vücutta etkisini belirli bir süre içerisinde göstermesinin de kanın sürekli bir dolaşım halinde olmasından ileri geldiğine dikkat çekiyordu. Dikkat çektiği bir diğer olgu, kalbin yakınındaki atardamarların kalbin uzağındaki atardamarlardan daha kalın olmalarıydı, bu sayede pompalama eylemi sırasında kalbin yakınında güçlü kan tahliyesinin sonucu olarak ortaya çıkan büyük basınca karşı koymak mümkün oluyordu.

Ancak anlatılanlardan Harvey'in bilimsel yöntemi icat ettiği sonucuna da sıçramayalım. Gerçekte modern bir bilim insanından ziyade bir Rönesans adamı olduğunu ve halen soyut bir kusursuzluk kavramı olan hayati kuvvetler ve bedene yaşam veren ruhlar çerçevesi içerisinden düşündüğünü söylemeliyiz. Kitabının 1653 tarihli İngilizce çevirisinden kendi ifadeleriyle aktaralım:

> Kanın her halükarda sıcak, kusursuz, buğulu, ruhla dolu, ifademi mazur görün, besleyici niteliğiyle tüm parçalarını beslemek, çabuklaştırmak, bağrına basmak için vücuttan geçmek üzere var olduğunu söyleyeceğim: Soğutulduğu, pıhtılaştığı ve bereketsiz hale getirildiği bölümlerden tekrar kalbe döner, bir kaynağa veya vücudun ikametgâhına döner gibi burada kusursuzluğunu tekrar kazanır. Burada yeniden doğal ısınma, güç ve hararetle eritilir ve sanki pelesenk gibi ruhlarla dolarak, her şey kalbin hareketli vuruşlarına bağlıymışçasına vücuda dağıtılır: Dolayısıyla kalp küçük evrenin güneşi gibidir, güneşin dünyanın kalbi olarak adlandırılmayı hak etmesine benzer şekilde kalp aslında yaşamın başlangıcıdır; onun erdemi ve çarpışı sayesinde kanın kusursuzluğunu kazanarak hareket etmesi, besleyicilik kazanması, bozulmadan korunması ve bir önem kazanması mümkün olur. İçimizdeki bu aşina olduğumuz tanrı tüm bedene dönük görevini onu besleyerek, güderek, büyüterek, yaşamın kaynağı ve her şeyin müsebbibi olarak yerine getirir.

Anlatılanlar Harvey'nin kalbi, çevresinde kanın dolaşmasını sağlayan *salt* bir pompa olarak betimleyen ilk kişi olduğu yönündeki yaygın yanlış kavrayıştan çok farklıdır (Aslında bunu ilk tahmin eden kişi René Descartes'tır, 1637 yılında basılan *Discourse on Method [Yöntem Üzerine Konuşma]* kitabında kalbin tamamen mekanik bir pompa olduğunu yazmıştır). Birçok kitapta yazdığı gibi Harvey'in kalbi kanın ısı kaynağı olarak gördüğünü söylemek de yeterli olmayacaktır. Görüşleri bundan daha mistiktir. Ancak Harvey'in çalışması yine de ileriye doğru atılmış önemli bir adımdır ve elimize ulaşan yazılarının hemen hepsinde (yazılarının çoğu ne yazık ki Londra'daki odaları 1642'de parlamenter birlikler tarafından alt üst edildiği sırada kaybolmuştur) kişisel gözlem ve deneyimden çıkarsanan bilginin önemine yapılmış tekrarlanan vurgulara rastlarız. Bir olgunun varlığını sadece ona neyin sebep olduğunu bilmediğimiz için reddetmememiz gerektiğini özellikle vurgulayan odur, dolayısıyla kan dolaşımıyla ilgili bizzat kendisinin getirdiği yanlış "açıklamaları" nazik bir biçimde ele almamız ve onun gerçek başarısı olan kanın dolaştığına ilişkin keşfe odaklanmamız daha uygun olur. Her ne kadar Harvey'in fikrinin başlangıçta evrensel kabul gördüğünü söylemek olanaksız olsa da, ölümünden sonraki birkaç yıl içerisinde atar ve toplardamarlar arasındaki küçük bağlantıların keşfiyle (1650'lerde mikroskobun geliştirilmesine teşekkür borçluyuz, bu aynı zamanda bilimin gelişimi ile teknolojinin gelişimi arasındaki bağlantıya önemli bir örnektir) kanıtlama açısından önemli boşluklardan bir diğeri daha giderilmiştir.

Ancak bilim tarihi açısından Harvey son Rönesans insanlarından birisi olarak sınıflandırılıyorsa, bu bizim onun çalışmasının ardından takvime bir çizik atıp gerçek bilimin ondan sonra başladığını (ölümü ile mikroskopun keşfinin tesadüfî tarihsel denkliğine karşın) söyleyebileceğimiz anlamına gelmiyor. Eserlerinin Descartes'ın öngörüleriyle örtüşmesi örneğinin de gösterdiği gibi, tarih köşeli birimler biçiminde yaşanmaz. İlk bilim insanı tanımına en uygun kişi Harvey daha Padova'daki okulunda okurken çalışmalarına çoktan başlamış durumdaydı. On altıncı yüzyıla dönmemizin ve Kopernik'ten sonra astronomi ve mekanik bilimlerdeki gelişmeleri izlememizin zamanı şimdi geldi.

2
SON MİSTİKLER

Gezegenlerin hareketi – Tycho Brahe – Yıldızların konumunu ölçmek – Tycho'nun süpernovası – Tycho kuyrukluyıldızı gözlemliyor – Tycho'nun evren modeli – Johannes Kepler: Tycho'nun asistanı ve mirasçısı – Kepler'in geometrik evren modeli – Gezegenlerin hareketi hakkında yeni düşünceler: Kepler'in birinci ve ikinci yasası – Kepler'in üçüncü yasası – Rudolph yıldız cetvellerinin yayımlanması – Kepler'in ölümü

Gezegenlerin Hareketi

"İlk bilim adamı" ünvanını en çok hak eden kişi, modern bilimsel yöntemleri çalışmasına uygulamakla kalmayan, aynı zamanda ne yaptığını tam olarak bilen ve kendisinden sonra gelenlerin izlemesi gereken temel kuralları saptayan Galileo Galilei'ydi. Ayrıca bu temel kurallara uyarak yaptığı çalışmalar da son derece büyük bir önem taşıyordu. On altıncı yüzyılın sonunda bu ölçütlerden bazılarına uyan başka insanlar da vardı elbette. Ancak bugün bilim olarak adlandırdığımız şeye kendisini adayan bu insanlar, genelde halen çalışmalarının bütününün veya bir bölümünün anlamı hakkında ortaçağa özgü bir zihniyetin sınırları içerisine hapsolmuşlardı. Dünyaya yeni gözlerle bakmanın felsefi önemini daha açık bir biçimde görebilenler ise genelde yarı-zamanlı bilim insanları olarak, diğerlerinin dünyayı araştırma yol ve yaklaşımları üzerinde pek az etki edebilecek konumdaydılar. Bunların hepsini birden kendisinde toplayan ilk kişi Galileo oldu. Ancak Galileo'nun yaptıkları da, tüm bilim insanlarında olduğu gibi kendisinden önce yapılanlar üzerinde yükseldi. Bu noktada Galileo'ya uzanan çizginin başı Rönesans'ta astronominin dönüşümünü başlatan Kopernik (o da çalışmalarını Peuerbach ve Regiomontanus gibi kendisinden önce gelenlere dayandırır) ve onun ardından gelen Tycho Brahe ve Johannes Kepler'dir (daha

sonrasındaysa ileride göreceğimiz üzere bağlantı Kepler ve Galileo üzerinden Isaac Newton'a uzanır). Tycho genelde bilindiği üzere, o dönemde gerçekten önemli bilimsel çalışmaların halen oldukça eski moda ve mistik yorumlarla karıştırılabildiğine net bir örnektir. Daha açık bir ifadeyle söylersek, Brahe ve Kepler'i tam manasıyla son mistikler olarak sınıflandırmak doğru olmaz, ancak onların (en azından astronomide kesinlikle) antik dönemlerin mistisizmi ile Galileo ve takipçilerinin bilimi arasında yer alan geçiş figürleri olduklarını söyleyebiliriz.

Tycho Brahe

Tycho Brahe 14 Aralık 1546'ta İskandinav yarımadasının güney ucunda yer alan Knudstrup'ta doğmuştur. Doğum yeri bugün İsveç sınırları içerisindedir, ancak o dönem Danimarka'nın bir parçasıydı. Bebeğe vaftiz ismi olarak Tyge adı koyulmuştur (daha sonra adını Latinceleştirip soyadını değiştirmemesi de geçiş figürü özelliğiyle uyumludur). Aristokrat bir aileden gelmektedir; babası Otto krala danışma meclisi üyesi olarak hizmet etmiş, karşılığında birkaç yerel birimin idareciliğini yapmış ve kariyerine Helsingborg Kalesinin valisiyken (ilk kez 1600 yılında sahneye koyulan William Shakespeare'in *Hamlet*'iyle ünlenen Elsinore'un karşısında yer alır) son vermiştir. Otto'nun ikinci çocuğu ve ilk erkek çocuğu olarak Tycho hayata doğuştan şanslı bir başlangıç yapmışken, yaşamı ancak sahne oyunlarında olacak türden bir dönüşüme uğrar. Otto'nun Danimarka donanmasında amiral olan Jörgen isminde, evli ancak çocuğu olmayan bir erkek kardeşi vardır. İki kardeş aralarında bir anlaşma yaparak Otto'nun bir erkek çocuğu olursa bunu kendi çocuğu olarak yetiştirmesi için Jörgen'e vermesini kararlaştırırlar. Tycho doğduğunda Jörgen Otto'ya verdiği sözü hatırlatır ancak soğuk bir cevapla karşılaşır. Bu Tycho'nun ikiz kardeşinin doğumda ölmüş olmasıyla bağlantılıdır, anne babası muhtemelen Otto'nun eşi Beate'nin başka çocuğu olmayacağından korkmuştur. Uygun zamanı bekleyen Jörgen Tycho'nun ilk erkek kardeşinin (bir yıl kadar sonraki) doğumuna dek sabreder ve ardından küçük Tycho'yu kaçırarak Tostrup'taki evine götürür.

Büyütebilecekleri sağlıklı bir oğlan çocuğuna daha kavuşmuş olan aile bu durumu bir emrivaki olarak kabul etmek durumunda kalır (Otto ve Beate sonraki yıllarda toplam beş erkek ve beş kız çocuk sahibi olurlar) ve Tycho amcası tarafından büyütülür. Çocukken kapsamlı bir Latince eğitimi alır ve henüz on üç yaşına gelmeden 1559 yılının Nisan ayında Kopenhag Üniversitesine gönderilir. Aristokratların erkek çocuklarının ileride devlette ya da kilisede edineceği yüksek mevkiye uygun olacak şekilde bu yaşlarda eğitime başlamalarına yer yer rastlanmaktadır.

Jörgen'in Tycho için yaptığı Kral'ın hizmetinde siyasal bir görev üstlenmesi yönündeki kariyer planı, henüz başlangıç aşamasında boşa çıkar. Bunun nedeni 21 Ağustos 1560'ta gerçekleşen güneş tutulmasıdır. Portekiz'de tam bir güneş tutulması görülürken, Kopenhag'ta kısmi bir tutulma görülür. Buna karşın on üç yaşındaki Tycho Brahe'nin hayal gücünü etkileyen sadece güneşin tutulması değil, en az onun kadar bu tutulmanın çok önceden tahmin edilebilmiş olmasıdır. Ayın yıldızların arasında hareket edercesine göründüğü antik çağlarda yapılmış gözlem cetvelleri, daha sonra da özellikle Arap astronomların yaptığı gözlemler sonucunda düzeltilmiş cetveller onu çok etkilemiştir. Kendi deyişiyle ona "insanların yıldızların hareketini, yerlerini ve göreli konumlarını çok öncesinden söyleyebilecek derecede bir kesinlikle bilmelerinde kutsal bir yön var"[1] gibi gelmiştir.

Tycho Kopenhag'ta kalan zamanının (on sekiz ay kadar) çoğunu, görünüşe göre amcasının büyüdüğünde vazgeçeceğini düşündüğü için müsamaha göstermesi sonucunda astronomi ve matematik çalışarak geçirir. Birçok eserin yanı sıra Ptolemaios'un çalışmalarının Latince bir kopyasını da satın alır ve kitabın üzerine çok sayıda not düşer (Bu notlardan biri de ilk sayfada yer alan ve kitabı 1560 yılının Kasım ayının son gününde iki talere satın aldığını kaydeden nottur).

Tycho 1562 yılının Şubat ayında yetişkinliğinde edineceği toplumsal konumuna uygun hale gelmesi açısından o dönem sık görülen biçimde eğitimini yurt dışında tamamlamak üzere

[1] Tycho'nun kişisel notlarına dayanan ve ilk basımı 1654 tarihinde yapılmış Gassendi'nin Tycho biyografisinden Dreyer tarafından alıntılanmıştır.

Danimarka'dan ayrılır. Tycho 24 Mart'ta Leipzig Üniversitesine ulaştığında, yanında Tycho'dan sadece dört yaş büyük olmasına karşın Jörgen tarafından öğretmenliğine atanmış Anders Vedel adındaki saygıdeğer bir genç, yol arkadaşı olarak ve (açıkça anlaşılacağı üzere) genç adamı haylazlıktan uzak tutmak amacıyla kendisine eşlik etmektedir. Vedel kısmen başarılı olur. Tycho'nun Leipzig'de hukuk eğitimi alması gerekmektedir ve o bu görevini çalışkanca yerine getirir. Ancak asıl büyük akademik sevdası hâlâ astronomidir. Biriktirdiği tüm parayı astronomiyle ilgili araç gereç ve kitaplara yatırır ve kendi gökyüzü gözlemlerini yapmak için geceleri geç saatlere dek ayakta kalmayı (Vedel uyuduğunda daha rahat hareket ettiği için de) alışkanlık haline getirir. Paranın yönetimi Vedel'de olduğu için Tycho tüm harcamalarında ona hesap vermek zorunda olsa da, Vedel'in onun coşkusuna set çektiği nadir görülür ve Tycho'nun astronomi alanındaki gözlem becerisi ve bilgisi hukuk bilgisinden çok daha hızlı bir artış gösterir.

Yıldızların Konumunu Ölçmek

Astronomi bilgisi arttıkça Tycho, en başta kendisine çok etkileyici gelen insanların "yıldızların konumlarını bilme" kesinliğinin aslında o derece etkileyici olmadığını fark etmeye başlar. Örneğin 1563 yılı Ağustosunda Satürn ve Jüpiter gezegenlerinin bir kavuşumu gerçekleşir; bu iki gezegenin gökyüzünde birleşmiş gibi göründüğü nadir görülen bir astronomik olaydır. Bu olay yıldız falcıları için büyük bir önem taşımaktadır, çok sayıda kişi tarafından öngörülmüş ve gerçekleşmesi heyecanla beklenmektedir.[2] Ancak olay 24 Ağustos tarihinde gerçekleştiğinde çizelgelerin çoğundaki öngörüler tahminlerinde tam bir ay yanılmış, içlerinden en iyisi bile en az birkaç gün hatalı sonuç vermiştir. Astronomideki kariyerinin daha en başında Tycho öncellerinin ve o dönemdeki çağdaşlarının kabullenmekte (tembellik ya da antikçağa duydukları aşırı saygı yüzünden) isteksiz göründükleri noktayı dikkate alır ve daha önceki çalışmaların hepsinden daha doğru sonuçlar

[2] Bugün bazı gökbilimciler İsa'nın doğumu sırasında "Betlehem (Beytüllahim) yıldızı" olarak bilinen olgunun benzer bir dizi eşzamanlı olaydan ibaret olduğu düşüncesindedir.

veren gözlemlere ulaşır: Gezegenlerin hareketi ve doğasının doğru bir kavranışı, gezegenlerin sabit yıldızlara göreli devinimlerinin emek harcanması gereken zorlu gözlemleri olmaksızın elde edilemezdi. Henüz 16 yaşında olmasına karşın Tycho hayattaki amacını netleştirmişti. Gezegenlerin hareketini gösteren doğru çizelgeleri elde etmek için tek yol, (Kopernik'in yaptığı gibi) güncel bir tekil gözlemi almak ve bunu o dönem neredeyse zorunlu sayılan biçimde antik çağlarda yapılmış gözlemlere eklemek değil, sürekli ve düzenli gözlemlerde bulunmaktı.

Teleskopun geliştirilmesinden önceki bu dönemlerde gözlem yapmak için kullanılan aletlerin yapılmasının büyük bir beceri, kullanılmasının ondan da büyük bir beceri gerektirdiğini hatırlatalım (bilgisayarlı modern teleskoplarla durum bugün tam tersidir). Tycho'nun 1563'te kullandığı en basit tekniklerden biri gözüne bir pergel yaklaştırmaktı; pergelin bir ayağı bir yıldızı, diğeri de incelenen gezegeni (örneğin Jüpiter'i) gösteriyordu. Bu şekilde ayrılarak ayarlanmış pergelleri kullanma yoluyla kâğıt üzerinde işaretlenmiş uzaklıkları hesaplayarak daha o dönemde gökyüzündeki iki nesnenin açısal ayrılığını tahmin edebiliyordu.[3] Ancak Tycho bu tekniğin sağladığından çok daha kesin sonuçlara ihtiyaç duyuyordu. Her ne kadar kullandığı aletlerin ayrıntıları hikâyemiz açısından belirleyici olmasa da bunlardan biri, Tycho'nun 1564'ün başında kendisine yaptığı çapraz sopa veya radyan anılmaya değer. Bu o dönemde yön bulmada ve astronomide kullanılan standart türde bir aletti; temelde birbirine dik açılı biçimde yerleştirilmiş iki çubuktan oluşur ve ölçekten açısal ayrılıkların tespit edilmesini olanaklı kılacak şekilde yıldız veya gezegenleri sopa parçalarının sonları ile eşleştirecek biçimde aralıklara ayrılmış ve bölünmüştür. Ancak, Tycho'nun çapraz sopasının doğru bir biçimde işaretlenmemiş olduğu ortaya çıkar ve yeniden kalibrelenmesi için de yeterli parası yoktur. (Vedel hâlâ Jörgen Brahe'nin kendisine verdiği vazifeyi yerine getirmeye çalışmakta ve Tycho'yu tüm zaman ve parasını astronomiye harcamaktan alı-

[3] Zamanı tam olarak söylemek de, elbette doğru düzgün saatlerin geliştirilmesinin çok öncesinde olduğumuz 1560'larda karşılaşılan bir diğer büyük sorundu; bilim ve teknolojinin karşılıklı bağımlılığına ilişkin verebileceğimiz çok sayıda örnekten biridir bu.

koymaya çalışmaktadır.) Böylelikle Tycho aletiyle yaptığı gözlemlerde çapraz sopanın verdiği yanlış sonuçlardan doğru ölçüm sonuçlarını okumasını sağlayacak bir düzeltme tablosu hazırlar. Bu, sonraki yüzyıllar boyunca tam sonucu vermeyen araçlarla başa çıkmaya çalışan astronomların izleyeceği yola örnek olur; buna Hubble Uzay Teleskobunda teleskobun ana aynasındaki sapmaları düzeltmek için fazladan bir dizi ayna kullanılarak yapılan ünlü "tamir" de dâhildir.

Görünüş itibarıyla güvenceli bir geleceğe sahip bir aristokrat olarak Tycho'nun diplomasını alma gibi bir formaliteyi yerine getirmesine gerek yoktur ve 1565 yılı Mayıs ayında Leipzig'ten ayrılır (Vedel halen yanındadır), çünkü İsveç ile Danimarka arasında bir savaşın patlak vermesinin ardından amcası eve dönmesi gerektiğini düşünmektedir. Amcasıyla beraberliği kısa sürer. Tycho ayın sonuna doğru Kopenhag'a vardığında, Jörgen Baltıklardaki bir deniz muharebesinden henüz geri dönmüştür. Ancak birkaç hafta sonra kral II. Frederick ve maiyetindeki amiralin dâhil olduğu bir grup Kopenhag kalesinden kente geçiş yaparken kral suya düşer. Jörgen derhal kurtarma girişiminde bulunan kişiler arasındadır ve her ne kadar kral uzun sürecek bir rahatsızlık yaşamasa da, suya dalması nedeniyle Jörgen Brahe soğuk algınlığı nöbeti geçirir, giderek durumu kötüleşir ve 21 Haziran'da da ölür. Ailesinden geri kalanlar (dayılarından bir tanesi hariç) Tycho'nun yıldızlara olan ilgisini onaylamamalarına ve toplumsal konumuna uygun bir kariyer yapmasını tercih etmelerine karşın, Tycho amcasından bir miras edinmiştir ve artık kimse (yeni bir kaçırma da söz konusu olmadığına göre) elini kolunu bağlayabilecek durumda değildir. On dokuzuncu yaş gününün ardından, 1566 yılı başlarında Tycho yola koyulur ve önce Wittenburg Üniversitesine kaydolur, ardından bir süre ara verdikten sonra Rostock Üniversitesinde öğrenim görür ve nihayetinde buradan mezun olur.

Aldığı dersler içerisinde astronomi, kimya (doğrusunu söylemek gerekirse simya) ve tıp vardır, Tycho bir süre yıldız gözlemleri de yapar. İlgilendiği konuların genişliği şaşırtıcı değildir, çünkü bu konular hakkında o kadar az şey bilinmektedir ki bu alanlarda uzman olmaya çalışmanın anlamı yoktur; öte yandan o dönemde astrolojinin etkili olması, örneğin gökyüzünde olanlar ile insan

bedeninin işleyişi arasında güçlü bir bağlantı olduğunun düşünülmesi anlamına gelmektedir.

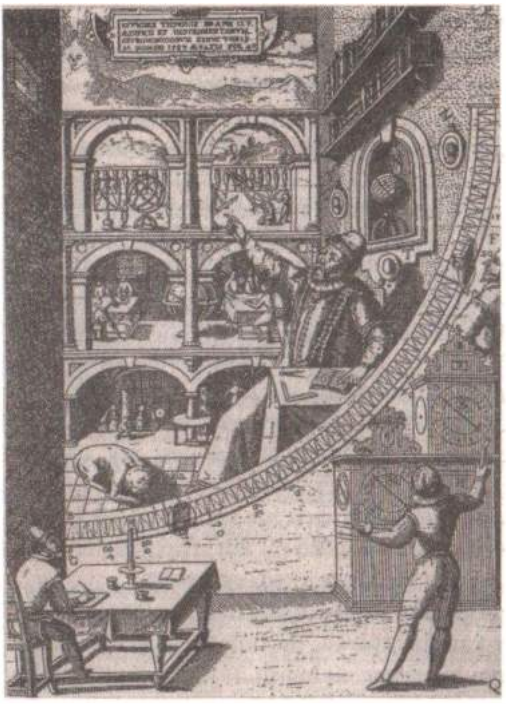
Tycho da dönemindeki birçok insan gibi astrolojiye inanmaktadır ve yıldız falı bakma konusunda beceri edinir. Rostock'a varışının üzerinden fazla zaman geçmeden 28 Ekim 1566'da bir ay tutulması gerçekleşir. Açtığı yıldız falına dayanarak Tycho bu olayın Osmanlı sultanı Muhteşem Süleyman'ın ölümünü haber verdiğini açıklar. Gerçekte bu pek öyle derin bir öngörü sayılmaz, çünkü Süleyman 80 yaşındadır. Hıristiyan Avrupa'da da oldukça tanınan biridir, çünkü Muhteşem lakabını almasını Belgrad, Budapeşte, Rodos, Tebriz, Bağdat, Aden ve Cezayir'i fethetmesine borçlu olduğu gibi, 1565 yılında Malta'ya düzenlenen ve St. John Şövalyeleri tarafından başarıyla püskürtülen büyük saldırıdan da sorumludur. Osmanlı İmparatorluğu Süleyman'ın yönetiminde en iyi dönemini yaşamaktadır ve Hıristiyan Avrupa'nın doğu bölgeleri için büyük bir tehdittir. Rostock'a Sultan'ın gerçekten öldüğü haberi geldiğinde Tycho'nun itibarı müthiş artar; daha sonra ölümün ay tutulmasından birkaç hafta önce gerçekleştiğinin ortaya çıkması ise başarısını bir miktar gölgeler.

Aynı yıl Tycho'nun yaşam öyküsüne ilişkin en bilinen olaylardan biri gerçekleşir. 10 Aralık tarihindeki bir dans partisinde Tycho, Manderup Parsbjeg adlı başka bir Danimarkalı aristokratla ağız dalaşına girer. İkili 27 Aralık'taki Noel partisinde bir kez daha karşılaşır ve tartışma (ne hakkında olduğunu kesin olarak bilmiyoruz ama bir rivayete göre Parsbjerg Tycho'nun zaten ölmüş olan bir Sultan'ın ölümünü öngörmüş olmasıyla dalga geçmiştir) öyle bir noktaya ulaşır ki çözümü için düellodan başka bir yol kalmaz. 29 Aralık akşam saat 7'de hava kararırken (bir kazaya neden olabilecek çok ters bir zaman seçimi) tekrar bir araya gelir ve kılıçlı bir düelloya tutuşurlar. Düello sonucunda net bir kazanan olmaz, ancak Tycho burnunun bir parçasının kopmasına sebep olan bir kılıç darbesi alması sonucunda yaşamının geri kalanında altın ve gümüşten yapılmış özel bir parça kullanarak bu organ eksikliğini gizlemek durumunda kalır. Popüler kaynakların çoğunda ifade edilenin aksine Tycho burnunun ucunu değil, daha üst tarafından kısa ve kalın bir parçayı kaybetmiştir; yanında bir kutu merhem taşır ve rahatlamak için sıkça bu merhemi etkilenen bölgeye sürdüğü görülür.

Aktarılan öykü merak ihtiyacını giderme değerinin yanı sıra, Tycho'yu artık yirminci yaş gününü arkasında bırakmış, sahip olduğu becerilerin farkında, kendini beğenmiş ve temkinlilik yolunu izlemeye pek de istekli olmayan, delifişek bir genç olarak doğru biçimde betimlediği için değerlidir. Bu kişilik özellikleri su yüzüne çıktıkça yaşamının devamında hasarlı bir burundan daha büyük acılara da sebep olacaktır.

Rostock'ta kaldığı süre içerisinde Tycho doğup büyüdüğü toprakları birkaç kez ziyaret eder. Her ne kadar astronomi gibi ilgi duyduğu alanlarla uğraşmakla doğru yolda olduğu konusunda ailesini ikna etmekte başarısız olsa da, bilgili bir insan olarak toplumsal ünü artmaya devam etmektedir. 1568 yılının 14 Mayısında, halen kral olan II. Frederick'ten Seeland'daki Roskilde katedralinde boşalacak ilk papazlık görevine atanacağı yönünde resmi bir vaat alır. Kilisede reform hareketi otuz yıl önce 1536 yılında hayata geçmiş ve Danimarka sadık bir protestan çizgi izlemektedir; daha önce katedrallerdeki papazlara ayrılan bütçe şimdi bilim insanlarına aktarılmaktadır. Bu "ilim adamlarına" halen "papaz" adı verilmekte ve katedral bünyesinde yaşamlarını sürdürmektedirler, ancak dinsel görevleri yoktur ve atamalar tamamıyla kralın yetkisi altındadır. Frederick'in teklifinin Tycho'nun "ilim adamı" olarak potansiyelinin bir göstergesi olduğuna kuşku yoktur, ancak teklifin bu kadar genç bir insana yapılmasındaki cömertliğin Tycho'nun amcasının Kral'ın hizmetinde vefat etmiş olmasıyla bağlantısı da kurulabilir.

Rostock'taki çalışmalarını tamamlayıp geleceğini de kendisine sunulmuş papazlık teklifiyle garanti altına aldıktan sonra, 1568 yılının ortasında Tycho kendini yeniden yollara vurur. Önce bir kez daha Wittenburg'u ziyaret eder, oradan Basel'e geçer, ardından 1569 yılının başında Augsburg'a yerleşir ve burada gözlemler yapmaya başlar. Çalışmalarında kuadrant adı verilen kendisine özel yapılmış dev bir açıölçer aleti kullanmaktadır. Aletin yarıçapı yaklaşık altı metre olduğu için çember kenarları yay derecesi cinsinden kesin gözlem sonuçları elde edilecek şekilde ölçülebilmektedir. Alet 1574 yılındaki bir fırtınada tahrip olana dek beş yıl boyunca arkadaşlarından birisinin arazisindeki bir tepenin üzerinde kurulu kalacaktır. Ancak Tycho babasının ağır hasta ol-



7. Tycho'nun dev açıölçeri, 1569

duğu haberini alması üzerine 1570 yılında Augsburg'u terk ederek tekrar Danimarka'ya döner. Buna rağmen yaşamını adadığı çalışmasından vazgeçmez ve aynı yılın Aralık ayının sonunda bu kez Helsingborg kalesinde gözlemlerine devam eder.

Otto Brahe 9 Mayıs 1571'de henüz 58 yaşındayken ölür ve Knudstrup'taki mülkünü en büyük iki oğlu Tycho ve Steen'e miras bırakır. Tycho annesinin erkek kardeşi olan ve yine Steen adını taşıyan dayısının yanına yerleşmeye karar verir. Dayısı geçmişte ailesinde onun astronomiyle ilgilenmesine destek olmuş olan tek kişi ve Tycho'nun aktarımına göre büyük ölçekli kâğıt yapımı ve cam üretimini Danimarka'ya taşıyan ilk kişidir. 1572 yılının sonuna dek, muhtemelen bu daha yaşlı olan Steen'in etkisiyle Tycho astronomiye olan ilgisinden vazgeçmemekle birlikte kendisini

esasen kimyasal deneylere adar. Ancak yaşamı 11 Kasım 1572 akşamı evrenin sağlayabileceği en dramatik olaylardan birinin sonucunda bir kez daha değişecektir.

Tycho'nun Süpernovası

O akşam Tycho laboratuarından evine dönüşü esnasında gökyüzündeki yıldızlara bakarken, kuzeyin gökyüzünün özgün görünümünün bir parçası olan W şeklindeki takımyıldızı Cassiopeia'da bir gariplik olduğunu fark eder. Takımyıldızında fazladan bir yıldız vardır. Dahası bu yıldız diğerlerinden de daha parlaktır. Bu durumun Tycho'da ve onun çağdaşlarında yaratacağı etkiyi anlayabilmek için o dönemde yıldızların kristal bir küre veya kubbeye bağlı sabit, baki ve değişmeyen ışıklar olarak görüldüğünü unutmayalım. Takımyıldızların sonsuza dek değişmeden aynı kalmaları, göklerin kusursuzluğu kavrayışının da bir parçasıydı. Karşımızdaki gerçekten yeni bir yıldız olsaydı bu mükemmellik gölgelenirdi ve bir kez göklerin kusurlu olduğunu kabul etseniz, kim bilir bu işin ucu nereye kadar giderdi?

Yine de tek bir gözlem Tycho'nun gördüğünün yeni bir yıldız olduğunu kanıtlamıyordu. Bu örneğin kuyrukluyıldız gibi daha alt düzeyde bir nesne olabilirdi. O dönemde kuyrukluyıldızların dünya yüzeyinden biraz yukarıda, ay kadar bile uzakta olmayan bir yakınlıkta (her ne kadar atmosfer en az aya kadar uzansa da) gerçekleşen atmosferik olaylar olduğu düşünülürdü. Kesinleştirmenin yolu, cismin Cassiopeia'ya yakın yıldızlara göre konumunu ölçmekten geçiyordu; böylece konumunun bir kuyrukluyıldız veya meteor gibi değişip değişmediğini ya da bir yıldız gibi hep aynı yerde durup durmadığını görmek mümkün olabilirdi. Şansına Tycho yeni bir sekstantın inşasını henüz tamamlamış durumdaydı ve izleyen gecelerde bulutlar ne zaman dağılsa bu yeni yıldızı gözlemlemeye koyulabiliyordu. Cisim gökyüzünde on sekiz ay boyunca görülebildi ve tüm bu süre boyunca diğer yıldızlara göreli hareketi gerçekleşmedi. Bu yeni yıldız başlangıçta Venüs kadar parlaktı ve gün ışığında bile görülebiliyordu, ancak 1572 yılının Aralık ayından itibaren giderek soluklaşmaya başladı. Elbette yıldızı gören birçok başka kişi daha oldu ve 1573 yılında onun önemi

hakkında birçok fantastik açıklama da ortalıkta dolanmaya başladı. Tycho da olaya dair kendi açıklamasını kaleme aldı. Başlangıçta yazdıklarının basılması konusunda isteksiz olmasına karşın (bunun nedeni muhtemelen gökyüzündeki kusursuzluğa gölge düşürülmesinin uyandıracağı tepkiyi düşünmesiydi; bir diğer nedeni de yıldızın halen gözle görülebilir olması ve çalışmasının bu yüzden tam anlamıyla tamamlanmamış olmasıydı, keza soylu bir adamın bu tarz çalışmalara kalkışması da uygunsuz görülecekti), Kopenhag'daki dostları onu kamuoyunda yayılan yanlışların karşısına doğruyu çıkarmak için bunu yapması gerektiğini yönünde ikna ettiler. Sonuç 1573 yılında çıkan ve astronomiye nova[4] sözcüğünü kazandıran *De Nova Stella* [*Yeni Yıldız*] adında kısa bir kitap oldu. Kitapta Tycho cismin bir kuyrukluyıldız veya meteor olmadığını ve sabit yıldızların "kubbesine" dâhil edilmesi gerektiğini gösterdi, novanın astrolojik önemini (genel ve muğlâk kavramlar kullanarak) ele aldı ve MÖ 125 yılı civarında gökyüzünde Hipparkos tarafından görüldüğü belirtilen bir cisimle karşılaştırmasını yaptı.

Avrupa karışıklık içinde olduğundan o dönemde gökyüzünde görülen herhangi bir cismin astrolojik önemini tespit etmek oldukça kolay olmaktaydı. Reform hareketinin çıkışındaki başarısının ardından Katolik kilisesi ona karşı savaşında özellikle Avusturya ve güney Alman devletlerindeki Cizvitler aracılığıyla karşılık vermekteydi. Fransa'da Protestan Huguenotlar bugün Fransız Din Savaşları olarak adlandırılan iç bölgelerdeki çatışmalarda ağır yenilgilere uğruyor ve Hollanda'da İspanyollar ile bağımsızlık savaşçıları arasında kanlı çatışmalar sürüyordu. Tycho'nun tüm bu kargaşa içerisinde ortaya çıkan yeni bir yıldız hakkında bir kitap yazarken astrolojiye hiç dümen kırmaması söz konusu olamazdı. Yine de *De Nova Stella*'daki temel tespitler açıktı: Cisim sabit yıldızlar arasında bir yıldızdı ve hakiki bir yeni yıldız olarak görülmesi için gereken tüm ölçütlere uyuyordu. Gök cismini inceleyen

[4] Bugün biri parlak ve görece sık görülen, diğeri ilkinden çok daha parlak ve çok daha nadir görülen iki tür "yeni yıldız" olduğunu biliyoruz. Süper parlak novalara tahmin edilebileceği üzere süpernova deniyor. 1572 yılındaki yeni yıldız da aslında süper parlak cisimlerden biriydi ve bugün süpernova olarak değerlendirilmektedir. Ancak Tycho'nun zamanında daha ziyade önem taşıyan yönü onun parlaklığı değil yeni olmasıydı.

başka birçok astronom oldu (konumu Tycho'ya çok benzeyen Thomas Digges de bunlardan biriydi) ancak Tycho'nun ölçümleri açık arayla en kesin ve güvenilir olanlardı.

Hikâyemizde bir ironinin varlığından da söz etmeliyiz. Tycho, eğer dünya gerçekten güneşin etrafında dönüyorsa gerçekleşmesi beklenen paralaks kaymasının izini bulabilmek için yıldız üzerinde çok yoğun bir çalışma yürüttü. Çok dikkatli bir gözlemci olmasının yanı sıra oldukça da hassas gözlem araçları inşa etmiş olduğu için bunun paralaks (ıraklık açısı) için o güne dek yapılmış en duyarlı araştırma olduğunu söyleyebiliriz. Tycho paralaksın varlığına dair herhangi bir kanıt bulamadı ve bu onu dünyanın sabit olduğuna ve yıldızların onun etrafında kristal küre üzerinde döndüğüne ikna eden önemli bir etmen oldu.

Günümüzde kimi zaman Tycho yıldızı veya Tycho süpernovası olarak da adlandırılan yeni yıldız üzerine yazdığı kitabın hemen ardından Tycho'nun yaşamında büyük bir dönüşüme rastlanmadı. Ancak 1573 yılında yaşamında kişisel nedenlerle büyük bir değişim gerçekleşti. Kalıcı bir evlilik dışı ilişkiye girdi ve Christine (veya Kirstine) adında bir genç kadınla birlikte yaşamaya başladı. Christine hakkında halktan bir kimse olduğu haricinde pek az şey biliniyor; bazı kayıtlara göre bir köylü kızı, bazılarına göre de bir papazın kızı, başka bazı kayıtlar da Knudstrup'ta bir hizmetçi olduğunu söylüyor. Muhtemelen toplumsal konum farkından dolayı çiftin resmi evlilik töreni hiç gerçekleşmedi. Öte yandan 16. yüzyılda Danimarka'da böyle bir tören isteğe bağlı bir yön de taşıyordu, çünkü yasalara göre eğer bir kadın bir erkekle açıkça yaşıyor, anahtarlarını taşıyor ve masasında yemek yiyorsa üç yıl sonra karısı oluyordu. Bir şüphe doğmaması için Tycho'nun ölümünün ardından bazı akrabaları çocuklarının gayrı meşru olmadığını ve annelerinin Tycho'nun karısı olduğunu bildiren yasal bir açıklama da imzaladılar. Resmi statüsü ne olursa olsun evlilikleri mutlu ve başarılıydı, erişkinliğe ulaşan dört kız ve iki erkek çocuğun yanı sıra bebekken ölen iki çocukları daha olmuştu.

1574 yılında Tycho zamanının bir bölümünü yine gözlemlerine ayırıyordu ancak o yılın çoğunu kralın buyruğu altında Kopenhag'ta üniversitede dersler vererek geçirdi. Bu kraliyet talebinin de gösterdiği üzere ünü halen artmaya devam ediyor olsa

da Danimarka'daki koşullardan memnun değildi ve yurtdışına çıkacak olursa çalışmalarına daha fazla destek bulabileceğini düşünüyordu. 1575 yılında yaptığı çok sayıda yolculuğun ardından Basel'e yerleşmeye karar verdi ve taşınma öncesinde işlerini ayarlayabilmek için aynı yılın sonunda Danimarka'ya döndü. Artık kraliyet çevrelerinde Tycho'nun varlığının Danimarka'nın saygınlığını yükselttiği yönünde bir farkındalık oluşmuştu ve kendisine zaten sempati duymakta olan kral şimdi bu ün kazanmış gökbilimciyi evinde tutmak için bir şeyler yapma zorunluluğunu hissetmekteydi. Tycho kraliyet kalelerinden birisine yerleşmesi yönündeki pek az kimsenin geri çevireceği öneriyi, bu durumda yönetsel görev ve sorumluluklar da beraberinde geleceği için muhtemelen akıllıca davranarak reddetti. Kral Frederick yılmadan bu kez Tycho'ya Kopenhag ile Elsinore arasındaki boğazda yer alan Hveen adındaki küçük bir adayı verme fikrini gündeme getirdi. Teklif adada kraliyet hazinesinden uygun bir evin inşa edilmesini ve düzenli bir geliri de içermekteydi. Bu Tycho'nun reddemeyeceği bir teklifti ve 22 Şubat 1576'da ileride gözlemlerinin çoğunu gerçekleştireceği bu adaya ilk ziyaretini gerçekleştirdi ve aynı akşam adada Mars ile ayın kavuşmasının gözlemini yapma şansını buldu.[5] Adayı Tycho'ya veren resmi evrak kral tarafından 23 Mayıs'ta imzalandı. 29 yaşındaki Tycho'nun geleceği artık güvence altında görünmekteydi.

Frederick tahtta kaldığı sürece Tycho gözlemevini işletirken büyük bir özgürlüğe sahip olmanın tadını çıkardı. Ada küçüktü (biçimi dikdörtgene yakın ve en uzun köşegeni kıyıdan kıyıya sadece beş kilometre kadardı) ve adanın Tycho'nun eviyle gözlemevinin inşa edildiği en yüksek noktası deniz seviyesinden sadece 50 metre yüksekteydi. Ama önemli olan yerleşirken paranın sorun oluşturmamasıydı, maaşının yanı sıra Tycho'ya ada dışında da başka araziler bahşedilmişti. Bu topraklardaki derebeylik görevlerini tiksinerek reddetmişti ve bu ileride sorunlar yaratmaya gebeydi, ancak başlangıçta hiçbir sorumluluk üstlenmeden bütün kazanımları toplamışa benziyordu. Hâttâ 1579 yılında uzun za-

[5] Kavuşma (ya da kavuşum) bir astronomik cismin diğerinin önünden (ya da arkasından) geçmesidir; güneş tutulması ise ayın güneşin önünden geçtiği kavuşumdur.

mandır sözü verilmiş olan papazlık makamına da nihayet erişti. Gözlemevine astronomi tanrıçası Urania'dan esinlenilerek Uraniborg adı verildi ve yıllar geçtikçe gözlem galerileri, kütüphanesi ve çalışmalarıyla önemli bilim kuruluşlarından biri haline geldi. Kullanılan araç gereçler parayla satın alınabileceklerin en iyisiydi ve gözlem çalışmaları gelişip giderek daha fazla asistan Tycho'yla beraber çalışmak için adaya yerleştikçe yanına ikinci bir gözlemevi daha inşa edildi. Tycho kitaplarının ve astronomik verilerinin (ve hiç de fena sayılamayacak şiirlerinin) basımını sağlamak için Uraniborg'da bir matbaa kurdu; ardından kâğıt elde etmede sıkıntılarla karşılaşınca bunu bir kâğıt imalathanesinin yapımı izledi. Ancak Uraniborg'un modern bir gözlemevi ve teknolojik bir kampüs olduğu fikrine sıçramakta da fazla acele etmeyelim. Tycho'nun mistisizmi gökyüzünün yapısından esinlenilmiş binaların mimarisine bile yansıyordu.

Tycho Kuyrukluyıldızı Gözlemliyor

Tycho'nun adasında sonraki yirmi yıl boyunca yaptığı çalışmaların çoğu hiçbir önem taşımamaktaydı, çünkü bunlar gezegenlerin konumlarını sabit yıldızlara göre tekrar tekrar, sıkıcı biçimde, her gece yeniden ölçme ve sonuçları değerlendirme çalışmalarından ibaretti. Yapılmaya soyunulan işi biraz daha açarsak; güneşin hareketlerini takımyıldızlar "üzerinden" tam olarak izlemek dört yıl, Mars ve Jüpiter'in her biri on iki yıl, Satürn'ün yörüngesini saptamak otuz yıl sürecektir. Tycho gözlemlerine on altı yaşından itibaren başlamış olsa da, ilk dönemdeki ölçümleri tamamlanmamış ve şimdi yapabileceklerine göre daha az kesindir; üzerinden yirmi yıl geçtiğinde bile Hveen, eldeki iş için zar zor yeterli olacaktır. Bu çalışma Johannes Kepler Tycho'nun ölümünden yıllar sonra gezegenlerin yörüngelerini açıklamak için Tycho'nun cetvellerinden faydalanana dek meyvesini vermeye başlamayacaktır. Her şeye karşın 1577 yılında rutin çalışması esnasında Tycho parlak bir kuyrukluyıldız gözlemledi. Kuyrukluyıldızın nasıl hareket ettiğine ilişkin yaptığı dikkatli analiz, ilk kez kesin ve net bir biçimde bunun yerel, dünyaya aydan daha yakın bir olay olamayacağını, kuyrukluyıldızın gezegenlerin yörüngelerinden geçerek gezegen-

lerin arasında ilerlemek zorunda olduğunu kanıtladı. 1572 yılındaki süpernova gözlemi gibi bu da gökler hakkındaki eski fikirleri boşa çıkartan bir darbeydi; bu kez kristal küreler mefhumu yıkılmaktaydı, çünkü kuyrukluyıldız bu kürelerin olması gerektiği yerlerin tam içerisinden geçmekteydi.

Paris ve Londra'da aynı ayın başında gözlemlenmiş olmasına karşın Tycho kuyrukluyıldızı ilk olarak ancak 13 Kasım 1577'de görür. Diğer Avrupalı gözlemciler de kuyrukluyıldızın gezegenler arasında hareket etmesi gerektiğini hesaplarlar, ancak Tycho'nun gözlemlerinin herkesten daha kesin sonuçlar vereceği genel kabul görmektedir ve çağdaşlarının çoğunun kafasında konuyu ilk gündeme getiren ve kanıtlayan onun çalışması olmuştur. Sonraki birkaç yıl içerisinde bazı başka, daha az parlak kuyrukluyıldız daha incelenmiş ve onun vardığı sonuçlar doğrulanmıştır.

Tycho'nun Evren Modeli

Kuyrukluyıldız çalışmaları ve süpernovayla ilgili önceden yaptığı gözlemler Tycho'ya kapsamlı bir eser yazma konusunda cesaret verir, *Astronomiae Instauratae Progymnasmata* [*Yeni Astronomiye Giriş*] 1587 ve 1588 yıllarında iki cilt olarak basılır.[6] Bu kitabında kendi evren modelini geliştirir. Bu model modern gözle baktığımızda bize geri bir adım olarak görülebilir, çünkü Ptolemaios sistemi ile Kopernik sistemi arasında bir yerdedir. Ancak Tycho'nun modelinde çığır açıcı bazı öğeler de vardır ve model genelde gösterilenden daha fazla saygıyı hak etmektedir.

Tycho'nun düşüncesine göre dünya evrenin merkezinde sabitti ve güneş, ay ve sabit yıldızlar dünyanın etrafında dönmekteydi. Güneş beş gezegenin yörüngelerinin merkezinde olarak betimlenmekteydi, Merkür ve Venüs dünyanın etrafında dönen güneşin yörüngesinden daha küçük yörüngelerde hareket etmekteydiler, Mars, Jüpiter ve Satürn ise güneşi merkez alan, ancak hem güneşi hem de dünyayı yörüngesi içerisinde kapsayan yörüngeler

[6] "Basım" derken kitabın önemli bir bölümü Hveen'de çoğaltma biçiminde basılır. Sadece birkaç kopya Tycho'nun o dönemde bağlantıda olduğu kimi insanlara ulaştırılır. Tam baskı ancak 1603 yılında Johannes Kepler'in editörlüğünde yapılacaktır.

çizmekteydi. Sistem ilmekler ve taşıyıcılardan kurtulmuştu ve güneşin hareketinin neden gezegenlerin hareketiyle karıştırıldığını açıklamıştı. Ayrıca dünyayı gezegen yörüngelerinin merkezi olmaktan çıkartarak Tycho, sabit yıldızların Tycho'nun modelinde bizden sadece 14.000 dünya yarıçapı uzaktaki varsayılan konumlarına ulaşana dek olan boşluğun çoğunu doldurmuştu. (Elbette paralaks problemi de yoktu, çünkü bu modelde dünya hareket etmemekteydi.) Ancak tüm bu çalışmadaki gerçekten önemli ve modern fikir Tycho'nun yörüngeleri kristal küreler gibi fiziksel bir şeyle bağlantılı olarak ele almaması, onları aslen gezegenlerin hareketini açıklayan geometrik ilişkiler olarak görmesidir. Bu şekilde ifade etmemiş olsa da o gezegenleri boş uzayda desteksiz asılı olarak düşünen ilk gökbilimcidir.

Ancak başka yönlerden Tycho bundan daha az moderndi. "Fiziksel saçmalık" dediği dünyanın hareket etmesi fikrini kabul edememiş ve eğer dünya kendi ekseni etrafında dönüyor olsaydı, yüksek bir kuleden atılan bir taşın düşerken altındaki dünya hareket edeceği için kule dibinden uzağa düşmesi gerektiğine inanmıştı. O dönemde bu düşünceler Katolik kilisesince yok sayılırken (henüz Bruno bu fikirlere muhalefetlerini körüklememişti) Kopernik sistemine en düşmanca karşı çıkışların halen Kuzey Avrupa'nın Protestan kiliselerinden geldiğini belirtmekte fayda var. Dinsel hoşgörü on altıncı yüzyıl Danimarka'sının sahip olduğu bir özellik değildi ve konumu büyük oranda kralın himayesine bağlı olan birinin, inanıyor olsa dahi (ki Tycho'nun inanmadığı açıktır) Kopernikçi düşünceleri savunması için deli olması gerekirdi.

Rutin (bilim açısından önemli ancak nihayetinde anlatması sıkıcı) gözlemler sürerken Tycho'nun Hveen'deki konumu, tam kitabı basılırken 1588 yılında II. Frederick'in ölümüyle tehlikeye girdi. Frederick'in takipçisi oğlu Christian kral öldüğünde sadece 11 yaşındaydı ve Danimarkalı asiller o 20 yaşına gelene dek koruyucu olarak hizmet etmek üzere aralarından dört kişi seçtiler. Başlangıçta hükümetin Tycho'ya olan tavrında fazla bir değişiklik yoktu, hâttâ o yıl gözlemevinin inşasında girdiği borçları karşılamak üzere fazladan ödeme yapıldı. Hveen'deki son yıllarında Tycho büyük bir ulusal değer olarak kabul görmekteydi ve Kral Christian'ın kızkardeşlerinden biri olan Anne'la evlenmek için

İskandinavya'ya gelen İskoçya kralı VI. James'in de (sonradan Elizabeth'in ölümüyle İngiltere kralı I. James olacaktır) içlerinde yer aldığı çok sayıda seçkin ziyaretçiye ev sahipliği yapmaktaydı. İkili birbirlerine ısındılar ve James Tycho'ya İskoçya'da basılacak tüm çalışmalarının otuz yıllık yayın hakkı gelirini bahşetti. Diğer ziyaretçiler bu kadar kafa dengi değildi elbette ve Tycho'nun becerilerini sergileyen kaniş köpek rolünü oynamaktan pek fazla haz duymadığı da açıktı. Beğenmediği ziyaretçilere sergilediği kaba davranışlarla ve alt sınıftan gelme, resmi nikâhsız karısına masada onur konuğu muamelesi göstererek protokol kurallarını hafife almasıyla soylular sınıfından bazı üyeleri gücendirmekten çekinmedi. Tüm nedenleri bilmesek de Tycho'nun 1591 gibi erken bir tarihten başlayarak Hveen'deki çalışmasıyla ilgili düzenlemelerden rahatsızlık duymaya başladığını, bir dostuna yazdığı mektupta çalışmalarına çözmeyi umut ettiği bazı hoş olmayan engeller getirildiğini ve buna ilişkin "cesura her yer vatan ve gökler başımızın üstünde her yerdedir"[7] yorumunu yaptığını görüyoruz. Tycho ayrıca arazilerindeki kiracılardan bazılarıyla sürtüşmeler yaşadı ve mülkiyetindeki kiliselerden birinin bakımını ihmal etmesi nedeniyle de yönetici Konsey'le başı derde girdi. Ancak dikkat dağıtıcı bu sorunların hiçbiri gözlem çalışmalarını etkilemedi. Çalışmaları içerisinde sabit yıldızların konumlarıyla ilgili dev bir katalog da yer almaktaydı; Tycho'nun ifadesine göre 1595 yılında gözlemlenen sabit yıldız sayısı bini bulmuştu, daha sonra bunlar arasındaki en iyi konum tespitlerinden sadece 777 tanesi Tycho'nun *Progymnasmata*'sının Kepler baskısında yer alacaktı.

Bir yıl sonra Kral IV. Christian tahta geçti ve aradan uzun süre geçmeden de varlığını hissettirmeye başladı. Christian tüm devlet harcamalarında tasarruf yapılması gerektiği düşüncesindeydi ve ilk yaptığı işler arasında Tycho'dan II. Frederick döneminde bahşedilen arazilerin mülkiyet haklarını geri almak da yer aldı. Tycho'nun hükümdarlık çevrelerindeki dostlarından çoğu o dönemde ölmüştü (Tycho da 50 yaşına yaklaşmaktaydı) ve Kral Uraniborg'un uzun zaman önce kurulmuş olması ve sorunsuz işlemesinden yola çıkarak bütçesinin azalmasına karşılık kurumsal işleyişte bir aksama

[7] Dreyer'dan alıntılanmıştır. Aksi belirtilmedikçe bu bölümdeki alıntıların tümü aynı kaynaktandır.

olmayacağı düşüncesinde pek de haksız sayılamazdı. Ancak Tycho kendisine sınırsız müsamaha gösterilmesine alışkındı ve gelirindeki azalmayı kendisine karşı yapılmış bir hakaret ve çalışmalarına karşı bir tehdit olarak algıladı. Uraniborg'u çok sayıda asistan, baskıcı, kâğıt ustası vb çalışanıyla istediği düzeyde elinde tutamayacaksa, ona hiç sahip olmamayı yeğleyecekti.

1597 yılının Mart ayında kral Tycho'nun yıllık maaşında kesintiye gittiğinde ipler koptu. Halen sahip olduğu mülkler sayesinde zengin bir adam olmasına karşın, Tycho bunu bardağı taşıran son damla olarak gördü ve derhal taşınma planları yapmaya başladı. Nisan 1597'de adadan ayrıldı, birkaç ay Kopenhag'ta kaldıktan sonra yola düştü ve ilk durak olarak Rostock'a maiyetindeki yaklaşık yirmi kişi (öğrenciler, asistanlar vs), en önemli taşınabilir araç gereçleri ve baskı makinesiyle birlikte yerleşti.

Burada Tycho anlaşılan bir tereddüt yaşadı ve Kral Christian'a kendince anlaşma öneren bir mektup kaleme alarak mektupta birçok başka konunun yanı sıra çalışmasına Danimarka'da devam etme olanağına sahip olursa "bunu reddetmeyeceği" ibaresini de ekledi. Ancak bu durumu daha da kötüleştirdi. Christian Tycho'nun yüksek perdeden konuşmasına, Kral'a kendisinin dengiymişcesine muamele etmesine, üstüne üstlük bir de söz konusu kibirli ifadesinde Tycho'nun kraliyetten gelecek bir talebi reddetme olasılığı olduğunu imlemesine alındı. Şöyle yanıt verdi: "Sanki siz kadın ve çocuklarla başkalarından dilenmezseniz biz veya krallığımız harcamaların altından kalkamayacak kadar fakirmişiz gibi, sizin başka prenslerden yardım aramaya başladığınızı öğrenmek bizim için çok can sıkıcı olmuştur. Mademki durum budur, bizim için bunu böyle bırakmak ve sizin ülkeyi terk edip etmediğinizi dert edinmemek icap eder." Bu noktada Christian'a genelde gösterilenden daha fazla sempatiyle yaklaştığımı ve Tycho kadar kibirli olmayan bir bireyin kralla Hveen'i terk etmeye gerek kalmadan bir anlaşmaya varabileceğini düşündüğümü eklemeliyim. Ancak Tycho'dan daha az kibirli bir birey de genel bir tutum olarak yetinmeci davranır ve asla bu kadar büyük bir astronom olamazdı.

Eviyle arasındaki tüm gemileri yakmasının ardından Tycho Hamburg yakınlarındaki Wandsbeck'e yerleşti ve bir yandan çalışmaları için kalıcı bir yer arayışını sürdürürken diğer yandan da

gözlem programını bıraktığı yerden sürdürdü (nihayetinde gökler başımızın üstünde her yerdedir). Bu sırada siyasete oranla bilim ve sanata çok daha fazla ilgi duyan bir adam olan Kutsal Roma İmparatoru II. Rudolph'tan davet aldı. Rudolph'un öncelikleri Tycho için iyi belki ama orta Avrupa'nın çoğu için kötüydü, çünkü siyasetçi olarak zayıflıklarının da etkisiyle (bazı tarihçiler onun deli olduğu düşüncesindedir) Rudolph'un hükümdarlığı Otuz Yıl Savaşlarının yolunu açtı. Tycho ailesini Dresden'de bırakarak 1599 yılı Haziran ayında imparatorluğun başkenti Prag'a ulaştı. İmparator'la görüşmesinin ardından İmparatorluk Matematikçisi ilan edildi, kendisine iyi bir gelir bağlandı ve gözlemevini kurmak için de üç kale önerildi. Tycho Prag'ın 35 kilometre kuzeydoğusundaki Benatky'yi seçti ve kentten içinde bir rahatlamayla ayrıldı. Dönemin kayıtlarından birinde kentin duvarları şöyle betimlenmektedir:

> Kuvvetli sayılmaz, zaten Türkleri püskürten sokakların pis kokusu... bu yüzden güçlendirilmelerini beklememek gerekir. Sokaklar pis, yine de büyük pazar alanları var, evlerin bazıları taştan yapılmış ancak çoğu ahşap ve kilden, güzellik ve sanat kaygısından uzak inşa edilmiş, duvarların hepsi ormandan geldiği şekliyle kullanılan ağaç malzemeden yapılmış ve ağaçların kabukları kaba bir biçimde her iki taraftan görülebiliyor.

Uraniborg'daki huzurlu ve rahat ortamdan çok uzak bir tabloydu bu. Bu yüzden Tycho'nun 1599 yılının sonuna doğru taşradaki gözlerden uzak bir İmparatorluk konutunda olası bir veba salgınına yakalanmamak için birkaç hafta geçirmiş olması şaşırtıcı sayılmamalı. Tehlike ortadan kalkıp ailesi Dresden'den yanına gelince Tycho kaleye yerleşmeye başladı, Hveen'deki dört büyük gözlem aletini alıp getirmesi için de büyük oğlunu tekrar Danimarka'ya yolladı. Aletleri Benatky'ye getirmek uzun zaman aldı, ayrıca uygun bir gözlemevi haline getirilebilmesi için kalede bazı değişikliklerin yapılması gerekmekteydi. Artık ellili yaşlarına varmış Tycho'nun ölümüne kadar sahip olduğu kısa süre içerisinde burada önemli gözlemler yapmaya fırsatının olamaması şaşırtıcı değildir. Öte yandan yaşamı boyunca yürüttüğü çalışmaların kendisinden sonraki gökbilimciler kuşağının en yetenekli

üyesi olan Johannes Kepler tarafından olabilecek en uygun şekilde kullanılmasını sağlayacak olan bir mektuplaşmaya henüz Prag'a varmadan önce başlamıştır.

Johannes Kepler: Tycho'nun asistanı ve mirasçısı

Kepler, Tycho'nun hayata bir adım önde başlamasını sağlayan doğuştan gelme ayrıcalıkların hiçbirine sahip değildi. Her ne kadar zamanında soyluların içerisine girmiş ve arma sahibi olmuş bir aileden gelse de Johannes'in dedesi Sebald Kepler aslen bir kürkçüydü ve memleketi Nüremberg'ten Almanya'nın güneyindeki Stuttgart'a yakın Weil der Stadt'a 1520'li yıllar civarında taşınmıştı. Sebald başarılı bir zanaatkârdı ve bir dönem belediye başkanı (burgomeister) olarak da hizmet edecek şekilde toplumda yükseldi. Bu Katoliklerin ağırlıkta olduğu bir kentte bir Lutherci için sıradan bir başarı sayılamazdı; Sebald çalışkan bir insan ve derneğin önde gelen bir üyesiydi. Aynısını en büyük oğlu Heinrich Kepler için söylemek zordu; yaptığı tek düzenli iş hangi prens kiralamak istiyorsa onun hizmetinde paralı asker olarak çalışmak olan bir ayyaş ve serseriydi. Genç yaşında Katherine adındaki bir kadınla evlendi ve ikili Heinrich'in küçük kardeşleriyle paylaştıkları bir eve yerleştiler. İyi bir evlilik değildi bu. Heinrich'in hataları bir yana, Katherine de beraber yaşanması zor, kavgacı bir tipti, ayrıca şifalı otlar içeren bitkisel ilaçların iyileştirme kuvvetine büyük inancı olan birisiydi. Bu o dönemde sık rastlanan, ancak nihayetinde cadılık şüphesiyle hapsedilmesine neden olacak ve Johannes'e büyük üzüntü verecek olan bir inançtı.

Johannes sorunlu ve yalnız bir çocukluk geçirdi (tek kardeşi Christoph ondan çok küçüktü). 27 Aralık 1571 tarihinde doğdu, babası Hollanda'yla savaşmak üzere evi terk ettiğinde Katherine de onun peşi sıra giderek kendisini büyükbabasının evine bıraktığında daha 2 yaşındaydı. Heinrich ve Katherine'nin 1576 yılında dönmesinin ardından aile Württemberg dükalığındaki Leonberg'e taşındı. Ancak 1577 yılında Heinrich yeniden savaşa gitti. Dönüşünde birçok işte şansını denedi, bunların arasında 1580 yılında bu kez Ellmendingen kentinde içkicilerin gözde işi olan taverna işletmek de vardı. Elbette tüm parasını kaybetti. En sonunda He-

inrich bir kez daha paralı askerliğe başvurdu ve bu kez ailesinden bir daha geri dönmemek üzere ayrıldı. Sonunun ne olduğu bilinmiyor, İtalya'ya bir deniz seferine katılmış olması muhtemel; ancak şu kesin ki ailesiyle bir daha görüşmedi.

Tüm bu kargaşa içerisinde Johannes evden eve, okuldan okula savruldu (ama en azından ailesi sosyal basamaklarda –Württemberg Dükü tarafından ayrılan fondan gelen bursların yardımıyla– kendisinin okula gidebileceği kadar yüksekteydi). Bahtı yeterince kapalı değilmiş gibi, dedesinin yanında kalırken çiçek hastalığına tutuldu ve bu hastalık onu yaşamının geri kalanında, Tycho gibi gökleri gözleyen bir insan olmasını engelleyecek bir göz bozukluğuna mahkûm etti. Ancak hastalıktan beyni etkilenmemişti ve ailesi her taşındığında okul değiştirdiği için sıkça geri kalmasına rağmen 7 yaşında Leonberg'deki yeni Latin okullarından birine kabul edildi. Bu okullar Reform hareketinin ardından kurulmuştu ve kilisede ya da devlet yönetiminde görev alacak erkeklerin eğitimini temel hedef olarak belirlemişti; okullarda dönemin tüm eğitimli insanlarınca kullanılan dili öğrencilere belletmek için sadece Latince konuşuluyordu. Yaşadığı kesintiler sonucunda üç yılda tamamlanabilecek derslerin tümünden geçmesi Johannes'in beş yılını aldı. Ancak sonuç itibarıyla bir Latin okulundan mezun olmuştu ve zeki, genç bir adam için fakirlikten ve çalışmayla dolu bir yaşamdan tek geleneksel ve ulaşılabilir çıkış yolu olan papaz okulunda eğitim görmek için sınava girmeye hak kazandı. Kepler'in astronomiye ilgisi çocukken (birbirinden ayrı iki zamanda) parlak bir kuyrukluyıldız (Tycho'nun 1577'de incelediği) ve bir ay tutulması gördüğünde uyanmış olsa da, 1584'te sınavı geçtiğinde kilisedeki geleceği çizilmişti ve 12 yaşında Adelberg'deki bir okula geçiş yaptı. Bu okulun da dili Kepler'in artık akıcı konuşmaya başladığı Latinceydi.

Okulda yoğun bir disiplin uygulanıyordu ve Kepler sık hasta düşen zayıf bünyeli bir çocuktu, bunlara rağmen akademik olarak gelecek vaat etmesi nedeniyle Maulbronn'daki daha ileri bir okula gönderildi ve teolojik çalışmalarını ilerletmesi için öğretmenleri tarafından Tübingen Üniversitesi giriş sınavlarına hazırlandı. Üniversitenin giriş sınavını 1588 yılında geçti ve 17 yaşında üniversiteye başlamadan önce Maulbronn'da bir yıl daha

geçirmek durumunda kaldı. Papaz olarak yetiştirilmesine karşın Tübingen'in ilk iki yılında alması gereken dersler içerisinde matematik, fizik ve astronomi de yer alıyordu ve Kepler bu derslerin her birinde başarılı bir öğrenciydi. Eğitiminin bu bölümünden 1591 yılında, on dört kişilik bir sınıfta ikinci olarak mezun oldu ve öğretmenlerince başarılı bir öğrenci olarak görüldüğü alan olan teolojik çalışmalara yöneltildi.

Bu esnada resmi ders müfredatında olmayan bir şey de öğrenmişti. Üniversitenin matematik profesörü Michael Maestlin görev gereği öğrencilerine Reform kilisesinin onayladığı Ptolemaios sistemini öğretiyordu. Ancak özel olarak Maestlin Kepler'in de dâhil olduğu bir grup seçkin öğrenciye Kopernik sistemini de açıklamıştı. Bu, güneş merkezli evren modelindeki sadeliği ve gücü derhal fark eden genç adam üzerinde büyük bir etki yarattı. Ancak Kepler'in o dönemde sıkı Lutherci öğretilerden sapmasına sebep olan sadece Kopernik modelini kabul etmekteki istekliliği değildi. Bazı Kilise ritüellerinin taşıdığı dinsel önem hakkında ciddi kuşkulara sahipti, her ne kadar Tanrının varlığına içtenlikle inanan birisi olsa da, öğretileri ve ritüelleri kendisine anlamlı gelen kurumsal bir kilise bulmayı başaramamıştı ve Tanrıya kendi bildiği yoldan tapmakta ısrarcıydı. Bunun bu sorunlu dönemde çok ciddi tehlikeler taşıyan bir yol olduğu açıktı.

Kepler'in kendi inançlarını Lutherci bir kilise görevlisi kimliğiyle nasıl uzlaştıracağını bilmemize olanak olmadı, çünkü teolojik çalışmalarını bitirmesi beklenen 1594 yılında Avusturya'nın uzak Graz kentinde gerçekleşen bir ölüm onun yaşam akışını değiştirdi. Uzak olmasına karşın Graz'da Tübingen Üniversitesiyle yakın akademik bağları olan bir papaz okulu vardı ve oradaki matematik profesörü ölünce onun yerini alacak kişi için okul yöneticilerinin ilk elde Tübingen'e başvurması doğaldı. Tübingen yöneticileri Kepler'i tavsiye ettiler, tam bu esnada o da papazlık yaşantısına başlamayı düşündüğü için bu yeni görev önerisinden başlangıçta ürktü. Yaşadığı tereddüde karşın bir süre sonra bu iş için en uygun kişinin kendisi olduğuna dair ikna oldu ve eğer isterse birkaç yıl sonra üniversiteye dönüp eğitimini bitirerek Lutherci bir papaz olma yolunun açık olmasına da güvendi.

22 yaşındaki matematik profesörü 11 Nisan 1594'te Graz'a geldi. Halen Kutsal Roma İmparatorluğu sınırları içerisinde olmasına karşın görünmeyen bir sınırı aşmış, Reformcu kiliselerin egemen olduğu kuzey devletlerinden Katolik etkisinin hâkim olduğu güney bölgesine geçmişti. Ancak bu görünmeyen sınır sürekli değişmekteydi, çünkü 1555 yılında imzalanan ve Augsburg Barışı olarak bilinen antlaşma sonrası her prens (veya dük veya her neyse) kendi bölgesinde uygun gördüğü dini seçme hakkına sahipti. "İmparatorluk" içerisinde onlarca prenslik ayrı devletçikler biçiminde varlığını sürdürüyor ve devlet dini prens öldüğünde veya tahttan indirildiğinde farklı bir dinsel inanç yerini alacak şekilde yeri geldiğinde bir gecede değişebiliyordu. Bazı prensler hoşgörülü oluyor ve inanç özgürlüğüne izin veriyor; başka bazıları tüm tebâsının yeni dine geçmesinde ısrarcı oluyor, aksi halde mülklerini kaybedeceklerini ilan ediyordu. Kepler geldiğinde Graz'daki Lutherci papaz okulu gibi kural dışı örneklere müsamaha gösteriliyor olsa da aslında Graz, Protestan hareketine son vermeyi hedefleyen Arşidük Charles tarafından yönetilen Styria (Almanca adıyla Steiermark) adındaki bir devletçiğin başkentiydi.

Kepler ailesinden gelir sahibi olmayan fakir bir adamdı. Üniversite eğitimini kazandığı burs sayesinde yürütmüş ve Graz yolculuğu için çevresinden borç almak zorunda kalmıştı. Papaz okulunun yöneticileri iyi bir öğretmen olduğunu kanıtlayana dek dörtte üç aylık vereceklerini açıkladıklarında da durumu kötü olmaya devam etti. Öte yandan hem para kazanıp hem de Graz cemaatinin ileri gelenlerine kendisini sevdirmesinin bir yolu daha vardı: Yıldız falına bakmak. Yaşamı boyunca Kepler astrolojiyi hep yetersiz olan gelirini yükseltmenin bir yolu olarak kullandı. Ancak bu işin tam bir saçmalık olduğunun da farkındaydı; bir yandan muğlâk genellemeler içerisinden konuşma ve insanlara duymak istediklerini söyleme sanatında ustalaşıyor, öte yandan özel mektuplarında müşterilerine "mankafa" adını takarak astroloji işini "boş ve aptalca" olarak nitelendiriyordu. Kepler'in bu hor görülen sanattaki becerisine güzel bir örnek olarak yaklaşan 1595 yılında gerçekleşecek önemli olayları öngörecek bir takvim hazırlama görevini üstlenmesini verebiliriz. Styria köylülerinin isyan hareketlerinin, doğudan Türklerin Avusturya'ya akınlarının

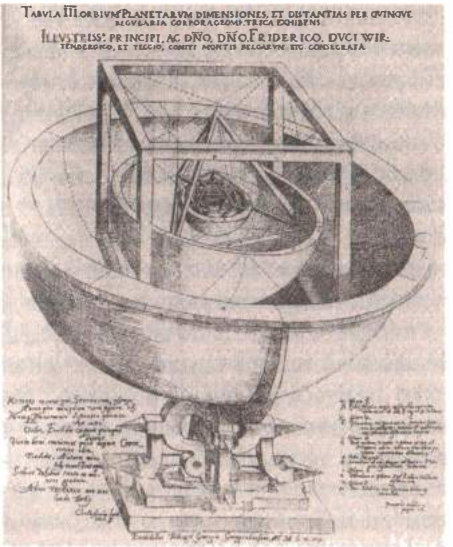
ve soğuk bir kışın yaklaşmakta olduğunu söylemesini isabetli öngörüleri olarak sayabiliriz. Bu sağduyulu öngörülerine astrolojik bir giysi geçirmedeki yeteneği sadece Graz'da şöhret kazanmasını sağlamakla kalmayıp maaşının da tam maaş düzeyine çıkarılmasını sağlamıştır.

Şüphesiz Kepler takipçilerinin çoğundan daha az batıl inançlı olsa da, ilk bilim insanı olarak adlandırılmak için fazlasıyla mistik eğilimlere sahipti. Bu durum ününü Styria sınırları dışına taşıran ilk önemli kozmolojik katkısında da görülecekti.

Kepler'in Geometrik Evren Modeli

Kepler Graz'da gözlemsel verilere erişime sahip değildi, zaten gözlerinin kötü görmesi nedeniyle hiçbir zaman da iyi bir gökyüzü gözlemcisi olmamıştı. Bu yüzden antik düşünürlerin yolunu izledi ve kâinatın doğasına ilişkin bir açıklamaya ulaşmak için saf akıl ve hayal gücünü kullandı. Bu dönemde kafasını kurcalayan soru (Kopernik'in doğru söylediğini ve dünyanın da bir gezegen olduğunu kabul ederek) evrende neden altı, sadece altı gezegen olması gerektiğiydi. Bu soruyla bir süre boğuştuktan sonra, aklına gezegenlerin sayısının Öklit geometrisi kullanılarak inşa edilebilecek düzgün katı cisimlerin sayısıyla bağlantılı olabileceği fikri geldi. Hepimiz altı özdeş kare yüze sahip olan küpü biliriz. Diğer dört düzgün katı cisim şunlardır: Tetrahedron (dört yüzlü) dört özdeş üçgen yüzden oluşur; dodekahedron (on iki yüzlü) on iki özdeş beşgenden oluşur; ikosahedron (yirmi yüzlü) özdeş üçgen yüzlerden oluşan biraz daha karmaşık yirmi yüzlü bir cisimdir ve oktahedron (sekiz üçgenden oluşur).

Kepler'in bulduğu parlak fikir, bu (sanal) cisimleri birbirlerinin içerisine öyle bir şekilde yerleştirmekti ki, her durumda içteki cismin köşeleri diğer katı cismi çevreleyen bir kürenin yüzeyine dokunacak ve bu küre de bir sonraki katı cismin yüzeylerinin iç yüzlerine dokunacaktı. Elde beş Öklit katı cismi olduğuna göre, en içteki katı cismin içinde bir küre ve en dıştaki katı cismin de dışında bir küre olacağı için –gezegenlerin yörüngelerinin her birine bir tane düşecek şekilde– altı küre tanımlanıyordu. Güneşi çevreleyen ve Merkür'ün yörüngesini tam olarak bir küreyle kapa-



8. Kepler'in birbirinin içine yerleştirilmiş geometrik şekillerden oluşan evren modeli. Kepler'in Mysterium Cosmographicum, 1596 *eserinden.*

tan sekiz yüzlüyü ortaya yerleştiriyor, onu bir yirmi yüzlü, bir on iki yüzlü, bir dört yüzlü ve bir küp takip ediyor; böylece küreler arasında güneşin çevresindeki gezegenlerin yörüngeleri arasındaki boşluğa denk düşen bir boşluk elde ediyordu.

Varılan sonuç gerçeğin kıyısından dahi geçmiyor ve bugün bilim adını verdiğimiz herhangi bir şeye değil, göklere geometrinin hükmettiği yönündeki mistik fikre dayanıyordu. Kepler'in modeli yine bizzat kendisi, gezegenlerin yörüngelerinin çember şeklinde değil de, uzatılmış çemberlere benzer şekilde elips biçiminde olduğunu gösterir göstermez boşa çıktı. Zaten her durumda bugün gezegen sayısının altıdan fazla olduğunu biliyoruz, dolayısıyla geometrinin kendi terimleriyle bile sonuç almak mümkün değil. Ama bu fikir Kepler'e 1595 yılının sonunda kutsal ve tanrısal bir keşif gibi geldi. Aslında bu oldukça ironiktir, çünkü Kepler'in düşüncesi evrenin merkezinde güneşin olduğu Kopernikçi modeli benimsemesiyle Lutherci öğretiyle çelişiyordu, oysa o kendi tarzında halen bir Lutheryendi.

Kepler 1595'ten 1596'ya uzanan kış aylarını fikrinin ayrıntıları üzerinde çalışmakla geçirdi ve bu konuda eski öğretmeni Michael Maestlin'le de yazıştı. 1596'nın ilk aylarında hastalıklı büyükanne ve büyükbabasını ziyaret etmek için ders yükümlülüklerinden kurtulma iznini kopardığında bu fırsatı Tübingen'de Maestlin'le görüşmek için kullandı. Maestlin Kepler'i fikirlerini bir kitap biçiminde ifade etmesi yönünde cesaretlendirdi ve kitabın basımına nezaret etti. Kitap 1597 yılında Kepler Graz'daki görevine döndükten kısa bir süre sonra (biraz geç belki ama günümüzde bilinen modelinin ihtişamından izler taşıyacak şekilde) basıldı. *Mysterium Cosmographicum* [*Evrenin Gizemi*] adıyla tanınan kitap, içinde anlatılan iç içe katı cisimler modelinden çok daha önemli bir fikri içeriyordu. Kepler Kopernik'in gezegenlerin güneşten uzaklaştıkça yörüngelerinde daha yavaş hareket ettikleri gözlemini aldı ve bu yörüngelerde hareket etmelerinin (kendisinin 'canlılık' adını verdiği) güneşten bunlara ulaşan ve ittiren bir kuvvet tarafından sağlandığını ortaya attı. Canlılığın güneşten uzaklaştıkça deyim yerindeyse daha az 'canlı' olacağını ve uzak gezegenleri giderek daha az itebildiğini ileri sürdü. Kısmen William Gilbert'in manyetizma üzerine çalışmalarının (bir sonraki bölümde bahsedeceğiz) gündeme getirdiği bu fikir, ileriye doğru atılmış önemli bir adımdı; çünkü önerilerin meleklerce ittirilme etrafında döndüğü zamanlarda gezegenlerin hareketi için fiziksel bir neden öne sürüyordu. Kepler'in açık ifadesi şuydu: "Amacım... evren makinesinin kutsal hayat dolu bir varlığa değil, bir saate benzediğini göstermektir."[8]

Kepler kitabının kopyalarını döneminin en saygın düşünürlerine yolladı, bunların içerisinde Galileo (yanıt verme zahmetine girmedi ama derslerinde yeni modelden bahsetti) ve en önemlisi o sırada Almanya'da ikamet eden Tycho da vardı. Tycho Kepler'e çalışmanın ayrıntılı bir eleştirisini yolladı; güneş merkezli evren fikrini kesinlikle kabul etmiyor olsa da, kitap yazarının matematik yeteneğinden etkilenmişti. Öyle ki bu etki yaşlı adamın çevresini saran asistanlar ekibine Kepler'in de davet edilmesi sonucuna yol açtı. Teklifin tam zamanında geldiği kısa bir süre sonra ortaya çıkacaktı.

---

[8] Shapin'den alınmıştır.

1597 yılının Nisan ayında Kepler varlıklı bir tüccarın kızı ve genç bir dul olan Barbara Müller'le evlendi. Finansal güvence ihtiyacı evlilikte bir etmen olsa da başlangıçta Kepler'in tam bir maaşa sahip olup mutlu bir ev yaşamı sürdüğü koşullarda her şey yolunda gidiyordu. Ama iki çocukları bebekken öldü (daha sonra sağlıklı başka üç bebek sahibi olmalarına rağmen), Barbara'nın ailesi kızlarının kendi konumunun altında biriyle evlendiği düşüncesiyle hak sahibi olduğu gelirleri kesti ve Kepler'le öğretmen maaşıyla yaşamanın (tam maaş da olsa) başarılı bir tüccarın kızı olarak yaşamaktan daha zor olduğu açığa çıktı. Diğer bir sorun Kepler'in yeni ününü başka matematikçilerle bağlantıya geçme ve fikirlerini onlarla paylaşma yönünde kullanma hevesinden doğdu. İmparatorluk Matematikçisi Reimarus Ursus'a bir mektup yazarak dalkavukça Ursus'u tüm zamanların en büyük matematikçisi olarak övdü ve çalışmasını değerlendirmesini istedi. Ursus yanıt verme zahmetine girmedi ama Kepler'in övgüsünü bağlamı dışına çıkararak kendi çalışmalarından (içinde Tycho'ya ilişkin eleştirel ifadeler olan) birine bir çeşit onaylama olarak yayımladı. Tycho'nun alınganlığını gidermek ve büyük astronomla dostça ilişkisini yeniden tesis etmek için Kepler çok sayıda nazik mektup kaleme almak zorunda kaldı. Kepler içinde Tycho'nun artık efsanevi bir zenginliğe ulaşmış gözlem verilerini kullanabilmek ve gezegenlerin hareketine ilişkin bu kesin verileri kullanarak gezegen yörüngeleri konusundaki fikirlerini sınamak için giderek dayanılmaz hale gelen bir arzu duyuyordu.

Tüm bunlar olurken Styria'daki siyasal koşullar da kötüleşiyordu. Aralık 1596'da adanmış bir Katolik olan Arşidük Ferdinand Styria'nın hükümdarı oldu. Başlangıçta devleti inançları yönünde dönüştürmek için ağır ağır bir reform (veya karşı-reform) süreci işletirken, birkaç ay sonra Katolikleri kayıran vergilendirme değişiklikleri ve diğer "reform"lardan rahatsız olan Protestan topluluğu, yeni rejim altında kendilerine gösterilen muameleye ilişkin resmi bir şikâyet açıklaması yayımladı. Bu büyük bir hataydı; Protestanları yasalara uymayan ve sorun çıkaran kesim olarak göstermek isteyen Ferdinand'ın tam da provoke etmek istediği tepkiyi vermişlerdi. 1598 yılının ilkbaharında Ferdinand Papa'yla görüşüp kutsal tapınakları ziyaret ettiği İtalya gezisinden Styri-

a'daki Protestan etkisini temelli ortadan kaldırma konusunda kararlı bir şekilde döndü. Eylül'de tüm Protestan öğretmenlere ve teologlara ya iki hafta içerisinde konumlarından ayrılmaları ya da Katolikliğe geçmelerini emreden bir buyruk yayımladı. Emre uymaktan başka yol yoktu ve Kepler de birçoğu eşleri ve ailelerini geri dönmelerine bir gün izin verileceği umuduyla geride bırakıp komşu devletlere göç etmek zorunda kalan işten atılmış çok sayıda Lutheryenden biri oldu. Graz'daki tüm göçmen grubundan sadece Kepler'in tam olarak belli olmayan nedenlerden (ancak matematikçi olarak artan itibarı buna neden olmuş olabilir) bir ay içerisinde geri dönmesine izin verildi. Sonuç olarak öğretmenlik makamına ek olarak bölge matematikçisi oldu ve ünvanı gereği Graz'da yaşaması gerekti (Arşidük elbette isteseydi onu gözden çıkarabilir ve onun yerine başka bir bölge matematikçisi atayabilirdi). Ancak bebeği öldüğünde dinsel cenaze törenini savsaklayınca bu ihmali için bir ceza ödeyinceye kadar bebeğini gömmesine izin verilmemesinden, yeni durumda Kepler'in de güç koşullar altında yaşadığı anlaşılıyor.

Graz'daki durumun Kepler için dayanılmaz hale gelmeye başladığı 1599 yılında, Tycho da ondan 320 kilometre uzağa, insanların özgürce ibadetlerini sürdürebildiği Prag yakınlarına yerleşmekteydi. Kepler'in yaşamını değiştirecek teklif 1600 yılının Ocak ayında geldi. Kepler'in çalışmalarından etkilenen ve matematiği seven Baron Hoffman adındaki bir Styrialı soylu aynı zamanda İmparator II. Rudolph'un danışmanıydı ve Tycho'yla da bir tanışıklığa sahipti. Saray işlerinden kaynaklı Prag'a gitmesi gerektiğinde Kepler'i de yanına alarak onu Tycho'yla tanıştırmayı önerdi. Sonuç olarak astronomi biliminin temellerini beraber atacak olan iki adamın buluşması 4 Şubat 1600 tarihinde Benatky Sarayında gerçekleşti. Tycho 53, Kepler 28 yaşındaydı. Tycho dev büyüklükte bir kesin astronomik veri tabanı oluşturmuş ancak yorgundu ve verileri analiz için yardıma ihtiyaç duyuyordu. Kepler matematik yeteneğine ve evrenin gizemlerini çözmek için ateşli bir tutkuya sahipti. Kusursuz bir eşleşme gibi görünse de Kepler'i bilim tarihinde kilit figürlerden biri haline getiren sıçramanın yapılabilmesi için halen daha aşılması gereken engeller vardı.

O dönemde Kepler Tycho'ya ziyaretini kısa tutmayı planlamış olsa da (eşi ve üvey kızını Graz'da bırakmış ve oradaki görevlerinden istifa etmemişti), kalış süresi uzadı. Maddi olanakları kısıtlı olan Kepler Tycho'yla çalışabilmek için gelir sahibi olacağı resmi bir makama büyük bir ihtiyaç duyuyor, aynı büyük ihtiyacı yaşam boyu yürüttüğü çalışmayı az tanıdığı birinin eline verme konusunda dikkatli davranan Tycho'nun sadece sınırlı miktarda açtığı verilerin tümünü rahatça inceleyebilmek için de besliyordu. Tycho'nun etrafında çok sayıda kişinin olması ve kaleyi gözlemevine çevirmek için yürütülen inşaat çalışmaları Kepler'in oturup çalışmaya başlamasını engelliyordu. Üstüne üstlük bir de Kepler, Mars'ın yörüngesini hesaplama problemiyle boğuşan Tycho'nun önde gelen asistanlarından birisinin kendisine kasıtsızca bu işi yapmasını önermesine gücenmişti (bu öneri Kepler tarafından diğerinin kendisini daha üstün bir matematikçi konumuna yerleştirdiği kibirli bir davranış olarak yorumlanmıştı). Tycho'nun verilerin bir kopyasını alıp evine götürmesine izin vermeyeceğini ve sorunu çözmenin tek yolunun en az bir yıl kalede kalmak olduğunu fark eden (ve matematik yeteneğinin de herkesten üstün olduğunun bilincinde olan) Kepler, kalede kalması durumunda duyacağı ihtiyaçların bir listesini hazırladı. Kepler listeyi Tycho'ya konuyla ilgili aracılık etmesi için bir arkadaşına verdi, ancak Tycho listeyi ele geçirerek Kepler'in keyfi bulduğu taleplerine karşı çıktı. Oysa aynı dönemde Tycho Kepler için resmi bir görevlendirme yapılması için Rudolph'la görüşmeler yürütüyordu. Nihayetinde pürüzler tamamen giderildi; öyle ki Tycho Kepler'in Graz'dan taşınma masraflarını ödemeyi bile önermekle kalmadı, İmparator'un fazla zaman geçmeden Kepler'e ücretli bir konum bahşedeceğinin de güvencesini verdi.

Kepler işlerini halletmek için 1600 yılının Haziran ayında Graz'a döndü. Onun uzun süreli yokluğundan bezmiş şehir yöneticilerinden bir ültimatom aldı, İtalya'ya gitmesini ve topluma daha faydalı olması için tıp eğitimi almasını istiyorlardı. Kepler'in karar vermek için düşünmesine gerek kalmadan bozulan dinsel şartlar onun yerine kararı verdi. 1600 yılı yazında Katolik olmamış olan tüm Graz yurttaşlarının birden inançlarını değiştirmesi şart koşuldu. Kepler bunu yapmayı reddeden tanın-

mış altmış bir kişiden birisi oldu; 2 Ağustos'ta üstlendiği her iki devlet görevi birden elinden alındı ve ceza olarak sahip oldukları neredeyse her şeye el koyularak Graz sınırlarını terk etmeleri için kendilerine kırk beş gün süre tanınan diğer altmış kişinin arasına katıldı. Kepler yardım için sahip olduğu iki ilişkiye, Maestlin ve Tycho'ya durumunu yazdı. Tycho'nun yanıtı derhal eline ulaştı; Kepler'e İmparator'la görüşmelerin iyi gittiğine ilişkin güvence veriyor, ailesi ve yanına almasına izin verilen ne kaldıysa tümüyle birlikte derhal Prag'a geçmesini salık veriyordu.

Aile Ekim ayının ortasında pis kokan, sağlıksız koşullardaki Prag kentine vardı ve sınırlı para birikimi hızla tükenen Johannes ve Barbara'nın yüksek ateşle hasta olduklarını gören Baron Hoffman tarafından kış boyunca misafir edildiler. İmparator'la görüşme sağlanamamasına karşın Şubat 1601'de Kepler Tycho'nun ekibine katılarak, astronom için Rudolph tarafından sağlanan yeni bir eve yerleştiler. İlişkilerindeki tedirginlik sürüyordu; Kepler Tycho'ya bağımlı olmaktan, Tycho da Kepler'in nankörlük olarak değerlendirdiği duruşundan mutsuzdu. Nihayet Kepler resmen İmparator'a takdim edildi ve İmparator'un onuruna Rudolph Cetvelleri olarak adlandırılacak olan bir dizi yeni gezegen konumları tablosunun derlenmesinde Tycho'nun resmi (ve ödenekli!) asistanı olarak ataması gerçekleşti.

Her ne kadar Tycho gözlem verilerinden oluşan servetini ona tamamen açmak yerine Kepler'in ihtiyaç duyduğu zamanda kendi kararıyla küçük harçlıklar biçiminde lütfetmeye devam etse de, sonunda Kepler'in konumu bir düzene girmişti. Yakın ve dostça bir ilişkileri olduğu söylenemezdi. Ardından 13 Ekim'de Tycho hasta düştü. Sıkça bilincini kaybedip hezeyanlar geçirerek ölüme yaklaştığı ve kendisine öldükten sonra boşu boşuna yaşamış dememelerini isteyen yakarış ve feryatlarıyla birden fazla kez uyandığının duyulduğu on günün ardından, 24 Ekim'de bilinci yerine geldi. Başında küçük oğlu, öğrencileri ve hâttâ o esnada kendisini ziyarete gelmiş Polonya Kralının hizmetindeki İsveçli bir soylunun toplandığı ve ölüm döşeği olarak nitelenebilecek olan yatağında Tycho, her ne kadar verileri dünyanın Kopernikçi değil Tychocu betimlemesinin doğruluğunu göstermek için kullanması yönünde ısrarı olsa da, Rudolph Cetvellerinin tamamlanmasının

ve bununla birlikte gezegen verileri hazinesinin tümünün sorumluluğunu Kepler'e verdi.

Tüm anlaşmazlıklarına karşın Kepler'in çevresindeki bu işe en uygun matematikçi olduğunu, Tycho'nun verilerini en iyi şekilde kullanmaya ve onu boşu boşuna yaşamış olmaktan kurtarmaya en yatkın kişi olduğunu fark ettiğine göre, Tycho'nun bilincinin tamamıyla açık olduğu kesin görünüyor. Yaşamı boyunca yürüttüğü çalışmaları henüz birkaç hafta önce beş parasız bir göçmen olan ve bu yeni durumdan afallamış genç adama vasiyet ettikten kısa bir süre sonra da öldü. Kepler birkaç hafta sonra Tycho'nun halefi olarak Tycho'nun tüm araç-gereçlerinden ve basılmamış çalışmalarından sorumlu olacak şekilde II. Rudolph'un korumasında İmparatorluk Matematikçisi olarak atandığında afallaması daha da artmış olsa gerektir. Artık Almanya'da başlayan yaşamının çok ötesinde bir yerdeydi. Yaşamı yine kolay olmayacak ve İmparator'dan maaşının tümünü koparmakta her zaman sorunlar yaşayacak olsa da en azından Kepler uzun bir gecikmenin ardından gezegen hareketlerinin gizemini çözme işine dört elle sarılabilecekti.

Kepler'in Prag yıllarındaki çalışması birçok etmen tarafından engellendi. Bir kere süregelen finansal güçlükler devam ediyordu. İkinci olarak Rudolph Cetvellerini ve Tycho'nun diğer basım aşamasındaki eserlerini (özellikle kitaplardan para alma amacıyla) görmeye can atan ve Kepler'in Tycho'nun verilerini (kendilerince) Kopernikçi fikirleri desteklemek için kullanmasından kaygılı olan Tycho'nun mirasçılarından gelen müdahaleler vardı. Bir de üstüne üstlük İmparatorluk Matematikçisi olarak görevleri (bu İmparatorluk Astroloğu olmak anlamına geliyordu) zamanının çoğunu harcamasını gerektiriyordu; bu saçma görev gereği Rudolph'a Türklerle savaşa ilişkin, kötü hasatlara dair, dinsel sorunların gelişimi ve benzeri konularda tavsiyelerde bulunması gerekiyordu. Tüm bunlara ek olarak hesaplamalar çok zahmetliydi ve aritmetik hatalardan kaçınılması için tekrar tekrar kontrol edilmesi gerekiyordu; Kepler'in elimize ulaşan defterlerindeki bitmek bilmez hesaplamaları, bugünün cepte taşınan hesap makineleri ve taşınabilir bilgisayarlar dünyasında hayal bile edilemeyecek ölçüde büyük bir emek harcanan gezegen yörüngelerinin aritmetik hesaplamalarının sayfalarca sürdüğünü gösteriyor.

Gezegenlerin Hareketi Hakkında Yeni Düşünceler: Kepler'in Birinci ve İkinci Yasası

Kepler'in güneş merkezli mükemmel çember şeklinde yörüngeler fikrinden adım adım uzaklaşarak Mars'ın yörüngesinin gizemini çözmesi tahmin edilebileceği üzere yıllar sürdü. Önce Mars'ın güneşe, diğerine göre yarım çember daha yakın olduğu, görece kaymış (ama yine çember şeklinde) bir yörüngeyi denedi; bu kısmen Mars'ın yörüngesinin yarısında (güneşe daha yakın olduğu yarısında) daha hızlı hareket ettiği keşfiyle uyuşuyordu. Daha sonra Kepler bugün hepimize açık görünen ancak o dönemde çok önemli olan bir adım atarak, hesaplamalarının bazılarını Mars'tan dünyanın yörüngesine bakan bir gözlemcinin bakış açısıyla yaptı; bu hareketin göreli olduğu fikrini çok önceden haber veren büyük bir kavramsal ilerlemeydi. Aslında Kepler'in bugün ikinci yasa olarak tanınan fikre ulaşması 1602 yılında "dışmerkezli"* dairesel yörüngesi üzerinde çalışırken oldu; buna göre güneş ile güneşin etrafındaki yörüngesinde hareket eden bir gezegeni birbirine bağlayan bir sanal çizgi, eşit zaman aralıklarında eşit alanlar tarıyordu. Bu gezegenin güneşe daha yakın olduğunda ne kadar daha hızlı hareket ettiğini ifade etmenin kesin bir yoluydu, çünkü daha küçük bir açıda hareket ettiğinde daha kısa bir yarıçap çizgisinin dışarıya kayması gerekiyordu. Ancak bu keşiften sonra (başka olasılıkları sınamasının ardından) Kepler'in yörüngenin gerçekten eliptik (çift merkezli) olduğunu tespit etmesi mümkün oldu ve bir süre başka işler nedeniyle işe odaklanmasını yitirmesinin ardından 1605 yılında bugün birinci yasa olarak bildiğimiz, güneş elipsin iki odağının birinde (her bir dikme için aynı odak) yer alırken her gezegenin güneşin etrafında kendi eliptik yörüngesini izleyerek hareket ettiği fikrine ulaştı. Bu iki yasayla artık Kepler bir dönem –kabul etmemiş olsa da– kendi mistik iç içe geçmiş katı cisimler fikri dâhil, ilmeklere, eşboyutlulara ve daha önceki evren modellerinin işi zorlaştıran tüm karmaşık kavramlarına ihtiyaç duymuyordu.

Kepler'in keşiflerinin haberi dışarıya yayılsa da, kitabı *Astronomia Nova* 1609 yılında basılıncaya dek (kitabın basımı maddi kaynak ve baskı sorunlarından dolayı gecikti) fikirlerinin tam bir

* Eksantrik –yn.

gerekçelendirmesinin basılı biçimi ortaya çıkmadı. Ancak kitabın basılması bile takipçilerinde bugün bekleyebileceğiniz türden coşkulu bir karşılık yaratmadı. Bir kere eliptik yörüngeler fikri beğenilmedi (bugün bile birçok insan dünyanın evrenin merkezinde olmadığını kabul etmiş değil). Keza bugün de sadece teknik bilgisi iyi olan hünerli bir matematikçi, Kepler'in modelinin (onun birbirinin içine yuvalanmış katı cisimleri veya Tycho'nun modeli gibi) bir mistik düşünce örneği, ama sağlam gözlem verileri üzerine inşa edilmiş olduğunu tespit edebilir. Gerçekten de Kepler'in tarihçilerin gözünde hak ettiği yeri alması ancak Isaac Newton gibi bir matematikçi kendi kütleçekim kuramıyla birlikte Kepler'in yasalarını gezegenlerin *nasıl* eliptik yörüngelerde hareket ettiğini açıklamak için kullandığında mümkün oldu. Aslında kendi döneminde Kepler bir astronomdan ziyade bir astrolog olarak ün taşıyordu, zaten bu ikisi arasındaki fark da pek belirgin değildi. Bunun bir örneği onu gezegenler üzerine çalışmasından alıkoyan 1604 yılındaki olayda görüldü: Jüpiter gezegeni kadar parlak başka bir "yeni" yıldız yazın gökyüzünde belirdi ve 1606 yılına dek çıplak gözle görülebilecek şekilde kaldı. Birçok insan için bu kesinlikle dramatik bir astrolojik öneme sahip bir olaydı ve Kepler İmparatorluk Matematikçisi ünvanının gereği olarak bunun önemini yorumlamak zorunda kaldı. İmparatora olayla ilgili verdiği raporda akıllı davranarak muğlâk ifadeler kullansa da, Kepler kendisini riske atarak parlaklığına karşın yıldızın diğer yıldızlarla aynı mesafede olması gerektiğini ve evrenin gezegenlerle dolu olduğu düşünülünce görülmesinin büyük bir olay sayılamayacağını da belirtti. Kendisinden önceki Tycho gibi o da süpernovayı Aristotelesçi sabit ve baki yıldızlar yaklaşımına zarar verici olarak görüyordu.

Kepler'in gezegenler üzerine çalışmasında "dikkat dağıtıcı" rol oynayan şeylerin hiçbirinin bilimsel önem taşımadığı da söylenemez. 1604 yılında optik hakkında bir kitap yayımlayarak gözün nasıl çalıştığını çözümledi: Gözbebeğine giren ışık ışınları kırınıma uğrayarak retinaya odaklanıyor, böylelikle ışıklı bir nesne üzerindeki tek bir noktadan gelen tüm ışınlar retinadaki tek bir noktaya odaklanmış oluyordu. Ardından bu fikri bazı insanların neden kötü gördüklerini (kendisi için önemli bir konu olduğu çok açık) açıklamak için kullanıyordu; bunun nedeni gözdeki kusur-

ların ışınların retinanın önünde ya da arkasındaki bir noktada odaklanmalarına neden olmasıydı. Devamında gözlüklerin işte tam da bu kusurları gidermek için kullanıldığını belirtiyordu ki bu konu her ne kadar gözlükler deneysel düzlemde 300 yılı aşkın süredir kullanılsa da, kimsenin tam olarak anlamadığı bir mekanizmaydı. Galileo teleskopu astronomiye uyguladıktan ve bunun haberi yayıldıktan sonra Kepler optik hakkındaki görüşlerini geliştirerek teleskopun nasıl çalıştığını açıkladı. Onun ilgi duyduğu bilimsel konular sadece göksel küreler değil, tamamen dünyevi meseleler de olabiliyordu.

Süpernovanın ardından gelen yıllarda Orta Avrupa'nın siyasal ve dinsel durumu giderek kötüleşti ve rakip dinsel gruplar politik bağlaşıklıklar kurarak Otuz Yıl Savaşlarına doğru sürüklendiler. Bu mücadeleler bilim tarihi açısından Kepler'in sonraki yaşantısı üzerindeki etkileri haricinde de önem taşıyordu. Orta Avrupa'daki kargaşa Galileo'nun fikirlerinin Katolik Kilisesi tarafından bastırılmasıyla birlikte ele aldığımızda en azından bölgede bilimsel fikirlerin gelişimini engelleyici bir rol oynuyor ve Kepler'in ektiği tohumların yeşerip serpilmesinin İngiltere'de, (İç Savaşa karşın) Newton gibi insanların çalışabildiği daha kurumsal bir akademik ortama sahip bir yerde gerçekleşmesine yol açıyordu.

1608 yılında birkaç Protestan devlet birleşerek Protestan Birliğini oluştururken rakipleri de bir sonraki yıl birleşerek Katolik Birliğini kurdular. Bu dönemde Rudolph sahip olduğu sanat koleksiyonuna takıntılı, yarı münzevi bir hayat sürüyordu; tamamen deli değilse de normal olmadığı kesindi. Barış zamanında bile Kutsal Roma İmparatorluğunu etkili bir biçimde (zaten bir imparatorun birbirinden bu kadar ayrı devlet topluluklarını yönetebilmesi zorken) yönetecek durumda değildi. Kasasını boşaltmıştı ve gücü yavaş yavaş 1612'de öldüğünde yerine geçecek olan kardeşi Matthias'ın elinde toplanmaya başlamıştı. Kepler rüzgârın ne tarafa doğru estiğinin çoktandır farkındaydı; eski üniversitesi Tübingen'le görüşme çabasına girdi ancak geleneksel olmayan dinsel inançları yüzünden derhal red cevabı aldı. Aynı dönemde evinde de sorunlar vardı. 1611 yılında Barbara epilepsi yüzünden hasta düştü ve üç çocuğundan birisi de çiçek hastalığından öldü. Siyasal kargaşa başlamadan önce Prag'tan bir an evvel uzaklaş-

mak kaygısıyla Kepler Linz'e giderek burada bölge matematikçisi olarak çalışma başvurusunda bulundu ve Haziran ayında da göreve kabul edildi. Taşınmak için aceleyle Prag'a döndüğündeyse eşinin yine ciddi bir şekilde hastalandığını gördü. Dönüşünün üzerinden birkaç gün geçmeden de karısı tifüsten öldü. Geleceği belirsiz ve bitap halde Kepler, Rudolph ölene kadar Prag'ta kaldı. Ardından bir sürpriz oldu ve Matthias İmparatorluk Matematikçisi görevine devam etmesi kararını alarak ona yıllık maaş (hem de Kepler'in şimdiye dek pek görmediği bir miktarda) önerdi, ancak ona Linz'e gitmesini ve oradaki görevi de sürdürmesini şart koştu. Çocuklarını arkadaşlarına emanet ederek, artık 40 yaşına gelmiş olan Kepler bir kez daha yollara düşüyordu.

Ancak sorunlar Linz'de de devam etti. Styria'nın bu bölgesi aşırı gelenekçi bir Lutherci kilisenin yönetimi altındaydı. Başrahip Kepler'in ana akımdan ayrışan görüşlerini bilen Tübingenli birisiydi ve onun kutsal komünyona katılımını reddetti; bu Kepler için derin bir ızdırap kaynağı oldu, nihayetinde kendi tarzında da olsa samimi bir inanç sahibiydi. Kilise yöneticilerine tekrar tekrar başvurularda bulunmasına karşın sorun çözülmedi ve Kepler yine gezegenlere harcayabileceği bir süreyi yitirdiğiyle kaldı; ayrıca bölge matematikçisi olarak üstlenmesi gereken görevler de vardı. Fazla zaman geçmeden yeniden evlendi ve evlendiği 24 yaşındaki genç kadın ona altı çocuk verdi (içlerinden üçü bebekken öldü). Kepler ayrıca İsa'nın aslında MÖ 5 yılında doğduğunu göstermek için Herod döneminde kaydedilen bir ay tutulmasını kullandığı başka türden bir dinsel çalışmaya girdi ve takvim reformu tartışmalarına müdahil oldu. (Papa XIII. Gregory'nin modern takvimi ortaya atışı 1582 yılı gibi yakın bir tarihte gerçekleşmişti ve Protestan Avrupa'daki birçok devlet değişiklik yapma konusunda gönülsüzdü.) Esas dikkat dağıtan olaysa 1615'i izleyen yıllarda Kepler'in annesinin cadılıkla suçlanması oldu. Konunun ciddiyetini anlatmak için annesinin yaşadığı Leonberg şehrinde aynı yıl altı sözde cadının yakıldığını belirtelim. Bu Kepler'in göz ardı edebileceği bir durum değildi;[9] izleyen yıllarda Leonberg'i

[9] Annesi için hissettiği doğal duygular bir yana, cadılığına hükmedildiğinde İmparatorlukça atandığı makamını koruması da muhtemelen mümkün olmayacaktı.

birçok kez ziyaret etti ve mahkeme tehdidi üzerinde bıçak gibi sallanan annesi lehine uzun dilekçeler kaleme alarak yetkililerin peşinden koştu. En sonunda 1620 yılında yaşlı kadın tutuklanarak hapsedildi. Aynı yıl görülen mahkemesinde hâkimler onu mahkûm etmek için yetersiz, ama ondan şüphelenmek için yeterli delil olduğuna hükmettiler. 1621 yılının Ekim ayına dek hapiste tutulduktan sonra cezasını çektiği düşüncesiyle serbest bırakıldı. Altı ay sonra da öldü.

Kepler'in Üçüncü Yasası

Genel olarak sorunlu özel yaşamı ve karşılaştığı diğer sorunlar göz önünde tutulduğunda Kepler'in son büyük çalışmasının *Harmonice Mundi* [*Dünyanın Uyumu*] adını taşıması ironiktir; elbette kastedilen sorunlu dünya değil, gezegenlerin dünyasıdır. Kepler büyük oranda bilimsel önem taşımayan mistik görüşlerle doldurduğu kitabında bugün Kepler'in üçüncü yasası olarak bildiğimiz fikre 8 Mart 1618 tarihinde nasıl ulaştığını ve aynı yıl tam ifadesine kavuşturduğunu anlatır. Yasa Kopernik'in keşfettiği genel yaklaşımı sayısallaştırarak, bir gezegenin güneş etrafında bir kez dolanması için gereken süre (periyodu ya da yılı) ile güneşten uzaklığını kesin bir yolla birbiriyle bağlantılandırır. Buna göre herhangi iki gezegenin yörüngelerini tamamlama sürelerinin kareleri güneşten uzaklıklarının küpüyle orantılıdır. Örneğin (modern ölçümleri kullanarak) Mars'ın güneşe uzaklığı dünyanın güneşe uzaklığının 1,52 katıdır ve 1,52'nin kübü 3,51 eder. Mars'ta bir "yıl"ın uzunluğu dünyadaki bir yılın uzunluğunun 1,88 katıdır ve 1,88'nin karesi 3,53'tür (sayıların tam eşit çıkmamasının nedeni benim yuvarlamamdan kaynaklanıyor).

Rudolph Yıldız Cetvellerinin Yayımlanması

Harmonice Mundi 1619 yılında Otuz Yıl Savaşlarının en yoğun olduğu dönemde basıldı. Savaşın doğurduğu güçlükler ve annesinin cadılıktan yargılanmasından dolayı Kepler'in aynı dönemde çıkan diğer büyük eseri *Kopernikçi Astronominin Özeti* 1618, 1620 ve 1621 yıllarında üç ayrı cilt olarak yayımlandı. Bu kitap Kopernik'in

güneş merkezli evrenini cesurca savunmasının yanı sıra Kepler'in görüşlerini daha geniş bir kesime ulaştırıyor ve bir yönden de astronomiye yaptığı büyük katkının sonuna işaret ediyordu. Ancak hâlâ yerine getirmesi gereken büyük bir sorumluluğu daha vardı. Rudolph Cetvelleri en sonunda (savaş, ayaklanmalar, hâttâ Linz'in kuşatılmasıyla uğradığı gecikmenin ardından) 1627 yılında, İngiltere'de John Napier'in (1550–1617) logaritmaları keşfederek Kepler'in aritmetik hesaplama yükünü büyük oranda hafifletmesine çok şey borçlu olarak basılabildi ve Kepler'in Kutsal Roma İmparatorluğuna karşı olan yükümlülüğünü sona erdirdi. Cetveller gezegenlerin konumlarını Kopernik'in cetvellerine göre otuz kat daha büyük bir kesinlikle hesaplamayı olanaklı kılıyordu ve nesiller boyunca standart alınarak kullanılacaktı. Taşıdığı değer Kepler'in cetvelleri kullanarak öngördüğü üzere Merkür'ün geçişi (Merkür güneşin önünden geçerken) 1631 yılında Fransız astronom Pierre Gassendi tarafından gözlemlenince bir kez daha açığa çıktı. Bu Merkür'ün şimdiye kadar ilk kez geçiş yaparken gözlemlenişiydi.

Kepler'in yaşamında savaşın etkileri kendisini sadece kitapların basım sürecindeki aksamalarda göstermekle kalmıyordu. Matthias'ın ölümünün ardından 1619 yılında II. Ferdinand imparator olmuştu ve bu kariyerinin başında Styria'da Kepler'e büyük acılar yaşatmış olan aynı heveskâr Katolik Ferdinand'dan başkası değildi. Yeterince geleneksel olmadığı için kendi Lutherci kilisesi tarafından zulüm görmüşken, 1625 sonrasında değişen siyasal durum sonucunda Ferdinand döneminde Avusturya'da Katolik hâkimiyeti sağlanmasının ardından bu kez fazla Lutherci olduğu için zulüm görecekti. Katolikliği kabul etmedikçe artık devlet katında sahip olduğu konumu elinde tutmasının olanağı yoktu ve onun da yine bunu yapma yönünde bir düşüncesi yoktu. (Buna rağmen Ferdinand kişisel olarak Kepler'e nazik davranıyor ve böyle bir din değiştirmeye sözde bir bağlılık gösterse dahi tekrar Prag'a dönmesinden mutluluk duyacağını belirtiyordu.) 1628 yılında Kepler (Hıristiyan olmaları koşuluyla) her türlü dinsel inanca tolerans gösteren ve astrologlarına danışmadan hiçbir adım atmayan Wallenstein Dükü'nün yanında bir görev edinmeyi başardı. Dük Kepler'i kendisine göre kehanetleri tam isabetle doğru çıkan yıldız falı tahminleri yaptığı Prag'daki döneminden ta-

nıyordu. Wallenstein üstlendiği görevler içerisinde Ferdinand'ın ordusunun komutanlığı da olan güçlü bir adam olarak ideal bir bağışçı ve hami görünümündeydi.

Kepler'in Ölümü

Kepler ailesi yeni yaşantısına başlamak için 1628 yılı Temmuz'unda Silezya kenti Sagan'a yerleşti. Yeni işinin en iyi yanı Kepler'e düzenli bir ödeme yapılmasıydı. En ilginç tarafı ise ilk bilimkurgu hikâyelerinden biri olan *Ayın Rüyası*'nı tamamlamak için zaman bulabilmesiydi. En talihsiz yönü kente vardıktan kısa bir süre sonra Dük Wallenstein'ın İmparator'un gözüne girmek için Karşı Reform hareketini desteklemeye karar vermesiydi. Her ne kadar Kepler Dükün bir çalışanı olarak yürürlüğe giren yeni yasalardan muaf tutulsa da, bir kez daha Protestan komşularının korku içinde yaşamalarına ve hayatlarının mahvolmasına şahit oluyordu. İmparatoru hoş tutmak için giriştiği çabalara karşın 1630 yılının yazında Wallenstein gözden düştü ve kilit konumdaki ordu komutanlığı görevinden azledildi. Kepler'in geleceği bir kez daha belirsiz gözüküyordu ve yeni bir adım atmak için sahip olduğu tüm kaynaklara başvurmak zorundaydı. Bir süredir Linz'te kalan belli miktarda bir para alacağının peşinde koşuyordu ve konuyu konuşmak için oradaki yetkililerle bir toplantıya çağrılmıştı. Ekim ayında (11 Kasım'daki) buluşmasına gitmek için Sagan'dan yola çıktı ve ağır ağır Leipzig ve Nuremberg üzerinden geçerek 2 Kasım tarihinde Regensburg'a dek ulaştı. Orada ateşlenerek rahatsızlandı ve yatağa düştü. Kepler 15 Kasım 1630'da elli dokuzuncu yaş gününe birkaç hafta kala öldü. Döneminin bir adamı olarak geçmişin (kendi evren düşüncesine de rengini veren) mistisizmi ile geleceğin mantığa dayalı bilimi arasında bir yerdeydi; ancak prensler ve imparatorların halen astrologların kehanetlerinden medet umduğu ve annesinin cadılıkla suçlandığı bir dünyanın içerisinde onun aklı temsil eden kişiliği çok daha büyük bir önem taşıyordu. Kepler'in büyük eserlerini verdiği aynı dönemde bilimsel aklın ondan da güçlü bir temsilcisinin sesi, batıl inançlar ve dinsel zulüm yönünden kıta Avrupa'sıyla aynı şartlar geçerli olsa da, en azından bir istikrar göstergesi olarak zulmün hep aynı kiliseden geldiği güneydeki İtalya'dan yükseliyordu.

3
İLK BİLİM İNSANLARI

William Gilbert ve manyetizma – Galileo ve sarkaç, kütleçekim, ivme – "Pergel" keşfi – Süpernova çalışmaları – Lippershey'in teleskobu yeniden keşfi – Ardından Galileo'nun sağladığı ilerleme – Galileo'nun Kopernikçi fikirleri kâfirlikle suçlanıyor – Galileo İki Büyük Dünya Sistemi Hakkında Diyalog'u yayınlıyor – İşkence tehdidi altında düşüncesinden vazgeçiyor – Galileo İki Yeni Bilim'i yayınlıyor – Ölümü

William Gilbert ve Manyetizma

Tarihte dünyanın işleyişini açıklama aracı olarak bilimin mistisizmi yerinden ettiği henüz tek bir an dahi yaşanmamışken, on altıncı yüzyılın on yedinci yüzyıla evrildiği esnada yaşayan iki adamın şahsında (en azından onlar için) mistisizmden bilime geçiş sürecine şahit olundu. (Az önce gördüğümüz gibi) Johannes Kepler ölçüsünde saygın bir bilimsel kişiliği ve (yakında göreceğimiz gibi) simyacıları da kapsayan, mistik eğilimlere sahip başka bilimciler onlardan sonra da elbette var olacaklardı. Ancak on yedinci yüzyılın ilk on yılının ardından İngiltere'de William Gilbert'in ve İtalya'da Galileo Galilei'nin, çalışmalarında sapla samanı birbirinden ayırma amacıyla hipotezleri deney ve gözlemlerle karşılaştırmanın bilimsel yolunu izledikleri açıkça görülüyordu ve onlar görmesini bilen gözler için izlenecek yola örnek konumundaydılar.

Her ne kadar Galileo bugün her eğitimli insanın adını bildiği büyük bir bilim figürü olsa da, Gilbert hak ettiğinden daha az bilinmektedir; oysa daha önce doğmuştur ve en azından kronolojik açıdan ilk bilim insanı ünvanını hak etmektedir. Ailesinin kullandığı soyadı esasen Gilberd olsa da, tarih kitaplarında bilinen adıyla William Gilbert 24 Mayıs 1544'te[1] Colchester, Essex'te doğdu.

[1] Bazı kaynaklarda 1540 diye geçiyor, ama bu yanlış olsa gerek.

Ailesi yörenin önde gelen ailelerinden biriydi, babası Jerome Gilberd bölge hâkimi olarak yerel yönetimde önemli bir mevkideydi. William oturmuş bir toplum yaşantısı içerisinde rahat bir konuma sahipti ve Kepler'in yaşadığı zorlukların hiçbirini yaşamadı; iyi bir bölge okulunda okuduktan sonra 1558 yılında Cambridge'e girdi. Gençlik dönemi hakkında pek az şey biliniyor; her ne kadar bu yönde resmi bir kayıt olmasa da, bazı kaynaklarda Oxford'da da eğitim gördüğü söyleniyor. Lisans eğitimini 1560'ta tamamladı ve yüksek lisans derecesini 1564'te, doktora derecesini 1569'da kazanarak kendi fakültesinde (St. John's) öğretim üyesi oldu. Ardından 1573 yılında Kraliyet Tıp Fakültesinde (*Royal College of Physicians*) öğretim üyesi olacağı Londra'ya yerleşmeden önce, birkaç yıl kıta Avrupasında dolaştı.

Gilbert son derece başarılı ve seçkin bir hekimdi; bu sayede –doruk noktası 1599 yılında başkan seçilmesi olmak üzere– Royal College'da sahip olmadığı mevki neredeyse kalmadı. Bir sonraki yıl Kraliçe I. Elizabeth'in kişisel hekimi olarak atandı ve çok geçmeden de kraliçe tarafından şövalye ilan edildi. Kraliçenin 1603 yılı Mayıs ayında ölmesinin ardından takipçisi I. James tarafından da (İskoçya kralı VI. James olarak kendisine gelin bulmak üzere Danimarka'ya giden ve oradaki geçici ikameti esnasında Tycho'yla tanışan aynı kişidir) yine saray hekimi olarak atandı. Ancak Gilbert Elizabeth'in ölümünün ardından sadece birkaç ay daha yaşayabildi ve 10 Aralık 1603'te öldü. Tıp adamı olarak ününe rağmen Gilbert bilime damgasını manyetizmanın doğası üzerine yaptığı kapsamlı araştırması sayesinde fizik alanında vurdu.

Bu araştırmalar, doğrusunu söylemek gerekirse, Londra'ya yerleştikten sonraki otuz yıl boyunca bilimsel çalışmalarına kendi cebinden o dönemdeki kayıtlara göre yaklaşık 5000 pound harcayabilecek kadar[2] varlıklı, beyefendi bir amatörün çalışmalarıydı. Başlangıçta kimyaya ilgi duyuyordu, ancak kısa bir süre sonra (simyadaki metallerin birbirine dönüştürülebileceğine dair inancın bir fanteziden ibaret olduğuna ikna olmasının ardından) elektrik ve manyetizma alanına kaydı; bu alan dünyanın, neredey-

[2] Bu günümüzün kuruyla birkaç milyon pounda denk düşmektedir ve bir insanın bu kadar parayı nereye harcamış olabileceğini düşünmek bile zordur, bu yüzden verilen rakam abartılmış olabilir!

se 2000 yıl önce bazı Yunan filozofların araştırmalarından (ya da daha çok spekülasyonlarından) bu yana, esasen göz ardı edilmiş bir yönüydü. Bu çalışma yaklaşık on sekiz yıllık bir araştırmanın ardından 1600 yılında muhteşem bir kitabın basımıyla sonuçlandı: *De Magnete Magneticisque Corporibus, et de Magno Magnete Tellure* [*Manyetizma, Manyetik Cisimler ve Büyük Mıknatıs Dünya Üzerine*], genelde bilinen kısa adıyla *De Magnete*. Bu İngiltere'de fen bilimleri alanında üretilen ilk önemli eserdi.

Gilbert'in çalışması kapsamlı ve ayrıntılıydı. Deney yoluyla manyetizma hakkındaki birçok eski mistik inancın yanlışlığını gösterdi (bunlardan arasında doğal yollardan oluşan manyetik bir cevher olan mıknatıs taşının baş ağrılarını iyi ettiği inancı ve bir mıknatısın sarımsakla ovulduğunda etkisizleşeceği düşüncesi de vardı) ve mıknatıs taşı kullanarak metal parçalarını mıknatıslandırma tekniğini icat etti. Bugün okuldan hepimizin aşina olduğu manyetik çekme ve itme yasalarını keşfetti, dünyanın dev bir çubuk mıknatıs gibi davrandığını gösterdi ve bir çubuk mıknatısın iki ucuna "güney kutbu" ve "kuzey kutbu" isimlerini verdi. Araştırmaları o kadar kapsamlı ve tamdı ki, Gilbert'in ardından, 1820'lerde elektromanyetizmanın keşfi ve Michael Faraday'in onu izleyen çalışmasına dek geçen iki yüzyıl boyunca manyetizmanın bilimsel bilgisine yeni hiçbir şey eklenmedi. Gilbert'in ilgisi, daha spekülatif bir biçimde, göklere dek uzanıyordu. Kopernikçi dünya modelinin taraftarıydı, bunun kısmi bir nedeni de gezegenleri yörüngelerinde tutan şeyin manyetizma olduğunu düşünmesiydi (Kepler'i etkileyen bir fikir oldu bu). Ancak Gilbert'in kendine özgülüğü Kopernikçi astronomiyi ele alışında da görülebiliyordu: Ekinoksların devinmesini (gökyüzünde güneşin sonbahar ve ilkbaharda gök eşleğinden geçtiği noktanın yüzyıllar geçtikçe ağır ağır batıya doğru kayar görünmesi olgusu) kendi etrafında dönen bir dünyanın yalpalamasıyla (bir topacın dönerken sallanmasına benzer biçimde) açıklamanın ne kadar kolayken, bu olguyu (ayrıntısına girmeyeceğimiz gerçekten korkunç karmaşıklıklara neden olan) dünya merkezli kristal kubbelerle açıklamanın ne kadar zor olduğuna işaret etti. Yine yıldızların dünyadan farklı uzaklıklarda olduklarını ve yörüngelerinde dolaşan kendi gezegenlerine sahip güneşe benzer cisimler olabileceklerini öne süren de o oldu.

Kehribar veya camdan yapılmış cisimleri ipeğe sürterek ürettiği statik elektrik konusunda araştırması manyetizma üzerine olan çalışmasına göre daha geriydi, ancak Gilbert elektrik ile manyetizma arasında bir ayrım olduğunu fark etmişti (zaten "elektrikli" kavramını da bu bağlamda ortaya atmıştı). Fransız fizikçi Charles Du Fay'in (1698–1739) "artı" ve "eksi" adı verilen iki çeşit elektrik yük olduğunu ve bunların eş yüklerin birbirlerini itmeleri ve zıt yüklerin birbirlerini çekmeleri biçiminde manyetik kutuplara benzer şekilde hareket ettiklerini keşfetmesi için ise 1730'lu yılları beklemek gerekecekti.

Yine de *De Magnete*'nin en önemli özelliği, Gilbert'in *neyi* keşfettiği değil, *nasıl* keşfettiği ve bilimsel yöntemini başkalarının izlemesi için bir örnek olarak sistemli bir şekilde açıklamasıydı. *De Magnete*'nin Galileo üzerinde doğrudan bir etkisi oldu, kitaptan kendi manyetizma araştırmalarını yapma esinini aldı ve Gilbert'i bilimde deneysel yöntemin kurucusu olarak betimledi. Kitabının önsözünün hemen başlangıcında Gilbert bilime yaklaşımını açıklıyordu: "Gizli şeylerin keşfinde ve saklı nedenlerin araştırılmasında daha kuvvetli gerekçeler, olası varsayımlar ve felsefi spekülatörlerin görüşlerindense, kesin deneyler ve kanıtlanmış savlardan edinilir."[3] Ardından tavsiye ettiğini uygulamaya geçirerek Gilbert deneylerini yeterince dikkatli bir işçinin kendisi için yeniden üretebileceği şekilde, en ince detaylarıyla anlatmaya koyuluyordu. Kitabında yaklaşımının gücünü şu şekilde açıklamaktaydı:

> Geometri bazı basit ve rahatça anlaşılabilen temel ilkelerden en yüksek ve en zor gösterimlere yükselirken, onun sayesinde hünerli zihin de gökyüzünün üzerine çıkar: Bizim manyetizmayla ilgili öğreti ve bilimimiz de aynı sıralamayı izler. Önce daha sık rastlanan bazı olguları açıkla, bunların ardından daha sıra dışı türden olgulara ilerle; böylece en sonunda, bir dizi adımın ardından dünyadaki en gizli ve mahrem şeyler açığa çıksın ve bizden öncekilerin cehaleti veya günümüzdekilerin özensizliği nedeniyle fark edilmemiş veya göz ardı edilmiş şeylerin nedenleri bilinsin.

[3] Bu ve diğer alıntılar P. Fleury Mottelay'in çevirisindendir.

Kendi kendine söylenerek bu filozofları "birkaç belirsiz ve net olmayan deneye dayanarak... uzun söylevlere giriştikleri" için haşladıktan sonra Gilbert "güvenilir deneylerin olmadığı koşullarda hata ve yanlış yapmanın ne kadar kolay olduğunun" acısını çekercesine okuyucularına ısrarla çağrıda bulunuyordu: "Aynı deneyleri kim yaparsa yapsın cisimleri dikkatle, beceriyle ve ustalıkla ele almalıdır; bir deney başarısız olduğunda deneyi yapanın keşiflerimizi cehaletle mahkum etmesine de izin vermeyin, çünkü bu çalışmamızda etraflıca araştırılmamış ve gözümüzün önünde tekrar tekrar yapılarak yinelenmemiş hiçbir şey yoktur."

Galileo'ya esas esin kaynağını veren Gilbert'in bu sözleri olsa gerektir. Çünkü Galileo'nun yaptığı keşiflerin çok önemli olmasının dışında, bilimin doğuşuna belirleyici katkısı tam da burada, hipotezleri sınamak için tekrarlanan hassas ve özenli deneyler yapılması ihtiyacını ve dünyanın işleyişini saf akıl ve mantıkla anlamaya çalışan eski "felsefi" yaklaşıma güvenilmemesini vurgulamasında yatar. Bu yaklaşım kimse bir çift taşı atıp ne olacağını görerek hipotezi sınama zahmetine girmeksizin, insanların ağır bir taşın yere hafif bir taştan daha hızlı düşeceğine inanmasına neden olmuştu. Bu tarz konuları tartışırken büyük bir üniversitenin kampüsünde veya kentin sokaklarında dolaşma alışkanlığından dolayı bu eski "bilimsel" felsefe okulu gezginci okul olarak bilinirdi.[4] Gilbert gibi Galileo da başkasına tavsiye ettiğini önce kendisi uyguladı ve on altıncı yüzyılın sonu, on yedinci yüzyılın başındaki İtalya'da gezginci yaklaşımı tamamıyla çürüten onun bu çalışması oldu.

Galileo ve Sarkaç, Kütleçekim, İvme

Galileo Galilei William Shakespeare'in doğduğu yılda ve Michelangelo'nun öldüğü ayda, 15 Şubat 1564'te Pisa'da doğdu. Adı ve soyadının aynı olmasının nedeni, Galileo'nun on beşinci yüzyıldaki atalarından Galileo Bonaiuti'nin saygın bir hekim ve yargıç olarak toplumda önemli bir yer edinmiş olması nedeniy-

[4] Orijinal gezginciler Aristoteles'i (gerçek anlamda!) izliyorlardı, ancak aynı isim on altıncı yüzyılın sonundaki İtalyan felsefeciler tarafından da kullanılıyordu.

le ailesinin onun onuruna soyadlarını Galilei olarak değiştirmiş olmasıdır. "Bizim" Galileo'ya atasının ilk adı da verilmişti ve zamanla onu sadece bu ilk ismiyle anmak her yerde bir alışkanlık haline geldi; ilginç olan şudur ki, bir zamanların ünlü Galileo Bonaiuti'si ise bugün yalnızca Galileo Galilei'nin atalarından birisi olarak hatırlanmaktadır. Galileo'nun doğduğu zamanda ailenin iyi bir çevresi ve toplumda saygın bir yeri vardı, ancak onlar adına bu konumu korumaları için gereken parayı bulmak her zaman bir sorun oluşturacaktı. 1520 yılında Floransa'da doğmuş olan Galileo'nun babası Vincenzio, matematik ve müzik kuramıyla büyük bir şevkle ilgilenen yetenekli bir profesyonel müzisyendi. Giulia adındaki genç bir kadınla 1562 yılında evlendi, üçünün bebekken öldüğü anlaşılan yedi çocuğun en büyüğü Galileo'ydu. Hayatta kalan kardeşleri Virginia (doğumu 1573), Michelangelo (1575) ve Livia (1587) ile birlikte Galileo, babasının ölümünün ardından hayatta kalanların en yaşlısı ve ailenin reisi olarak ciddi zorluklar yaşayacaktı.

Vincenzio'nun yeniden memleketine yerleşmek için işlerini düzene sokacağı iki yıl boyunca Giulia'yı yanına alıp Galileo'yu Pisa'daki akrabalarına bırakarak Floransa'ya dönmeye karar verdiği 1572 yılındaysa tüm bunların yaşanması için henüz daha çok zaman vardı. Bu tüm Toskana bölgesinin ve özellikle Floransa ve Pisa'nın Rönesansla birlikte geliştiği bir zamandı. Bölgeyi Mağriplilere karşı zaferle sonuçlanan askeri seferlerde yer almasından dolayı Papa tarafından 1570'de aynı zamanda Toskanya Dükü ilan edilmiş olan Floransa dükü Cosimo de' Medici yönetiyordu. Vincenzio Toskanya'nın başkenti Floransa'da bir saray müzisyeni oldu ve ailesi yeniden doğan Avrupa'nın bu sanat ve düşün merkezinde dükler ve prenslerle iç içe bir hayat sürmeye başladı.

Galileo 11 yaşına dek ara sıra gelen bir özel öğretmenin yanı sıra, esasen babasının verdiği derslerle evde eğitim gördü. Müzikte birinci sınıf bir müzisyen olabilecek ölçüde başarılıydı ama babasının yolundan ilerlemedi ve yaşamı boyunca (en çok da ut) sadece zevk için çaldı. Vincenzio o günün ölçülerine göre özgür düşünceli birisiydi ve kilisenin ritüel ve ayinlerine büyük bir sevgi beslemiyordu. Ama Galileo'yu resmi eğitim alması için okula gönderme zamanı geldiğinde, gönderileceği yerin tamamen eğitsel

nedenlerle bir manastır olması doğaldı (Vincenzio Floransa'nın yaklaşık 30 kilometre doğusunda kalan Vallombrosa'daki okulu seçti). Ondan önceki (ve sonraki) kolay etkilenen gençlerin çoğu gibi Galileo da manastırdaki yaşamı sevdi ve 15 yaşında bir keşiş adayı olarak kilise yaşantısına devam etmeyi kararlaştırdı. Babası bunu öğrenince dehşete kapıldı ve bir göz iltihabı geçirdiğinde oğlanı Floransa'da bir doktora görünmesi bahanesiyle manastırdan kaçırdı. Gözü iyileşti ama Galileo bir daha manastıra dönmedi ve papaz olma konusu da bir daha açılmamak üzere kapandı. Floransa'daki eğitimi Vallombrosa'dakilerle aynı mertebedeki papazların gözetimi altında birkaç yıl daha sürse de, evde babasının denetleyen gözleri altında yaşadı. Vallombrosa Manastırı kayıtlarında Galileo Galilei makamından ayrılmış bir papaz olarak resmi kayıt altına alındı.

Vincenzio müzisyen olarak geçinmeyi başarmış olmasına karşın işinin güvencesiz olduğunun farkındaydı ve en büyük oğlunun saygı duyulan ve maddi olarak başarılı bir kariyere sahip olmasını planlıyordu. Bunun için adını aldığı şanlı kişi gibi bir hekim olarak eğitilmesinden daha iyi ne olabilirdi? Galileo 1581 yılında 17 yaşındayken Pisa Üniversitesine tıp öğrencisi olarak kaydoldu ve Pisa'da 1570'lerin başında kendisine bakmış olan anne tarafından akrabalarıyla birlikte yaşamaya başladı. Bir öğrenci olarak Galileo tartışmayı seviyor ve zamanının (büyük oranda Aristotelesçi) öğretilerini sorgulamaktan korkmuyordu. Bu tartışma sevgisi yüzünden arkadaşları ona "tartışmacı" lakabını taktılar. Yaşamının son dönemlerinde tekrar bu yıllarını hatırladığında, farklı ağırlıktaki cisimlerin farklı hızlarla düştükleri yönündeki gezginci öğretiyi yücelten Aristotelesçi düşünceyi çürütmek için hemen nasıl bir yol bulduğunu anlatırdı. Dolu taneleri farklı büyüklüktedir ve hepsi aynı anda yere ulaşır. Aristoteles haklı olsaydı, ağır dolu taneleri hafif dolu tanelerinden daha yüksek bulutlarda üretilmiş olmalıydı. Bu yükseklik *tam olarak* öyle bir yükseklikte olmalıydı ki, daha büyük bir hızla düşmelerine karşın daha alçakta şekil kazanan hafif dolu taneleriyle aynı anda yere ulaşmalıydılar. Bu Galileo'ya pek muhtemel görünmüyordu ve üniversitedeki arkadaşları ve öğretmenlerine bunun çok daha basit bir açıklaması olduğunu söylemekten keyif alıyordu: Tüm dolu taneleri bulutun

içinde aynı yerde oluşuyordu, dolayısıyla ağırlıkları ne olursa olsun hepsi beraber aynı hızla düşüyordu.

Aslında bu tip tartışmalar Galileo'nun aynı coşkuyla sarıldığı söylenemeyecek olan tıp eğitimindeki zamanından çalıyordu. Zaten 1583 yılı başında tıp alanında kariyer yapma olanağı ortadan kalktı. O dönemde Toskanya Grandükü kış aylarında hep Noel'den Paskalya'ya dek sürecek şekilde maiyetiyle beraber Pisa'da ikamet ederdi. Babasının sahip olduğu saray çevresinden tanışıklıklar sayesinde Galileo saray matematikçisi Ostilio Ricci'yle sosyal bir ilişkiye sahipti ve 1583 yılının başında yeni dostunu ziyarete gittiği esnada Ricci bir grup öğrenciye matematik dersi vermekteydi. Ayrılıp sonra gelmek yerine Galileo da derse katıldı ve anlatılanlardan büyülendi, bu onun kaba aritmetik dışında gerçek matematikle ilk karşılaşmasıydı. Gayri resmi olarak Ricci'nin öğrencileri arasına katıldı ve tıp kitapları yerine Öklit çalışmaya başladı. Ricci Galileo'nun konuya doğuştan yetenekli olduğunu fark etti ve Galileo Vincenzio'ya tıp eğitiminden matematiğe geçip geçemeyeceğini sorduğunda ona destek verdi. Vincenzio görünüş itibarıyla mantıklı olan tutumu aldı ve doktorlar için çok, matematikçiler için ise pek az iş olanağı olduğu gerekçesine dayanarak onay vermedi. Galileo yine de tıp derslerini büyük oranda boşlayarak matematik çalışmaya devam etti, sonuçta da 1585'te herhangi bir derece elde etmeksizin Pisa'yı bıraktı ve matematik ve doğa felsefesi konularında özel öğretmenlik yaparak geçinme umuduyla Floransa'ya döndü.

Galileo Pisa'da tıp öğrencisiyken –her ne kadar hikâyesi yüzyıllar içerisinde büyük oranda çarpıtılmış ve bozulmuş olsa da– kayda değer bir başka olay daha yaşandı. Galileo'nun sıkıcı sayılabilecek bir vaaz esnasında katedraldeki şamdanlı avizenin ağır ve değişmeyen biçimde sallanmasına gözünün takıldığı ve yapacak daha iyi bir şey bulma umuduyla, sarkaç yayı olarak avizenin hareketliliği giderek azalırken, sarkacın sallanma süresini nabız atışlarını kullanarak ölçtüğü öyküsü doğrudur diyebiliriz. Bu onun ister kısa ister uzun bir yayda sallansın, sarkacın bir sallanmayı hep aynı sürede tamamladığını keşfetmesini sağladı. Efsaneye göre Galileo doğru eve koşmuş ve derhal farklı uzunluktaki sarkaçlarla deneyler yaparak hemen oracıkta dolaplı saati keşfet-

miş. (Çok sayıda başka Galileo efsanesi gibi bu öykü de Vincenzo Viviani'nin yazdıklarına çok şey borçlu; Viviani, Galileo çok sonraları kör olduğunda yaşlı adamın kâtibi ve sadık öğrencisi olmuş, ustasının yaşamındaki önemli anları tasvir ederken sıkça coşan bir genç adam.) Aslında fikir 1602 yılına dek Galileo'nun zihninin bir kenarında kalıyor; bu tarihte dikkatli deneyler yapılıyor ve bir sarkacın sallanma periyodunun sarkacın ağırlığı ya da içinde sallandığı yayın uzunluğuna bağlı olmadığı, sadece sarkacın boyuna bağlı olduğu kanıtla ortaya konuyor. Ancak ilk tohum gerçekten de 1584 veya 1585 yılında Pisa'daki bu katedralde atılmıştır.

Galileo deneyler yapmaya, daha sonra bilim alanındaki önemli yazılarında geliştireceği notları almaya ve bir doğa felsefecisi olarak ün kazanmaya başlamış olsa da, Floransa'da geçireceği sonraki dört yılda geçimini zar zor sağlayabildi. Bağımsız kaynakları olmadığı koşullarda bilimsel çalışmasını sürdürmek için gereken güvenceyi sağlamasının tek yolu etkili bir hami edinmekti ve Galileo'nun kurtarıcısı mekanik hakkında önemli bir kitap kaleme almış ve bilimle yakından ilgilenen Marki Guidobaldo del Monte oldu. Galileo'nun mezun olmadan ve hiçbir akademik ünvan elde etmeden Pisa Üniversitesini terk etmesinden sadece dört yıl sonra, 1589 yılında aynı üniversiteye üç yıllık sözleşme imzalamış bir matematik profesörü olarak dönmesinde Del Monte'nin önemli bir etkisi olmuştur.

Ünvanın büyüklüğüne karşın bu akademik merdivenlerde oldukça mütevazı bir ilk adımdı. Vincenzio Galilei'nin hiç kuşkusuz oğlunun dikkatini çektiği üzere, Pisa'da bir tıp profesörü o dönemde yılda 2000 kronluk bir ücret alırken, bir matematik profesörü 60 kronla geçinmek zorundaydı. Galileo kendisiyle beraber yaşayan ve böylece ondan sadece öğrenciler için belirlenen saatlerde değil neredeyse tam zamanlı olarak eğitim alma olanağı bulan öğrenciler kabul ederek yan gelir sağlamak zorundaydı. Bu o dönemde normal karşılanan bir uygulamaydı, ancak sadece zengin ve güçlü ailelerin çocukları bu tarz bir eğitimin nimetlerinden faydalanmayı maddi olarak karşılayabiliyordu. Bunun sonucunda bu genç adamlar derslerini bitirip evlerine döndüklerinde Galileo'nun ünü tam da kendisine faydası olacak şekilde bu çevreler içerisinde yaygınlaştı.

Bu özel öğrencilerin Galileo'nun evinde aldıkları eğitim, Galileo'nun üniversitede vermekle yükümlü olduğu resmi derslerden genelde oldukça farklıydı. Sözde matematik profesörü olsa da, anlatması gereken konular o dönem doğa felsefesi denen, bizim bugün fizik dediğimiz alanı da kapsıyordu. Resmi müfredat halen büyük oranda Aristoteles'e dayalıydı ve Galileo derslerinde görev gereği, ancak işine coşkuyla sarılmadan parti çizgisini anlatıyordu. Özeldeyse dünya hakkındaki yeni ve alışılmışın dışında fikirleri tartışıyor, hâttâ bu fikirlerin bazılarını ele alan bir kitabın ilk taslağını kaleme alıyor, ancak basmamaya karar veriyordu; bunun henüz isim yapmamış bir genç adam için akıllıca bir davranış olduğu kesindi.[5]

Viviani'nin ortaya attığı Galileo efsanelerinden bir başkası Galileo'nun Pisa'da matematik profesörü olduğu zamanlara aittir, ancak yine neredeyse kesin biçimde doğru değildir. Bu Galileo'nun hepsinin aynı anda yere ineceğini göstermek için farklı ağırlıkları Pisa Kulesinden aşağı nasıl attığına ilişkin ünlü hikâyedir. Galileo'nun böyle bir şey yaptığına ilişkin hiçbir kanıt yok, ama 1586 yılında Flaman bir mühendis Simon Stevin (1548–1620; Stevinus diye de tanınır) gerçekten de yaklaşık 10 metre yüksekliğindeki bir kuleden aşağıya bırakılan kurşun ağırlıklar kullanarak bu tip deneyler gerçekleştirdi. Bu deneylerin sonuçları basıldı ve bundan Galileo'nun da bilgisi olsa gerekti. Galileo ile Pisa Kulesinden atılan ağırlıklar arasındaki –Viviani'nin Galileo'nun Pisa'daki matematik profesörlüğü dönemiyle karıştırdığı– bağlantı, aslında 1612 yılına dayanır. Eski Aristotelesçi okulun takipçisi profesörlerden biri bu ünlü deneyi yaparak Galileo'nun farklı ağırlıkların aynı hızda düştüğü iddiasını çürütmeye çalıştı. Ağırlıklar hemen hemen aynı zamanda düştü ama tam aynı anda düşmediler, gezginciler bunu Galileo'nun yanlış olduğuna kanıt gösterdi. Galileo yanıtında bunu şöyle çürüttü:

> Aristoteles 45 metrelik bir yükseklikten düşen 45 kg'lık bir topun 0,45 kg'lık bir topun 0,45 m yükseklikten düşmesinden önce yere varacağını söyler. Ben ikisinin de

[5] Taslak kitabın adı *Hareket Üzerine*'dir, ancak taslak Galileo'nun daha sonra aynı isimle basacağı kitapla pek az benzerlik taşımaktadır.

aynı zamanda varacağını söylüyorum. Siz denemeyi yaparak büyük topun küçük topu 5 cm'yle yendiğini söylüyorsunuz. Şimdi bu 5 cm'nin arkasına Aristoteles'in 44,55 m'sini saklamak istiyorsunuz ve benim çok küçük hatamdan bahsederek onun dev yanlışı hakkında sessiz kalıyorsunuz.

Hikâyenin gerçek versiyonu bize iki şey anlatıyor. Birinci olarak deneysel yöntemin gücünün altını çiziyor; gezginciler ağırlıkların farklı hızlarda düşmesini ve Aristoteles'in haklı olduğunu kanıtlamak isteseler bile yaptıkları deney Aristoteles'in yanlışlığını kanıtlıyor. Dürüst deney bize her zaman gerçeği söyler. İkincisi yukarıdaki alıntı bize Galileo'nun tarzı ve kişiliği hakkında çok şey söylüyor. Ünlü deneyi gerçekten kendisi yapmış olsa bu zaferden yazılarının hiçbir yerinde bahsetmemiş olabileceğine inanmak olanaksız. Deneyi hiç yapmadığı kesindir.

Galileo Pisa Üniversitesine hiç uyum sağlayamadı ve çok geçmeden başka bir iş arayışına girdi. Bulunduğu konumun göstergesi olan akademik cübbeyi giymeyi reddetti, profesör arkadaşlarının dünyanın nasıl işlediğini gerçekten araştırmaktansa konumlarının tuzaklarına kapılmaya daha hevesli olmalarıyla alay etti, şehrin köhne barlarında öğrencilerle ahbaplık eden sıra dışı (o dönemde sahip olduğu uzun kızıl saçları ve sakalıyla) bir figür oldu. 1592 yılında sözleşmesinin yenilenmesini giderek zora sokan düzen karşıtı görüşleri haricinde, esasen 1591 yılında Vincenzio Galilei öldüğünde üzerinde daha iyi bir gelir elde etme ihtiyacının baskısını yoğun hissetmeye başladı. Vincenzio çocukları için herhangi bir miras bırakmak şurada dursun, ölmeden bir süre önce kızı Virginia için cömert bir çeyiz sözü vermiş ve Galileo ile erkek kardeşi Michelangelo Galilei yasal olarak bu borçtan sorumlu hale gelmişlerdi. Pratikte bu, ailenin reisi olarak Galileo'nun borcu üstlenmesi anlamına geliyordu; bunun nedeni sadece Michelangelo'nun kendi payını ödeyememesi değil, sürekli Galileo'ya hiç geri ödemediği "borçlar" için gelip duran züğürt ve seyyah bir müzisyen olmasıydı. Bu durum Galileo için özellikle külfetliydi, çünkü parayı kendisine harcamayı seviyor, eline para geçince güzel şaraplardan, iyi yemeklerden ve dostlarını cömertçe eğlendirmekten zevk alıyordu.

Galileo'nun edinebildiği yeni yer Padova Üniversitesindeki matematik kürsüsü oldu. Bunun saygınlığı ve maaşı daha yüksek bir iş olması haricinde Padova, yeni fikirlerin bastırılmayıp olumlu anlamda cesaretlendirildiği ve Roma'ya karşı durabilecek kadar zengin ve güçlü bir devlet olan Venedik Cumhuriyetinin bir parçasıydı. Galileo Toskanya elçisinin yardımıyla Venedikli soyluları şahsen ziyaret ederek bu atama için uğraşmıştı. İstediğinde Galileo insanlarla ilişkilerinde becerikli ve gayet sempatik olabiliyordu; Venedik'te de büyük etki yarattı, kitap ve elyazmalarıyla dolu çok geniş bir kütüphaneye sahip zengin entelektüel Gianvincenzio Pinelli ve Guidobaldo'nun kardeşi General Francesco del Monte'yle özel birer dostluk geliştirdi. Yeni işini dört yıl için yıllık 180 kronluk bir maaş anlaşmasıyla aldı, ayrıca Venedik Cumhuriyetinin başı Duce dilerse görevini iki yıl daha uzatma taahhüdünü verdi. Toskanya Grandükünden aldığı izinle Galileo yeni görevine 1592 yılı Ekim ayında, 28 yaşındayken başladı. (Yeni Grandük Ferdinando olmuştu; Cosimo 1574'te ölmüş ve yerini Ferdinando'nun ağabeyi Francesco almış, o da, her ne kadar kızı Marie ileride Fransa Kraliçesi olacaksa da, 1587 yılında arkasında erkek varis bırakmadan ölmüştü.) Başlangıçtaki bu dört yıllık anlaşma, Padova'da Galileo'nun sonradan hayatının en mutlu yılları olarak adlandıracağı, on sekiz yıllık bir ikamete dönüştü.

Galileo'nun Padova'da adını duyurması oldukça pratik yollarla, önce (Venedik Cumhuriyeti için hayati önemde bir konu olan) askeri istihkâm alanında bir bilimsel incelemeyle, ardından üniversitede verdiği derslere dayanan bir mekanik kitabıyla oldu. Kitapta birçok başka şeyin yanı sıra Galileo makaralı sistemlerin nasıl çalıştığını ayrıntılarıyla açıklıyordu. Bu sayede her şey başlangıçta mucize eseri (çaba harcamadan istediğine kavuşma durumu) gibi görünse de, (örneğin) 1 kg'lık bir ağırlık 10 kg'lık bir ağırlığı kaldırmak için kullanılabiliyordu; bunu yapmak için 1 kg'lık ağırlık, on ayrı 1 kg'lık ağırlığı kaldırmak için on ayrı yolculuk yaparcasına, 10 kg'lık ağırlığın on katı hareket etmeliydi. Galileo'nun Padova'da Pinelli gibi yeni arkadaşlarıyla beraberliği sırasında sosyal ve düşünsel hayatı da gelişim gösterdi. Bu yeni çevre içerisinde Galileo'nun sonraki yaşantısı üzerinde büyük bir rol oynayacak özellikle iki kişi vardı: Papaz Paolo Sarpi ve Kar-

dinal Roberto Bellarmine. Sarpi Galileo'nun yakın dostu oldu, Bellarmine ise (tanışıklığın biraz ötesinde) bir arkadaşıydı; ancak ikisi çok farklı dinsel konumların temsilcisiydi. Sarpi o kadar alışılmışın dışında bir Katolikti ki, karşıtlarından bazıları gelecekte onun gizli bir Protestan olduğundan kuşkulanacaktı. Bellarmine ise düzenin önde gelen isimlerinden biriydi, ileride Giordano Bruno'nun dinden sapkınlıkla suçlanmasında başat bir rol oynayacak olan bir teolog ve entelektüeldi.[6]

Galileo artık mesleki yönden büyük bir saygı görüyor ve etkili bir çevreye sahip olsa da hâlâ para konusundaki süregelen kaygılarından kurtulamamıştı. Bu yüzden kendisini zengin edecek bir şey icat ederek mali sorunlarını çözmeye çalıştı. İlk fikirlerinden biri, bugünün bakışıyla ifade edersek "yukarıdan aşağıya" çalışan ilk termometrelerden biri oldu. Bir ucu açık, diğeri soğan biçiminde şişirilmiş bir cam tüp önce (havayı dışarı atmak amacıyla) ısıtılıyor, ardından tüp açık ucu aşağıda olacak şekilde bir su tasının içine dik biçimde yerleştiriliyordu. Tüpteki hava soğuyup büzüşünce suyu içine alıyordu. Termometre bir kez kuruldu mu, havalar ısınmışsa soğan biçimindeki tarafta kalan hava genişliyor ve sıvı düzeyini aşağı doğru itiyor, havalar soğumuşsa hava daha da büzüşüyor ve tüpteki suyu daha da yukarı çekiyordu. Buluş başarılı değildi, çünkü tüpteki sıvının yüksekliği dışarıdaki havanın değişen basıncıyla da bağlantılıydı. Ancak Galileo'nun ne kadar pratik zekâlı ve becerikli olduğunu gösteriyordu.

"Pergel" Keşfi

1590'lı yılların ortalarında geliştirdiği bir başka fikir belli ölçüde başarılıydı, ancak Galileo'yu zengin etmedi. Bu "pergel" adıyla bilinen, hesap makinesi olarak kullanılabilen dereceli bir metal aletti. Başlangıçta topçuların farklı mesafelerden toplarını ateşleyebilmeleri için gereken irtifaları hesaplamalarına yardımcı olan bir araçtı, ancak sonraki birkaç yıl içerisinde çok amaçlı bir hesaplama aleti olarak geliştirildi. Küçük hesap makinelerinin

[6] Bellarmine 1605'te istese neredeyse kesinlikle Papa seçilebilecek bir konumdaydı, ancak tacın arkasındaki güç olmayı tercih ederek kendisini aday göstermeyi reddetti.

on altıncı yüzyıl sonundaki karşılığı olan alet, döviz kurlarını ve bileşik faizleri hesaplamak gibi pratik işlerde kullanıldı. 1590'lı yılların sonunda kısa bir süre için satışı o kadar yüksekti ki, Galileo yanında aleti kendisi için üretecek becerikli bir işçi istihdam etmek durumunda kaldı. Pergelleri görece ucuza satıp kullanmasını öğrenmek isteyenlerden çok yüksek bir katılım payı keserek piyasada iş yapma zekâsına sahip olduğunu gösterdi. Ancak saadeti sonsuza dek süremezdi; başka insanların aleti kopyalamasını engellemenin ve kullanmasını bilenlerin bilgilerini aktarmalarını engellemenin yolu yoktu.

İcadının Galileo'nun gelirinde yarattığı sıçrama kısa süreli olsa da, tam zamanında gelmişti. 1590'lı yılların ikinci yarısında kendisine göre daha alt bir toplumsal kökenden gelen Padovalı bir kadın olan Marina Gamba'yla düzenli bir ilişki kurmasıyla kişisel yükümlülükleri artmıştı. İkili hiçbir zaman evlenmedi (hâttâ hiç aynı evde yaşamadılar), ancak ilişkileri herkesçe biliniyordu ve Marina Galileo'ya ikisi kız (1600 ve 1601 doğumlu), biri erkek (1606) olmak üzere üç çocuk verdi. Büyükbabasının ismi olan Vincenzio adını alan oğlan daha sonra resmi olarak Galileo'nun mirasçısı olarak tanındı ve babasının adını aldı. Kızların kaderinde rahibe olmak yazılıydı; bu kader Galileo'nun kız kardeşlerinin çeyiz parasını ödemek için gereken parayı bulma sorunlarının halen sürüyor olmasıyla bağlantılı olabilir, kızlarında aynı durumu bir kez daha yaşamamak konusunda kararlıydı. Kız kardeşi Livia Galileo'nun ikinci kızının doğduğu 1601 yılında evlendi, Galileo ve (o sırada Almanya'da yaşayan) Michelangelo, Virginia gibi ona da büyük bir çeyiz parası sözü verdiler. Ve Michelangelo bir kez daha kendi payını ödemedi.

Galilei 1603 yılında hayatının geri kalanında kendisini etkileyecek bir hastalık geçirdi. Padova yakınlarındaki tepelerde yer alan bir kır evini arkadaşlarıyla ziyaret ederken, (sıkça yaptığı gibi) önce bir dağ yürüyüşü keyfi yaptı, onu kuvvetli bir yemek ziyafeti izledi ve ardından iki arkadaşıyla beraber bir kanal sistemiyle yakınlardaki mağaralardan gelen soğuk havayla beslenen bir odada yatmaya gitti. Bu eski usul havalandırma sistemi üçlü yatmaya giderken kapalıydı ancak daha sonra uşaklardan biri tarafından açıldı ve mağaralardan gelen soğuk, nemli hava

odayı doldurdu. Üçü de ciddi biçimde hastalandılar ve içlerinden biri öldü. Bunun sıradan bir üşütmeden fazlası olduğu görülüyor, ayrıca odaya mağaralardan bazı zehirli gazların girmiş olması da muhtemel. Tam nedeni ne olursa olsun, Galileo hayatının geri kalanında bir eklem rahatsızlığının sürekli nükseden ve bazı zamanlar kendisini haftalarca yatağa mahkûm eden nöbetlerinin ızdırabını çekti. Sonrasında da hep bu kronik hastalığının 1603 yılında ölümün kıyısından dönmesinden kaynaklandığına inandı.

1604 yılında 40 yaşına vardığında Galileo artık Venedik devletinin pratik çıkarlarına da hizmet sunan bir doğa felsefecisi ve matematikçi olarak nam salmıştı ve Padova'da dolu dolu ve mutlu bir yaşam sürüyordu. Sarkaçlarla ve eğimli yüzeylerde yuvarlanan toplarla gerçekleştirdiği ünlü deneylerini burada gerçekleştirdi ve ivme üzerine yürüttüğü bu araştırmada farklı ağırlıktaki nesnelerin kütleçekim etkisi altında (cisimleri yatay olarak atmadan) aynı oranda ivmelendiği sonucuna vardı. Galileo'nun çalışmalarındaki temel esaslardan biri, hipotezleri sınamak için her zaman deneyler yapmak, deneylerin sonuçları beklentileriyle uyuşmuyorsa hipotezlerde değişiklik yapmak veya onlardan tümden vazgeçmekti. Galileo hidrostatik konusunu da araştırdı, Gilbert'in çalışmalarının izinden giderek manyetizma olgusu üzerine çalıştı ve aralarında Kepler'in de yer aldığı başka doğa felsefecileriyle yazıştı. (Mayıs 1597'de Kepler'e yazdığı bir mektupta Galileo ilk kez açıkça Kopernikçi dünya modelinin kendisini heyecanlandırdığını ifade etti.)

Tüm bunların yanı sıra Galileo'nun dolu dolu bir özel yaşamı da vardı. Edebiyat ve şiir çalışmaları yaptı, düzenli bir tiyatro izleyicisiydi ve ut çalışını yüksek beceri düzeyinde tutmaya devam etti. Dersleri (o bunları deney çalışmalarından ve sosyal yaşamından zaman çalan bir angarya olarak görmeye başlamışsa da) beğeniliyordu ve bir Aristoteles karşıtı olarak artan ünü özgür düşünceli Venedik Cumhuriyetinde sadece itibarını yükseltiyordu. Üniversite sözleşmesinin bittiği her seferinde yenileneceğinden kimsenin kuşkusu olmuyordu ve maaşı, bırakın emeklilik dönemini güvenceye almayı, zor günler için bile kenara bir şeyler koymasa da, rahat içinde yaşamasına yetecek kadar yükselmişti.

Süpernova Çalışmaları

Kepler'in incelediği süpernovanın gökte belirdiği 1604 yılının Ekim ayında Galileo'nun saygınlığı daha da arttı. Ordu için yaptığı çalışmalarda geliştirdiği özenli araştırma tekniklerini kullanarak Galileo (ilk kez) gökbilimci giysisini kuşandı ve ortaya çıkan yeni yıldızın diğer yıldızlarla karşılaştırıldığında gökyüzünde hiç hareket etmediğini tespit etti. Olumlu tepkiler alan bir dizi açık derste Aristotelesçi değişmeyen gök kubbeler anlayışını çürüterek, bu yıldızın dünyadan diğer yıldızlar kadar uzak olması gerektiğini tartıştı ve vardığı sonuçları kısa bir şiirle özetledi:

> Ne diğer yıldızlardan daha aşağıda duruyor
> Ne de tüm sabit yıldızlardan başka yöne gidiyor
> –görünümünde ve boyutunda bir farkı da yok.
> Tüm bunlar en saf mantığa dayanarak ispatlı
> Dünyadaki bizler için de yok ıraklık açısı
> Nedeni de gökyüzünün muazzam kuşağı[7]

Galileo'nun kamusal ünü arttıkça özel yaşamında sorunlar baş göstermeye başladı. 1605 yılında her iki kayın biraderi de ona kızkardeşlerinin çeyiz paralarının taksitlerini ödemediği için (Floransa'da) dava açtı. Galileo'dan dokuz yaş daha genç bir Venedikli soylu olan arkadaşı Gianfrancesco Sagredo mahkeme giderlerini ödedi ve yasal süreci geciktirmek için elinden geleni yaptı ama 1605 yılı yazında Galileo dava için Floransa'ya gitmek zorunda kaldı. Tam da bu zamanda Toskanya Grandüşesi Christina, gençlik çağındaki oğlu Cosimo'ya askeri pergelini kullanmayı öğretmesi ve genel matematik dersleri vermesi için Galileo'yu yanına davet etti. Galileo'nun devlet katındaki ayrıcalıklı konumuna ilişkin bu açık belirti (muhtemelen Christina'nın mahkemeye yaptığı doğrudan baskıyla birlikte) Galileo'ya yönelik ithamların en azından o dönem için sessizce düşmesi sonucunu verdi. Ancak bu ziyaret Galileo'da –tercihen kendisini ders verme yükünden de kurtaracak– bir saray atamasıyla geri dönerek yaşamının geri kalanını Toskana'da geçirme yönünde bir arzu da

[7] İngilizce çevirisi Reston'dan alınmıştır.

uyandırdı.[8] Böyle bir ihtimal de vardı, çünkü Floransa'daki saray matematikçisi (Ostilio Ricci, Galileo'yu matematikle ilk tanıştıran kişi) 1603 yılında ölmüş ve makamı hâlâ boş durmaktaydı. Böyle bir dönüş için uğraşmaya başladı ve 1606 yılında pergelinin kullanım kitapçığı niteliğinde Prens Cosimo de' Medici'ye adadığı sınırlı basım bir kitap yayımladı. Padova'daki makamına (maaşında bir başka yükselişle) tekrar atanmasına karşın Galileo Toskanya'yla iletişim kanallarını sonuna kadar açık tuttu.

Galileo bir yandan kişisel yaşamında büyük değişiklikler peşinde koşar, diğer yandan planladığı kitap için deney çalışmalarından biriktirdiği malzemeyi toplarken İtalya'daki politik koşullar dramatik bir değişikliğe uğradı. V. Paul 1605 yılında papa seçildi ve kilisenin otoritesini genişletmek ve Katolik devletler üzerindeki papalık denetimini sıkılaştırmak için kararlı bir çabaya girişti. Papa açısından en büyük engel kendisine ait güçlü ordulara sahip olmamasıydı, etkisini arttırmak demek ya başkalarının geçici kuvvetlerine bel bağlamak ya da (Engizisyonun yardımıyla) dinsel otoritesini hayata geçirmek anlamına geliyordu. O dönemde Duce'ye teolojik danışman olan Paolo Sarpi cennete giden yolun sadece manevi çalışmalardan geçtiğini açıkça savunduğu, kralların ve papaların Tanrı adına politika yapma kudretini kendilerine ait bir "kutsal hak" olarak görmelerini reddettiği için özellikle Venedik, Papa için tam bir çıbanbaşıydı. Tartışmanın diğer tarafında onun kutsal hakka sahip olması düşüncesine en büyük entelektüel desteği Kardinal Roberto Bellarmine veriyordu. Kardinal, özellikle kendi adını papalık seçiminde aday olmaktan çektiğini V. Paul'ün de bilmesi nedeniyle, Roma'daki tacın arkasındaki esas güç konumundaydı. Tartışmanın Galileo'nun yaşamına doğrudan etkileri daha az olan burada girmeyeceğimiz başka yönleri de var. Sonucu ise Papa'nın 1606'da Venedik Ducesini ve Sarpi dâhil tüm memurlarını aforoz etmesi oldu. Venedik'teki papazlar arasında belli bir vicdan muhasebesi söz konusu olsa da, netice itibarıyla Cumhuriyet genel anlamda aforozu görmezden

[8] Galileo'nun yeni yıldız hakkında söyledikleri Padova'da bir muhalefetle de karşılandığı için, her pozisyonu açık tutarak sırtını sağlama almaya çalışması da olası, çünkü Medicilerden de oradaki kürsüsünün yenilenmesi için destek istemiştir.

geldi ve işlerini (dinsel işleri dâhil) alışıldık biçimiyle sürdürdü. Misilleme olarak bütün Cizvitler Venedik Cumhuriyetinden sürüldü. Manevi etki, cehennemin ateşlerinde yanma tehdidi bile bu kesitte Papa'nın otoritesini arttırmakta açıkça başarısız olmuştu ve bir süre için tek alternatif (savaş) Katolik İspanya'nın Papa'yla ittifak ilan etmesi ve (o dönemde büyük oranda Protestan olan) Fransa'nın Venedik'e yardım önerisinde bulunmasıyla ciddi bir olasılık haline geldi.

Ancak kriz birkaç ay sonra duruldu ve gerilimin düşmesiyle Sarpi "sevgi gösterileceği ve iyi karşılanacağı" söylenerek teolojik görüşlerini Bellarmine'le tartışması için Roma'ya davet edildi. Sarpi arkadaşlarına Vatikan'ın tartışmada kullanacağı delillerin muhtemelen ip ve ateşi de içereceğini çok iyi bildiğini söyleyerek çağrıyı reddetti ve Venedik'teki devlet işleriyle çok meşgul olduğunu söyledi. Destek için Venedik devleti resmi olarak cumhuriyeti terk etmesini yasakladı. Sarpi'yi yakamayan Vatikan bunun yerine Sarpi'nin kitaplarını yaktı; bunun üzerine Venedik Senatosu da derhal maaşını iki katına çıkardı. Venedik Roma'yla arasındaki siyasal savaşı kazanmış ve Sarpi'nin Cumhuriyet'teki etkisi her zamankinden fazla güçlenmişti. Ancak 7 Ekim 1607 tarihinde Sarpi sokakta kendisini on beş yerinden bıçaklayan ve kafasına saplanmış, sağ şakağından girip sağ yanağından çıkan bir hançerle bırakan beş adamın vahşi bir saldırısına uğradı. Sarpi şaşılacak şekilde (muhtemelen Roma'ya kaçan suikastçileri gibi) hayatta kaldı.

Sarpi'nin canına kastedilmesi Galileo'nun üzerinde derin bir etki yarattı.

Her ne kadar Venedik Cumhuriyeti Roma'ya karşı durabilse de, Katolik çizgiye boyun eğmeyen bireylerin İtalya'nın her yerinde tehlike altında olacağını fark etmişti. Tüm bunların üstüne bir de Padova'ya yoğun kar yağışlarının olduğu 1607/1608 kışı çok sert geçti ve 1608 yılının Mart ve Nisan aylarında Galileo yoğun bir eklem iltihaplanması rahatsızlığı geçirdi. Yaşadığı tüm zorluklara karşın mekanik, eylemsizlik ve hareket konusundaki destansı kitabını hazırlamaya devam etti. Galileo bu dönemde bir silahtan ateşlenen bir kurşunun veya havaya atılan bir cismin izleyeceği yörüngenin parabol biçiminde (elipse benzer ancak bir ucu açık

bir eğri) olacağını fark etti ve kanıtladı. On yedinci yüzyılın başında bile insanların çoğu bir toptan yatay olarak ateşlenen bir top mermisinin belli bir mesafe boyunca düz bir çizgi izleyeceğini, ardından dikey biçimde yere düşeceğini düşünüyordu. Gözlem yeteneği daha güçlü insanlarsa top mermisinin eğrisel bir hat izlediğini fark (veya tahmin) etmişti; ancak Galileo'nun çalışmasına dek kimse eğrinin biçimini, hâttâ top mermisinin hız ve ağırlığından bağımsız olarak aynı türde bir eğri olup olmadığını bilmiyordu. Ayrıca top mermisi topla deniz yüzeyinden aynı yükseklikte bir hedefi vuruyorsa, merminin hedefi (hava direnci göz ardı edilirse) toptan ayrıldığı hızla aynı hızda vurduğunu da gösterdi.

Galileo'nun para ve sağlık sorunları 1608 yazında çalışmalarına bir süre ara vermesine sebep oldu. O yaz Christina, 1609 yılında Ferdinando öldükten sonra Grandük II. Cosimo ünvanını alacak olan oğlunun evlilik töreninde kullanılmak üzere Arno nehri üzerine inşa edilen büyük bir tahta sahnenin yapımına nezaret etmesi için Galileo'yu yanına çağırdı. O an uğraştığı projeye kadar önemli olursa olsun Galileo Christina'dan gelen bir daveti geri çeviremezdi,[9] ayrıca bu peşinde olduğu ve hâlâ boş olan Floransa'daki saray matematikçisi kadrosunu alması için önemli bir fırsattı. Ancak Padova'ya döndüğü 1609 yılı başında 45 yaşına girmiş olan Galileo halen mali kaygılarının sıkıntısını çeken, tanınmış bir Kopernikçi ve Sarpi'nin dostu olarak Vatikan'ın hedefinde olmaktan kaygı duyan ve yaşamının geri kalanında mali konumunu güvence altına almak için pratik fırsatlar yaratma peşinde koşan bir haldeydi. Galileo'nun bilime yaptığı katkıların çoğunun başladığı nokta tam da bundan sonrasıdır.

Lippershey'in Teleskobu Yeniden Keşfi

Galileo teleskobun keşfedildiği yönündeki dedikoduları ilk kez 1609 yılı Temmuz ayında Venedik'e yaptığı bir ziyaret sırasında duydu (aslına bakılırsa bu bir yeniden keşifti, ancak on altın-

[9] Christina'nın II. Cosimo evlendikten sonra bile Grandüşes ünvanını korumasından ve Cosimo 1621'de öldüğünde oğlu II. Ferdinando'nun ergenliği sırasında Cosimo'nun dul eşiyle beraber ortak hükümdar naibi olmasından ne kadar önemli bir kişi olduğu tahmin edilebilir.

cı yüzyılda Digges'in teleskoplarının haberi etrafa hemen hiç yayılmamıştı). Haberin İtalya'ya geç ulaştığı bile söylenebilir, çünkü Hollanda'da ikamet eden bir gözlük üreticisi olan Hans Lippershey'in bir önceki sonbaharda şans eseri keşfettiği ve üç kat büyütme gücü olan teleskoplar Paris'te 1609 yılı ilkbaharında oyuncak olarak piyasada satışa sunulmuştu. Bu harika aletten haberdar olduğunda eski dostu Sarpi'ye danışmak istediğinde, Galileo şaşkınlıkla Sarpi'nin haberi birkaç ay önce duyduğunu ve zamanında Galileo'nun öğrencisi olmuş Paris'te ikamet eden Fransız bir soylu olan Jacques Badovere'le konuyla ilgili temasa geçtiğini öğrendi. Sarpi haberi Galileo'ya vermemişti; mektuplaşmalarının aksamasının nedeni kısmen Sarpi'nin senato danışmanı olarak üstlendiği zaman öğütücü görevler, kısmen de suikast girişiminden sonra iyileşme sürecinde yaşadığı yorgunluktu. Önemini fark etmekte ağır kalan Sarpi'nin aksine Galileo uzak nesneleri görünebilir kılan bir aletin, servetlerin genellikle limana hangi gemilerin yaklaştığını ilk önce tespit etmeye dayandığı Venedik için müthiş bir askeri ve ticari önem taşıdığını derhal fark etmişti. Bu yeni haberi en iyi nasıl avantaja çevirebileceğini düşünürken nihayet piyangonun kendisine vurduğunu düşünmüş olsa gerek.

Ardından Galileo'nun Sağladığı İlerleme

Ancak oldukça geç kalmıştı. Ağustos ayı başında Galileo hâlâ Venedik'teyken bir Hollandalının bu yeni aletlerden biriyle Padova'ya geldiğini duydu. Derhal Padova'ya koştu, ancak elinden kaçırdığı yabancının aleti Duce'ye satma amacıyla Venedik'e geçtiğini öğrendi. Yarışı kaybetmiş olmanın endişesiyle Galileo bir tüp içerisinde iki lens olması dışında hakkında hiçbir şey bilmediği aleti büyük bir telaş içerisinde kendisi yapmaya girişti. Galileo'nun tüm kariyerinin en etkileyici anlarından biri yaşandı ve 24 saat içerisinde dönemindeki en iyi teleskobu imal etmeyi başardı. İki içbükey lensin kullanıldığı Hollanda versiyonu ters yüz bir görüntü verirken, Galileo bir dışbükey ve bir içbükey lens kullanarak dikey bir görüntü sağlamıştı. 4 Ağustos'ta Venedik'teki Sarpi'ye şifreli bir mesaj yollayarak başarısını haber verdi. Sarpi



9. Yeni evren modeli ve teleskobuyla Galileo, Kopernik ve Kepler, savundukları fikirlerin eski bir İngilizce anlatımından, 1640.

Senato danışmanı olarak Hollandalı ziyaretçiyle ilgili karar alınmasını erteleterek Galileo'ya on kat büyütme gücü olan (ve deri bir kılıf içerisine yerleştirilmiş) bir teleskop yapması için gereken zamanı kazandırdı. Ağustos'un sonu gelmeden Venedik'e döndü ve Senato'da yaptığı teleskop sunumu büyük bir heyecan yarattı. Açıkgöz bir siyasetçi olan Galileo teleskobu Duce'ye bir hediye olarak sundu. Duce ve Senato hoşnut edilmiş biçimde Galileo'ya Pisa Üniversitesindeki görevinde ömür boyu kadro hakkı verdiler, ücretini de iki katına, yıllık 1000 krona çıkardılar.

Ücret artışı bir sonraki yıldan itibaren başlayacak olmasına ve külfetli eğitsel görevler üstlenmesini gerektirecek olmasına karşın Galileo öneriyi kabul etti. Ancak bir süre sonra başka bir teleskopu II. Cosimo huzurunda sergilemek için Floransa'ya gitti. 1609 yılı Aralık ayında yirmi kat büyütme gücü olan bir teleskop imal etmişti. (1610 yılı Martındaysa yaklaşık yirmi dokuz kat daha bü-

yük bir büyütme gücü olan bir teleskop yapacaktı; bunlardan birini Köln Elektörü'ne,* Galileo'nun keşiflerinin doğruluğunu saptama ayrıcalığına layık gördüğü tek gökbilimci olan Kepler'e ulaştırması için gönderdi. Elindeki en iyi teleskobu kullanarak Galileo 1610 yılı başında Jüpiter'in en parlak (ve en büyük) dört uydusunu keşfetti. Uydulara Cosimo'nun onuruna "Medici yıldızları" adını verdi, ancak bugün gökbilimciler bunlara Jüpiter'in Galileo uyduları adını vermektedir. Aynı aletle Galileo Samanyolu'nun sayısız sayıda yıldızdan oluştuğunu; ay yüzeyinin (Aristotelesçilerin inandığı gibi) mükemmel düzlükte bir küre olmadığını, kraterlerle dolu olduğunu ve birkaç kilometre yüksekliğindeki sıradağlara sahip olduğunu (dağların yüksekliğini ay yüzeyindeki gölgelerinin uzunluğundan tahmin etmişti) tespit etti. Tüm bu keşiflerini 1610 yılı Mart ayında *Yıldızların Habercisi* [*Siderius Nuncius*] adlı küçük bir kitapta duyurdu. Kitap (başka kime olabilir?) Grandük II. Cosimo de' Medici'ye ithaf edilmişti.

Yıldızların Habercisi'nin yazarı tüm aydın çevrelerde ünlü oldu (kitap basılmasının üzerinden beş yıl geçmeden Çinceye çevrilmişti) ve yazarın ikametinin özellikle sınırları içerisinde doğduğu devlet başta olmak üzere hizmet ettiği tüm devletlere onur taşıyacağı açıktı. 1610 yılı Mayıs ayında Galileo kendisine önerilen yıllık 1000 kron maaşla Pisa Üniversitesinde Baş Matematikçi ve yaşamı boyunca Toskanya Grandükünün Felsefecisi ve Matematikçisi olma görevini kabul etti. Herhangi bir ders verme yükümlülüğü de olmayacaktı. Üstüne bir de Michelangelo adına ödemeye devam ettiği tamamlanmamış çeyiz paralarından, kendi payını çoktan ödemiş olduğu için tamamen muaf tutuldu.

Galileo henüz söz verilen maaş artışını almaya başlamamış olduğu, dolayısıyla yeni anlaşmanın başlamış sayılmayacağı gerekçesiyle Venedik Cumhuriyetine karşı herhangi bir yükümlülük hissetmiyordu. Bu yüzden tam Kepler'in de Jüpiter'in dört uydusunu gözlemlediği haberi kendisine ulaştığı anda yeni görevlerine başlamak üzere Ekim ayında Floransa'ya geri döndü. Marina Gamba tüm yaşamını geçirmiş olduğu Padova'da kalmaya karar verdi ve görünüşe göre ikili birbirinden dostça ayrıldı. Galileo'nun

* Kutsal Roma-Germen İmparatorluğu'nda, imparator seçimine katılma hakkına sahip prens ya da piskopos.

iki kızı Galileo'nun annesiyle yaşamak üzere Floransa'ya taşındı, ancak oğlu babasının yanına gelecek yaşa gelene dek bir süre için Marina'yla birlikte kaldı. Öte yandan kişisel yaşamındaki bu karışıklıklar yakın zamanda Galileo'nun yeni bilimsel keşifleri sonucu karşılaşacağı sorunlara göre hayli önemsiz kalıyordu.

Astronomik gözlemler Kopernik modelinin doğruluğuna net bir kanıt niteliği taşıyordu. Gezgincilerce kullanılan bir karşı gerekçe örneğiyse ay dünyanın etrafında döndüğü için, aynı anda dünyanın güneşin etrafında dönmesinin mümkün olamayacağıydı, çünkü dünya ve ay birbirlerinden ayrılamazdı. Bir şeyin (bu şeyin dünya veya güneş olması gerekçelendirme için farksızdı) yörüngesinde döndüğü kesin olan Jüpiter'in yörüngesindeki dört uyduyu keşfetmekle Galileo, dünya hareket ediyor olsa dahi dünyanın uydusunun onun yörüngesinde hareket etmesinin mümkün olduğunu gösterdi. Galileo Padova'dan ayrılmadan kısa bir süre önce Satürn'ün görünüşünde de bir gariplik olduğunu fark etti; açıklanması için Christiaan Huygens'in çalışması beklenmek zorunda olsa da, bu gariplik Satürn'ün mükemmel bir küre olmadığını açıkça gösterdi. Floransa'ya vardıktan kısa bir süre sonra Galileo Venüs'ün evrelerini, evrelerdeki ayın evrelerine benzer şekilde görünüm değişikliklerini, bu değişimlerin ancak ve sadece Venüs'ün güneş etrafında dönmesiyle açıklanabileceğini keşfetti. Hikâyenin devamı da var, çünkü Galileo eski bir öğrencisi olan Benedetto Castelli'den eğer Kopernik modeli doğruysa Venüs'ün evreler göstermek *zorunda* olduğuna işaret eden bir mektup almıştı! Galileo'nun mektubu aldığında Venüs'ü gözlemlemeye başlamış ve kısa sürede Castelli'ye tahmininin doğru olduğunu yazmış olmasına rağmen bu, gerçek bilimsel yöntemin en halis ve güçlü uygulamalarından birisine örnektir; bilimsel bir hipotez tahmin için kullanılıyor ve tahmin gözlemle sınanarak hipotezi destekleyen bir sonuca ulaşılıyordu.

Düşüncesinden vazgeçmeyen en inatçı Aristotelesçiler bunların hiçbirisinden ikna olmuyor, teleskoplarda görülenin gerçek olduğunu kabul etmeyi reddederek bulguların lenslerden kaynaklanan ölçüm hataları olmasını umut ediyorlardı. Galileo aletin büyütmek dışında bir şey yapıp yapmadığından emin olmak için yüzlerce gök cismini teleskop aracılığıyla ve teleskop olmadan

gözlemlemiş ve alet aracılığıyla gördüğünün gerçek olduğu sonucuna bizzat ulaşmıştı. Aristotelesçilerin kanıta inanma isteksizlikleri bugün bize gülünç geliyor olsa da vurgularında haklı oldukları bir yön de vardı. Gökbilimcilerin evrenin en uzak köşelerini araştırdığı, parçacık fizikçilerininse atomların ve onlardan da küçük varlıkların içyapılarını taradığı modern bilimde aletlerimizin bize ne söylediğine ve söylediklerini bizim yorumlama biçimimize güvenebilmemiz son derece önem taşıyor. Öte yandan Galileo'nun gördüğünün kelimenin basit anlamıyla gerçek olduğu çok açıktı. Galileo'nun bu dönemde teleskop kullanarak gözlemlediği bir diğer şey, güneşin yüzeyindeki karanlık noktalar olan güneş lekeleriydi. Bu daha önce başka astronotlarca da görülmüştü ama Galileo bunu bilmiyordu. Güneş yüzeyinde gözle görülebilen kusurların olması, Aristotelesçi mükemmel gökyüzü anlayışının mezarına çakılan bir başka çivi olarak değer kazandı.

Tüm kanıtların Aristotelesçilik aleyhine olduğu kesin ve Kopernikçi modeli desteklemek için kullanılabilir olmasına karşın, Bruno'nun kaderinin fazlasıyla farkında olan Galileo, Kopernikçi modeli kamuoyunda açıkça onaylamamak konusunda çok dikkatli davranmıştı. Kanıtlarını sunmayı ve gözlemlerin kendi başına konuşmasını tercih etti, yakın bir zamanda Roma Kilisesinin bile bu çıkarımları kabul edeceğine inanıyordu. Bu süreçte ilk adım olarak 1611 yılı Mart ayında Galileo Toskana devletinin resmi bilimsel elçisi olarak Roma'ya bir ziyaret gerçekleştirdi. Temmuza dek süren ziyaret görünüş itibarıyla bir zaferle sonuçlandı. Galileo Papa tarafından (halen V. Paul) kabul edilmekle kalmadı, papa cenaplarıyla dizlerinin üzerinde değil ayakta konuşmasına izin verildi. Kardinal Bellarmine Galileo'nun teleskobundan bizzat baktı ve Galileo'nun aletle ilgili iddialarını sınamak için eğitimli rahiplerden oluşan bugünün ifadesiyle bir bilim alt komitesi belirledi. Alt komitenin Cizvit üyeleri şu sonuçlara vardı:

1- Samanyolu gerçekten çok sayıda yıldızdan oluşmaktadır.
2- Satürn her iki tarafında yumrular olan garip oval bir biçime sahiptir.
3- Ayın yüzeyi düzgün değildir.
4- Venüs evreler göstermektedir.
5- Jüpiter'in dört uydusu vardır.

Hepsi resmiydi. Ancak bu gözlemlerden yapılan çıkarımlar konusunda hiçbir yorum yapılmadı.

Roma'dayken Galileo da bugün ilk bilimsel topluluk olarak değerlendirilen, 1603 yılında dört genç aristokrat tarafından kurulmuş *Lynceusçu Akademinin* üyesi oldu. *Kendilerine "lynxes" (vaşaklar)* adını veren bu grup üyeleri tarafından Galileo onuruna verilen bir ziyafette ilk kez büyütücü aletini isimlendirmek için "teleskop" adı önerildi. Galileo Roma'daki ziyareti sırasında güneşin görüntüsünü bir teleskop yoluyla beyaz bir ekrana aktaran bugünkü standartlaşmış aleti kullanarak güneş lekelerini de gösterdi. Ancak o dönemde kendisi güneşteki bu kusurların keşfedilmesini pek fazla önemli bulmamışa benziyor. Temmuz ayında bir zafer duygusuyla Floransa'ya döndü; Roma'daki karşılanışıyla Toskana adına şan katmış ve kendi düşüncesine göre çalışmalarına belli düzeyde bir resmi onay almıştı.

Galileo'nun yaşamının geri kalanına ait kısa özetlerin tümü ağırlığı ister istemez ardından gelen Roma otoriteleriyle çarpışmasına verecektir. Ancak yaşamının tüm hikâyesi kesinlikle bundan ibaret değildir ve Galileo'nun ilgilendiği alanların genişliğini ve bilimsel yöntem kullanımında sağladığı başarıyı yansıtan 1611 yılı yazında yapılmış bir çalışması burada aktarılmayı hak ediyor. Pisa Üniversitesindeki profesörlerle yoğuşma üzerine girdiği bir tartışmada Galileo'nun meslektaşlarından biri buzun suyun yoğunlaştırılmış bir biçimi olarak görülmesi gerektiğini savunur. Öte yandan Galileo buz suyun üstünde yüzdüğüne göre, buzun sudan daha hafif (daha az yoğun) olması gerektiğini ve bu yüzden suyun karıştırılmış bir biçimi olduğunu savunur.[10] Diğer profesör öyle değil, der. Buz yüzer, çünkü suyun altına doğru itilemeyen geniş ve düz bir tabana sahiptir. Galileo buz suyun altında tutulur ve ardından bırakılırsa, bu düz ve geniş tabanın suda yukarıya doğru yükselmeyi engellemediğine dikkat çekerek bu gerekçelendirmeyi çürütür. Ardından bunu aynı malzemeden yapılmış (bu yüzden aynı yoğunluğa sahip) katı cisimlerin sadece farklı şekiller verilerek suda batmalarının veya yükselmelerinin sağlanıp sağlanamayacağına ilişkin bir tartışma izler. Nihayet tartışma-

[10] Buzun sudan hafif olmasının nedeninin daha ileride değineceğimiz son derece ilginç bir öyküsü vardır.

da Galileo, aynı yapıda ama farklı biçimlerdeki cisimlerin suyun dibindeyken yükseleceğini mi yoksa biçimine bağlı olarak suyun altında mı kalacağını deneyle göstermesi için rakibine meydan okur. Herkese açık deneyin gerçekleştirileceği gün Galileo'nun rakibi deneyin yapılacağı yere gelmeyi başaramaz.

Önemli olan Galileo'nun gerekçelendirmesinin doğruluğu değildir (ki doğrudur). Buradaki önemli nokta, bu gerekçelendirmeyi iyi tasarlanmış deneylerle, kamuoyu önünde sınamaya ve deneylerin sonucuna katlanmaya istekliliğidir. Bu 1611 yılında bile henüz yeni görülen bir davranış biçimidir. Bu onu çok sayıda insanın gözünde *ilk bilim insanı* yapan özelliktir; aynı yılın başında Roma'da gayet sıcak karşılanmasına karşın onu sonunda Kiliseyle çatışmaya sürükleyecek olan da bu özelliği olacaktır.

Galileo'nun Kopernikçi Fikirleri Kâfirlikle Suçlanıyor

Galileo halen kitaplarına aldığı şeyler konusunda son derece dikkatli davransa da, Roma'daki başarısının ardından Kopernikçi fikirler hakkında eskisine oranla daha rahat konuşmaya başladı. Konu hakkındaki kamusal ifadeleri ne olursa olsun, Galileo'nun bu dönemde Kopernikçilik konusundaki duyguları Grandüşes Christina'ya yolladığı (aslen 1614 yılında yazılmış) bir mektupta açıkça kaydedilmiştir: "Güneşin, etrafında dönen gök cisimlerinin merkezinde yer aldığına ve yer değiştirmediğine inanıyorum. Bence dünya da kendi etrafında dönüyor ve güneşin etrafında hareket ediyor." Bundan daha açık ifadeler olmaz. Peki ya Christina'nın bunun kutsal kitabın öğretilerine ters düşmesi yönündeki kaygıları ne olacak? "Doğal görüngülerle ilgili tartışmalarda" diye devam eder Galileo "işe kutsal kitaplardaki pasajların hükümleriyle değil, duyusal deneyler ve gerekli olan kanıtlarla başlamak gerekir."

Kamuoyuna dönük gösterdiği dikkat sadece bir kez, güneş lekeleri üzerine kısa bir kitap kaleme aldığı (kitap da aslında Lynceusçu Akademi tarafından basılmıştı) 1613 yılında gevşedi. Kitapta iki talihsizlik vardı. Birincisi aşırı övgü dolu denebilecek önsözünde Lynceusçular güneş lekelerini keşfetme onurunu Galileo'ya bahşediyorlardı. Bu (muhtemelen haklı biçimde) onları

Galileo'dan önce gördüğünü iddia eden Cizvit astronom Christopher Scheiner'ın sert tepkisine yol açtı (aslında İngiliz Thomas Harriot ve Hollandalı Johann Fabricius bu keşifte ikisinin de önündeydi). İkincisi güneş lekesi kitabına yaptığı bir ekte Galileo düşüncesini desteklemek için Jüpiter'in uyduları örneğini vererek, Kopernikçi fikirlere ilişkin yayımlanmış tek açık ve net destek ifadesini kaleme alıyordu. Bu ve Kopernikçiliği destekleyen basılmamış yorumları Galileo'nun eleştirilere maruz kalmaya başlamasına yol açtı. Görüşlerinin sağlamlığından ve Roma'da dostları olduğundan emin, 1615 yılında rahatsızlığının kısa bir dönem nüksetmesinin ardından şimdi elli ikinci yaş gününe yaklaşan Galileo, şüpheleri gidermek amacıyla yıl sonunda Roma'yı ziyaret etme izni aldı. Bu Roma'daki Toskanya elçisinin özel tavsiyesine aykırıydı: Elçi dışarıdan başarılı (rakiplerinin gözünde haddinden fazla başarılı) görünen 1611 yılındaki ziyaretinden beri Roma'daki bazı çevrelerde Galileo'ya karşı kötü duygular beslendiğini söylüyor, yeni bir ziyaretin işleri daha da kötüleştireceğini belirtiyordu. Bu uyarılara rağmen Galileo 11 Aralık 1615 tarihinde elçinin Roma'daki konutunda resmi misafiri oldu.

Galileo'nun Roma'daki varlığı işlerin beklemediği biçimde bir dönüm noktasına varmasına sebep oldu. Bellarmine'nin tavsiyesi üzerine (73 yaşına gelmesine rağmen halen Aziz Peter'in tahtının arkasındaki güç oydu) V. Paul Kopernikçi fikirlerin kâfirlik olup olmadığına karar verecek bir papalık komisyonu oluşturdu. Vardıkları resmi sonuç, güneşin evrenin merkezinde yer alması fikrinin "ahmakça ve saçma... ve resmen kâfirlik" olduğuydu. Devamında dünyanın uzayda hareket etmesi fikrinin "en hafif ifadeyle inançtan sapma" olduğunu söylediler.

Bundan sonra Galileo'ya tam olarak ne olduğu kayıtlarda bazı belirsizlikler olduğu için tarihçiler arasında tartışma konusudur. Sonradan olanların ışığında 1616 Şubat ayının sonunda yaşanmış olabileceklere dair en muhtemel kayıt, Toronto Üniversitesinden Stillman Drake'e aittir. 24 Şubat'ta V. Paul, Papa'nın kişisel temsilcisi olarak Bellarmine'e Galileo'ya komisyonun hükme bağladığı iki fikri de "muhafaza etmemek ve savunmamak" zorunda olduğunu söylemesini emreder. Başka bir deyişle Galileo'nun Kopernikçi kurama inanması yanlıştır ve şeytanın avukatlığı perspektifi

içerisinden bile olsa onun lehine görüşler ifade etmemesi gerekmektedir. Papa'nın emri daha da ileri gidiyordu. Eğer ki Galileo bu emre uymayı reddederse bu durumda resmi olarak Engizisyon tarafından şahitler ve tasdikçiler huzurunda Kopernikçi fikirleri "muhafaza etmemek, savunmamak veya öğretmemek" zorunda olduğu yönünde uyarılacaktı. Buradaki önemli ayrım, bu resmi uyarı olmazsa Galileo'nun yine öğrencilerine Kopernikçi fikirleri öğretebilecek, hâttâ bunların kâfirlik içeren yaklaşımlar olduğunu ve kendisinin bu fikirleri paylaşmadığını açıklamaya özen göstermesi koşuluyla onlar hakkında yazabilecek olmasıydı.

26 Şubat'ta Bellarmine Papa'nın kararını nakletmek üzere Galileo'yu huzuruna kabul etti. Ne yazık ki Engizisyon temsilcileri, şahitler vs hepsi aynı odada hazır bulunmaktaydı ve eğer Galileo Bellarmine'in söyleyeceklerine katılma konusunda en ufak bir gönülsüzlük işareti gösterecek olursa devreye girmek için tetikte bekliyorlardı. Bellarmine Galileo'yu kapıda karşıladı ve ona birazdan ne olursa olsun her şeyi kabul ederek itiraz etmemesi gerektiğini fısıldadı. Odadaki diğer insanların kimler olduğunu çok iyi bilen Galileo Papa'nın uyarısını dikkatle dinledi ve hiçbir şekilde karşı çıkmadı. Bu noktada adamını almaya kararlı Engizisyon devreye girdi ve öğretmeye atıf yapan kritik ikinci uyarıyı tebliğ etti. Bellarmine öfkeyle (veya en azından kendi payını örtmek için iyi bir kızgınlık izlenimi vererek) herhangi bir belge imzalanmasına zaman kalmadan hızla Galileo'yu odadan çıkardı. Ancak bu Engizisyonu toplantının imzalanmamış, tasdiklenmemiş ve şahit gösterilmemiş "tutanaklarını" resmi kayıtlara geçirmekten alıkoymadı. Galileo'nun Engizisyon tarafından bir şekilde cezalandırıldığı ve (en azından) bir tür kabahatten suçlu olduğu, bu yüzden eski inançlarından tövbe etmeye ve Engizisyon önünde günahlarından af dilemeye zorlandığı yönünde dedikodular yayılmaya başladı.

Bellarmine'nin gerçek durumu V. Paul'e açıkladığı kesin, çünkü 11 Mart'ta Galileo huzuruna kabulünde Papa'yla uzun ve dostça bir konuşma yaptı ve V. Paul net bir şekilde kendisi hayatta olduğu müddetçe Galileo'nun konumuna ilişkin herhangi bir kaygı duymaması gerektiğini söyledi. Yine de kaygı duyan Galileo tekrar Bellarmine'ye danıştı, o da Galileo'nun fikirlerinden dolayı tövbe etmediğini, af dilemediğini veya cezalandırılmadığını, sadece Ka-

tolik inancının tüm üyelerini kapsayan yeni bir genel hüküm konusunda bilgilendirildiğini belirten yeminli bir yazılı beyanname kaleme aldı. En azından şimdilik güvende olduğuna inanan Galileo Toskanya'ya geri döndü.

Galileo'nun sonraki yaşamı hastalıklarla boğuşmayla geçmesine (eklem rahatsızlığından ayrı olarak kendisini sıkça aciz düşüren ciddi bir fıtık hastalığı çekiyordu) ve destansı kitabı üzerinde yürüttüğü çalışma yavaş ilerlemesine rağmen, ellili ve altmışlı yaşlarında da bilimsel çalışmalarını devam ettirdi. Bunların içerisinde manyetizma üzerine önemli bir çalışma ve Jüpiter'in uydularının düzenli ve öngörülebilir hareketini bir çeşit kozmik saat olarak kullanma denemesi de vardı. Bu sayede rotacılar denizdeyken saatin kaç olduğunu tam olarak öğrenecek ve böylece boylamlarını belirleyebileceklerdi. (İlkesel olarak iyi bir fikirdi, ancak gerekli olan hassas gözlemlerin denizdeki bir geminin hareketli güvertesinde yapılması uygulamadan kopuktu.) Ancak tüm bunlar Galileo'nun kişisel yaşamında bir değişikliğin fonunda yaşanıyordu. Yaşının ilerlemesinin de etkisiyle Galileo 1617 yılında Floransa'nın batısındaki bir tepede kurulu, Bellosguardo adı verilen saray yavrusuna benzer güzel bir villaya taşındı. Bu taşınma, kızları 16 yaşındaki Virginia ve 15 yaşındaki Livia'nın Arcetri yakınındaki bir manastırda Azize Clare'nin yolundan giden rahibelere katılmalarıyla bağlantılıydı. Bu katılım kızlarının herhangi bir özel derin dinsel bağlılık hissetmelerinin sonucu değildi; Galileo bu taşınmayı gayri meşru kızlarının güvenli bir gelecek elde etmelerinin tek yolu olarak görüyordu. Çünkü hiçbir saygıdeğer adam büyük bir çeyiz parası almaksızın onlarla evlenmezdi ve onun da tekrar bu çeyiz parası işlerine girmeye hiç mi hiç niyeti yoktu. Tarikata katılmalarıyla Virginia Maria Celeste, Livia da Arcangela adını aldı. Galileo kızlarına hem coğrafi hem de duygusal olarak yakın oldu ve rahibe manastırını sıklıkla ziyaret etti; bu ilişkinin ürünü olan Galileo ile Maria Celeste arasındaki mektuplaşmadan elimize ulaşanlar Galileo'nun sonraki yaşamına ilişkin önemli bilgiler vermektedir.

Galileo Bellosguardo'ya yerleşir yerleşmez bilimsel alanda yeni bir tartışmaya bulaştı. 1618 yılında üç yeni kuyrukluyıldız görülmüştü ve (içlerinde Scheiner'in de olduğu) bir grup Cizvit bunların

önemine ilişkin hayal ürünü bir rapor yayımlamıştı. Galileo bunu çürüten yanıtında alaylı bir üslupla onların "felsefenin bir yazarın kaleme aldığı İlyada gibi bir kurgusal kitap" olduğunu düşünüyor gibi göründüklerini söyledi. Ona göre evren kitabı:

> İlk önce onu oluşturan alfabeyi anlamayı ve dili kavramayı öğrenmeksizin anlaşılamaz. Matematik dilinde yazılmıştır ve karakterleri üçgenler, daireler ve diğer geometrik şekillerdir, onlar olmaksızın insanların onun bir tek sözcüğünü anlaması olanaksızdır; onlar olmadan karanlık bir labirentte dolaşırsınız.

Bu noktada haklıydı, hâttâ bu gerçek bilimin ayırt edici bir özelliğidir. Ancak kuyrukluyıldızlara ilişkin Galileo'nun açıklaması da ne yazık ki yanlıştı, burada tartışmanın ayrıntılarına fazla girmemizin gereği yok. Ancak şu kesin ki kendisi gerçeklerle uğraşırken Cizvitlerin masallarla uğraştığını iddia ederek Galileo Roma'da kendisine daha fazla sorun yaratıyordu.

1620'li yılların başında Otuz Yıl Savaşları bir süre için Katoliklerin lehine döndü ve İtalya'daki siyasal durum Galileo'yu çarpıcı biçimde etkileyecek bir yönde değişime uğradı. 1621 yılında Roma'yla yaşadığı sorunlarda yakın rol oynayan üç kişi; Toskanya'daki hamisi II. Cosimo (30 yaş gibi genç bir yaşta), Papa V. Paul ve Galileo'nun Roma'daki en önemli bağlantılarından biri olan Kardinal Bellarmine (yetmiş dokuzuncu yaş gününden birkaç hafta önce) öldü. II. Cosimo'nun ölümü Toskanya'nın yönetimini 11 yaşındaki Ferdinando'nun naipleri olarak hareket eden Cosimo'nun eşi ve annesine bıraktı. Galileo halen saltanatın gözdesi olsa da, tahtın bir çocuğa geçmesi Toskana'nın İtalyan politikasındaki etkisini ciddi biçimde zayıflattı ve Toskana devletinin Roma'nın gözünden düşmüş birini koruma kabiliyetini azalttı. Her ne kadar elinde Bellarmine'nin yazılı ifadesi olsa da, onun ölümü Galileo'yu kritik 1616 olaylarına bir dostun tanıklığından mahrum bıraktı. Yine de V. Paul'ün ölümü başlangıçta bilim için iyi haber gibi göründü. Yerine yaşlı bir geçici görevli olarak 1623'te vefat edecek olan XV. Gregory geçtiğinde işler ilk elde Galileo için daha iyiye gidecekmiş gibi görünüyordu.

XV. Gregory ölmeden hemen önce Galileo, Roma'dan yeni bir kitap basmak için resmi bir izin aldı. *Ayarcı* (*Il Saggiarote*) kuyrukluyıldızlar üzerine çalışmasından çıkışını alıyor ama çok daha temel esaslara yöneliyor ve bilimsel yaklaşımı açık bir dille ifade ediyordu; evrenin öyküsünün "matematik diliyle yazılmış" olduğuna ilişkin yukarıdaki ünlü alıntı bu kitaptan alınmıştır. Galileo yüksek mevkilerde yeni dostlar da ediniyordu; bunlardan biri olan Francesco Barberini Roma'daki en güçlü ailelerden birinin[11] üyesiydi ve 1623 yılında Pisa Üniversitesinden doktorasını almıştı. Aynı yılın Haziran ayında Francesco'nun amcası (daha öncesinde yazılı olarak Galileo'yu bilimsel başarıları için aşırı övgülere boğmuş bir adam olan) Kardinal Maffeo Barberini'den aldığı mektupta Galileo'ya kardinalin yeğenine yardım ettiği için teşekkür ediliyordu. Mektubun yazılış üslubu dostça olmanın da ötesindeydi. Kardinal "Barberiniler size hizmete her zaman hazırdırlar" diyordu. Mektubun yazılışından iki hafta sonra XV. Gregory öldü. Onun seçimle gelen takipçisi Kardinal Maffeo Barberini oldu, VIII. Urban adını aldı ve aradan fazla zaman geçmeden de yeğeni Francesco'yu kardinal olarak atadı. Büyük bir hız ve en az onun kadar büyük bir politik uyum becerisiyle hareket ederek *Lynceusçular, Ayarcı* basılmadan hemen önce kitabı Papa VIII. Urban'a adamayı ve baş sayfasını Barberini arması olan üç arıyla süslemeyi başardılar. Papa memnun oldu ve kitabı masasında kendisine sesli okuttu, Cizvitlerin alaya alındığı kısımları da kahkahalarla karşıladı.

1624 yılının ilkbaharında Galileo her iki Barberini'yi de ziyaret etme amacıyla bir Roma yolculuğuna çıktı. Papa tarafından altı defa kabul edildi, altın bir madalya ve başka bazı payelerle ödüllendirildi (bunların arasında oğlu Vincenzio için ömür boyu aylık bağlanması da vardı), ayrıca Papa II. Ferdinando'ya Galileo'yu göklere çıkaran bir mektup yazdı. Fakat en büyük ödül Papa'nın Galileo'ya iki evren modeli (veya o zaman dedikleri gibi iki dünya sistemi) Ptolemaios modeli ve Kopernik modeli hakkında bir kitap yazma iznini vermesiydi. Tek şart iki modeli Kopernik

[11] Güçlü ama çok sevilmeyen bir aileydi. Sonraki kuşaklardan Romalılar, barbarların yıkmayı başaramadıklarını Barberinilerin çaldığını söyleyeceklerdi.

sistemi lehine taraf tutmadan anlatmak ve kendisini her iki tarafın savunduğu astronomik ve matematik gerekçelerle sınırlamak zorunda olmasıydı. Kopernikçiliği *anlatmasına* izin verilmiş ama *savunmasına* izin verilmemişti.

Galileo uzun zamandır bu tip bir kitap yazmanın hayalini kuruyor (ve gizliden gizliye bazı bölümlerin taslaklarına başlamış) olsa da, kitabı kaleme alması neredeyse hayalini kurduğu süre kadar uzun sürdü. Sağlık sorunlarının devam etmesi ve kırılganlığının artmasının yanı sıra kitaba odaklanmasını geciktiren etmenlerden biri de Galileo'nun o dönem etkili bir bileşik mikroskop geliştirmeyi başaran ilk kişilerden biri olmasıydı. Mikroskop her birinin zemini iki kat dışbükey şekilde olan (bir tarafı düz diğer tarafı dışa çıkmış biçimde değil de, kavramın doğru güncel kullanımıyla "lens şeklinde") iki merceğe sahipti. Mikroskobun icadını geciktiren de işte bu lenslerin sıkıştırılmasında yaşanan güçlüktü ve mikroskopi alanındaki bu öncü çalışmasıyla Galileo bu zanaattaki olağanüstü ustalığını sergiledi. (Aynı nedenle Galileo'nun teleskopları yaşadığı dönemde, sık sık lensleri için yeterince iyi cam bulmanın zorluklarından sızlanmış olsa da, hep dünyadaki en iyi teleskoplar arasında oldu.) Galileo'nun mikroskop kullanarak edindiği görüntülere dayanarak elde edilen ilk ayrıntılı böcek çizimleri 1625 yılında Roma'da basıldı. Yeni aletle yapılabileceklerin tam etkisinin hissedilmesi için belli bir süre geçmesi gerekti, Galileo'nun aletin keşfedilmesindeki rolüyse genellikle diğer büyük başarılarının gölgesi altında kaldı.

Galileo İki Büyük Dünya Sistemi Hakkında Diyalog'*u* Yayınlıyor

Galileo'nun kitabı *İki Büyük Dünya Sistemi Hakkında Diyalog* (kısaca *Diyalog* diye bilinir) 1629 yılının Kasım ayında tamamlandı. Başlıktan anlaşılabileceği üzere kitap (Kopernikçi tezi savunan) Salviati ve (Ptolemaiosçu tezi savunan) Simplicio adındaki iki kişi arasında süren hayali bir tartışma formunda yazıldı. Yöntem olarak böylesi diyalogların kullanımı eskiye dayanır ve Antik Yunanlılara kadar uzanır. İlkesel olarak da yazara genel kabul görmeyen alışılmadık fikirleri kişisel onay vermeden öğretmenin

zarif bir yolunu sağlar. Ancak Galileo'nun bu geleneği tam manasıyla izlediği söylenemez. Yaşamış gerçek bir Filippo Salviati vardır ve Galileo'nun bu yakın arkadaşı 1614 yılında ölmüştür. Kopernikçi için bu adı seçmekle Galileo tehlikeli bir şekilde kendisini bu dünya görüşüyle beraber tanımlamaya göz kırpmaktadır. Yine Aristoteles'in çalışması üzerine bir yorum kaleme almış olan Antik Yunanlı, gerçek, yaşamış bir Simplicio da vardır (asıl adı Simplicius'tur), dolayısıyla bunun da *Diyalog*'da Ptolemaios'un (ve Aristoteles'in) destekçisine uygun bir isim olduğu söylenebilir. Verilen isim Ptolemaiosçu sistemin doğru olduğuna ancak bir *simpleton*'ın[12] inanabileceğinin ima edildiğinin düşünülmesine açıktır. Kitapta üçüncü bir "ses" olarak Sagredo yer alır, o da adını Galileo'nun başka bir eski dostu 1620 yılında ölen Giovanfrancesco Sagredo'dan alır. Salviati ile Simplicio arasındaki tartışmayı dinleyen ve yer yer tartışma konuları ortaya atan tarafsız bir yorumcu olması beklenen bu karakter de kitabın akışı içerisinde giderek Simplicio'ya karşı Salviati'yi destekleyen bir konum alır.

Tüm bunlara rağmen kitap için başlangıçta her şey yolunda gider gibiydi. Kitabın basılması için Roma'nın sansüründen geçerek resmi onay mührü elde etmesi gerekiyordu ve bu görev için seçilen kişi bir dominikan rahibi olan Niccolā Riccardi, daha önce *Ayarcı*'yı herhangi bir değişiklik talep etmeden onaydan geçiren sansürcüydü. Galileo 1630 yılı Mayıs ayında el yazmasını Roma'daki Riccardi'ye ulaştırdı ama Haziran'da güneye, İtalya içlerine doğru yayılan ve Floransa'ya ulaşarak ulaşımın kesilmesi tehlikesini doğuran bir veba salgını nedeniyle eve dönmesi gerekti. Kitaba şartlı bir basılma izni verildi; Riccardo kitaba Kopernikçi görüşün sadece varsayımsal olarak sunulduğunu vurgulayan yeni bir önsöz ve sonuç bölümü eklenmesini istedi, ancak el yazmasının genelinden hoşnuttu ve koşulları gözeterek Galileo'ya eve dönme müsaadesi verdi. Riccardi ve arkadaşları değişiklikleri yapacak ve kitaba eklemesi için Galileo'ya göndereceklerdi. Eklemeler Floransa'ya ulaştığında Riccardi'den gelen açıklayıcı mektupta "özü korunduğu müddetçe yazar ifadeleri değiştirebilir veya güzelleştirebilir" cümlesi de vardı. Galileo yazılanı göründüğü gibi değerlendirme gibi büyük bir hata işledi.

[12] İngilizcede basit kişi, saf, avanak –çn

Kitabın basımını etkileyen veba dışında başka etmenler de oldu. Roma'da *Lynceusçular* tarafından basılması planlanıyordu. Baş Lynx Prens Frederico Cesi'nin 1630 yılı Ağustosundaki ölümü, etkinliklerinin maddi kaynağını yitirmiş olmaları da cabası olmak üzere topluluğun bütün işleyişini karman çorman etti ve Kilise kitabın basımının Floransa'da yapılmasına izin verdi. Yayılmasını sürdüren ve tüm normal etkinlikleri darbeleyen vebanın yarattığı zorluklardan dolayı *Diyalog*'un basımına 1631 yılı Haziranına dek başlanamadı ve tamamlanan baskılar ancak 1632 yılının Mart ayında ve sadece Floransa'da piyasaya sürülebildi. Birkaç kopya derhal Roma'ya yollandı; ilk kopyaları edinenlerden biri olan Papa'nın yeğeni Kardinal Francesco Barberini Galileo'ya kitabı çok beğendiğini yazdı. Ancak diğerleri onun kadar hoşnut kalmadılar.

Diyalog'da Galileo tekrar güneş lekeleri tartışmasını açtı ve bir kez daha eski Cizviti ve arkadaşlarını çileden çıkartacak şekilde Schneider'e birkaç iğneleme yapmaktan geri durmadı. Sansürce eklenen bölümlerde de sorun vardı. Galileo kendi görüşlerini temsil etmediğini açıkça ima edecek şekilde önsözü kitabın bütününden farklı bir yazı karakteriyle bastı. Tartışmaya son nokta olarak Kopernikçi sistemin (bizzat Papa'nın Peder Riccardi tarafından nakledilmiş ifadesiyle) sadece bir varsayım olduğunu ifade etmesi gereken kapanış cümleleri Simplicio'nun ağzından söylendi. Aslına bakarsanız Sagredo nihayetinde Salviati'nin tarafına geçtiği için de kitapta bu sözleri söyleyebilecek başka bir karakter kalmıyordu. Ancak Papa hazretlerine VIII. Urban'ın bir avanak olduğunu ima etmek amacıyla Galileo'nun bunu bilerek yaptığı aktarıldı ve bu da sonradan Galileo hakkında "o benimle dalga geçmekten korkmadı"[13] dediği rivayet edilen Papa'yı küplere bindirdi. Sonuç olarak konuyu ele almak üzere bir papalık komisyonu kuruldu. Galileo aleyhinde ne varsa bulmak için tüm dosyaları alt üst ederlerken Cizvitler kendilerince mahkûm edici kanıta rastladılar: Galileo'nun Kopernikçi fikirleri "muhafaza etmek, savunmak veya öğretmesinin" yasaklandığını söyleyen 1616 yılındaki oturumun imzalanmamış kayıtları. Resmi sansürden geçmiş ve papalık onayı almış bir kitabı bastığı için VIII. Urban'ın Galileo'yu Roma'ya sapkınlık nedeniyle yargı-

[13] Alıntı Reston'dandır.

lanmak üzere çağırmasına neden olan bariz kanıt buydu! Papa kitabın dağıtımını durdurmayı da denedi ama kitap Floransa'da basıldığından bunun için çok geç kalmıştı.

İşkence Tehdidi Altında Düşüncesinden Vazgeçiyor

Roma'dan gelen bu tür davetlerin ne anlama geldiğini (1623'te ölen) eski dostu Paolo Sarpi'den de bilen Galileo ilerlemiş yaşını ve hastalığını mazeret gösterdi (o sırada gerçekten de bir kez daha hasta düşmüştü). Engizisyondan korunmak için Toskanya devletinin yardımını almayı da denedi; ancak II. Fernando 1629 yılında grandük olarak resmi görevinin başına geçmiş olsa da, o esnada 19 yaşında, genç ve deneyimsiz olduğu için Toskanya, zamanında Venedik'in Sarpi'ye verdiği düzeyde bir desteği Galileo'ya sağlayamadı.

Nihayet 13 Şubat 1633'te Roma'ya gittiğinde Galileo aslına bakılırsa Engizisyonun çoğu misafirine oranla gayet iyi karşılandı. Toskanya sınırında neredeyse üç yorucu hafta boyunca karantinada tutulmuş olmasına karşın (vebanın ulaşımı ne kadar yoğun etkilediğinin bir göstergesidir), Roma'ya vardıktan sonra önce Toskanya Elçiliğinde kalmasına izin verildi. Nisan ayında mahkeme başladığında dahi rutubetli bir hücreye atılmamış, birkaç odadan oluşan rahat bir yere yerleştirilmiş durumdaydı (şüphesiz bu rahatlık geceleri onu uykusundan haykırışlarla uyandıran artirit acısının izin verdiği ölçüdeydi). Yargılama birçok kez ayrıntılarıyla anlatıldı, o yüzden bizim burada fazla ayrıntıya girmemize gerek yok. Galileo'nun sözde "suçları" içerisinde, sıradan insanların söylediklerini anlaması için Latince değil İtalyanca yazmış olması ve "şirretle ve sofistçe Kopernik'i savunan sapkın bir kâfir" olan William Gilbert'in çalışmasını övmüş olmasının sayılması, davacıların kanıta dayanmaya ne kadar az ihtiyaç duyduklarının göstergelerindendir. Ancak esas tartışma konusu Galileo'nun Kopernik sistemini öğretmesini yasaklayan bir papalık emrini herhangi bir biçimde çiğneyip çiğnemediğiydi. Bu konuda mahkemeye sunulan Cizvitlerin 1616'daki imzalanmamış toplantı tutanakları karşısında, Galileo'nun sunduğu Kardinal Bellarmine'in Galileo'nun bu düşünceleri "muhafaza etmemesi veya savunma-

ması" gerektiğini, bunun dışındaysa Katolik inancına mensup herhangi birinden daha fazla bir kısıtlamaya tabi olmadığını açıkça belirten kendi el yazısıyla yazılmış imzalı doküman baskın çıkıyordu. Ama şüphesiz kimse Engizisyondan kaçamazdı ve zaten göstermelik mahkeme bir kez başladı mı, muhtemel tek hüküm Galileo'nun bir şeylerden suçlu bulunarak başkalarına örnek olmak için cezalandırılmasıydı. Engizisyonun bulunduğu konum açısından sorun, birini haksız yere kâfirlikle suçlamanın kâfirlik kadar ciddi bir suç olmasıydı. Galileo suçlu değilse bu durumda onu suçlayanlar suçluydu ve onu suçlayanlar da Katolik Kilisesinin en yüksek otoriteleriydi. Galileo'nun bir şeyleri itiraf etmesinin sağlanması gerekiyordu.

Başından sonuna dek Galileo'nun yanında yer alan Kardinal Barberini, yaşlı adamı suçlu olmasa bile suçunu itiraf etmek zorunda olduğu, yoksa işkencecilerin devreye gireceği yönünde ikna etmek için epey uğraş verdi. Sonunda Galileo bulunduğu durumu kavradı ve meşhur ifadesini verdi. Kopernikçi sisteme inanmadığını söyledi ve hatasının kitabında Kopernikçiliği anlatırken fazla ileri gitmesi olduğunu, bunun altında da bu fikirleri (sadece eğitim amacıyla) inandırıcı biçimde sunma becerisine sahip olmasının yol açtığı gereksiz kibir duygusunun yattığını itiraf etti. "Hatalarımı lanetliyor, onlardan tiksiniyor ve tövbe ediyorum" dedi. 69 yaşında, kronik artrit acıları içerisindeydi ve işkenceden korkuyordu. Ünlü "*eppur, si muove*" ("yine de dönüyor") sözlerini söylediğine ilişkin hiçbir kanıt yoktur; söylemiş olsa ve söylediği de duyulsa kesinlikle germe işkencesine veya kazığa (muhtemelen de her ikisine birden) götürülürdü. Cizvitler kamuoyu önündeki zaferlerine ulaştığına göre artık geriye sadece cezayı belirlemek kalıyordu; o da ömür boyu hapis oldu. Aslına bakılırsa Engizisyon konseyi olarak kürsüde oturan on kardinalden yedisi hükmü imzaladı, Barberini'nin de dâhil olduğu diğer üçüyse reddetti.

Hüküm giymiş olmasına rağmen koşulları Barberini sayesinde aşamalı olarak yumuşatıldı: Önce Roma'daki Toskanya Elçiliğinde ev hapsinde, ardından (bir Galileo sempatizanı olan) Siena başpiskoposunun yanında göz hapsinde ve nihayet 1634 yılının başlarından itibaren Arcetri yakınındaki kendi evinde mahpus kaldı. Son uğrağında rahibelerin manastırını ziyaret etmesine izin veril-

mesine karşın, Floransa'daki doktorlara görünmek için bile olsa Arcetri'den ayrılmasına izin verilmiyordu. Galileo'nun evine son defa dönmesinin üzerinden fazla zaman geçmeden 2 Nisan 1634'te kızı Maria Celeste öldü. (Kızkardeşi Arcangela ise Galileo'dan sonra da yaşamını sürdürdü ve 14 Nisan 1659'ta öldü.)

Galileo *İki Yeni Bilim*'i Yayınlıyor

Galileo en büyük eserini Bellosguardo'da tecrit edilmiş haldeyken[14] tamamladı. Tam adıyla *İki Yeni Bilime İlişkin Araştırmalar ve Matematik Gösterimler* (kısaca *İki Yeni Bilim*) hayatı boyunca mekanik, eylemsizlik ve sarkaçlar (hareket eden şeylerin bilimi) ve cisimlerin dayanıklılığı (hareket etmeyen şeylerin bilimi) üzerine çalışmalarını derlemekle beraber bilimsel yöntemi ayrıntılarıyla açıklıyordu. Daha önce felsefecilerin imtiyazında olan konuları matematiksel olarak analiz etmesiyle *İki Yeni Bilim*, evrenin insan aklının kavrayabileceği yasalar tarafından yönetildiğini ve etkileri matematik kullanılarak hesaplanabilecek kuvvetler tarafından hareket ettirildiğini ayrıntılı olarak ortaya koyan ilk modern bilimsel ders kitabıydı. İtalya'dan gizlice çıkarılıp 1638'te Leiden'de Louis Elvezir tarafından basılan bu kitap, sonraki on yıllarda Avrupa'da bilimin gelişimi üzerinde, ondan daha fazla dile çevrilmiş olan *Diyalog*'tan bile daha çok, olağanüstü bir etkide bulundu. İtalya'daysa böyle bir olağanüstü etki yaratmadı; Rönesansın ilk filizlendiği ülke olan İtalya, Roma Kilisesinin Galileo'nun eserlerini yasaklamasının doğrudan bir sonucu olarak 1630'lardan itibaren dünyanın işleyişinin araştırılması alanında önce yerinde saymaya, ardından da gerilemeye başladı.

Ölümü

İki Yeni Bilim yayımlandığı esnada Galileo artık görmüyordu. Kör olmasının ardından dahi sarkaçlı saatler için özgün bir eşapman fikri buldu ve fikri aktardığı oğlu Vincenzio Galileo'nun ölümünden sonra gerçekten de böyle bir saat yaptı. Benzeri saatler Chris-

[14] Tam bir tecrit sayılmaz; Galileo'yu son yıllarında ziyarete gelen isimler içerisinde Thomas Hobbes ve John Milton da vardı.

tiaan Huygens'in bağımsız çalışmasının ardından on yedinci yüzyılda tüm Avrupa'ya yayıldı. Galileo, Vincenzo Viviani'yi 1638 yılının son aylarından itibaren asistan olarak yanına aldı; Viviani Galileo'nun kâtipliğini yaptı ve daha sonra Galileo'nun ilk biyografisini kaleme alan ve ustası hakkında bu büyük adamın popüler betimlenişine renk veren efsanelerin çoğunu yayan kişi oldu. Galileo seksen dokuzuncu yaş gününe birkaç hafta kala 1642 yılının 8 Ocak'ını 9'una bağlayan gecede uykusunda huzur içinde öldü. Bundan hemen iki yıl önce 1640 yılında Fransız Pierre Gassendi (1592–1655) eylemsizliğin doğasını sınamak için Fransız donanmasından gemi direğinin tepesinden aşağıdaki güverteye toplar atılırken sakin Akdeniz sularında son hızla kürek çekilmesine olanak veren bir kadırga (o dönemdeki en hızlı ulaşım aracı) ödünç alarak ayırıcı deneyini yapmıştı. Topların her biri direğin dibine düşmüş, kadırganın hareketi nedeniyle hiçbiri daha geriye gitmemişti.

Gassendi Galileo'nun yazılarından çok etkilenmişti ve bu örnek Galileo devriminin, fikirleri saf felsefi kavramlarla tartışmakla oyalanmak yerine ellerini deneylerle kirleterek hipotezleri sınama yaklaşımını yerleştirmesiyle dünyanın araştırılmasına yaptığı benzersiz katkıya işaret etmektedir. Tam da bu noktada Galileo'nun o dönemde nihai hipotezini deneyle sınamasına elverişli koşullar olmadığı için bilinen deneyleri "felsefileştirerek" tahmine yürümek zorunda kalmasından kaynaklanan bir yanlışlığını not etmekte de fayda var. Topları eğik düzlemlerde yuvarlayarak ve başka düzlemlere geçmelerine izin vererek Galileo eğimler ne kadar dik ya da yatay olursa olsun sürtünmenin olmadığı koşullarda bir topun ilk başladığı yüksekliğe kadar çıkacağını saptamıştı. Bu kendi başına kilit önemde bir saptamadır, ama çok önemli bir başka nokta da Galileo'nun yaptığımız deneylerin saf bilimin idealize edilmiş dünyasının her zaman kusurlu bir temsili olacağı fikrini tam olarak anlayan ve kavrayan ilk bilim insanı olmasıdır. Gerçek dünyada sürtünme hep vardır ama bu bilim insanlarını önce sürtünmenin *olmadığı* koşullarda şeylerin nasıl hareket edeceğini tespit etmekten, ardından kurdukları modeller karmaşıklaştıkça sürtünmeyi hesaplarına dâhil etmekten alıkoymamaktadır. Karmaşık sistemleri parçalayarak ideal kurallara

uyan basit bileşenlere indirgemek ve gerektiğinde bu basit modellerin öngörülerinde modellerin ölçeği dışındaki yeni sorunlardan doğan hatalar olabileceğini kabul etmek; işte bu Galileo'dan sonraki yüzyıllarda bilimsel yaklaşımın standart bir uygulaması haline gelmiştir. Yine Galileo'nun bizzat tespit ettiği üzere Pisa Kulesi deneyi yapılırken iki topun yere ulaşma süresi arasındaki küçük farka neden olan da (rüzgârın direnci gibi) bu türden yeni sorunlardır.

Ancak Galileo eğik düzlem deneylerinde daha derin bir mana da yakaladı. İkinci eğik düzlem giderek ve sürekli daha yatay yapılırsa ne olacağını düşünmeye devam etti. Eğim ne kadar yataysa, topun başlangıç yüksekliğine ulaşmak için o kadar uzağa gitmesi gerekecekti. İkinci düzlem tamamen yataysa sürtünme göz ardı edilebilir ve top ufka doğru sonsuza dek yuvarlanabilirdi.

Galileo hareket eden cisimlerin hareket etmeye devam etme yönünde doğal bir eğilime sahip olduklarını fark etmişti. Bu tespit, Isaac Newton'ın çalışmalarının ardından mekanik biliminde yaşanan olağanüstü sıçramanın belirleyici bir parçası olacaktı. Ancak Galileo'nun çalışmasında bir kusur vardı. Dünyanın yuvarlak olduğunu biliyordu. Dolayısıyla yatay hareket (ufka doğru hareket) aslında dünyanın eğrisel yüzeyi boyunca eğrisel bir yolu izlemek anlamına geliyordu. Galileo buradan yola çıkarak, dışarıdan işleyen bir kuvvetin etkimediği atıl hareketin esasen bir çember içinde hareket etmekten farksız olduğunu düşündü ve bu ona gezegenlerin güneşin çevresinde yörüngede kalmalarının açıklaması gibi geldi. Hareket eden bir cismin eylemsizliğin sonucu olarak bir kuvvet etkimediği müddetçe düz bir çizgide hareket etmeye devam edeceği tespitini ilk yapan kişiyse Galileo ile Newton arasında geçen on yıllarda kilit bir figür olan René Descartes oldu. Galileo bilimin temelini atmış ve diğerlerine izleyecekleri yolu göstermişti, ancak bu temeller üzerinde yükselmeyi sağlayacak olanların önünde henüz yapılacak çok iş vardı. Şimdi artık Galileo'nun attığı temeller üzerinde kurucu faaliyeti sürdüren Descartes'ın ve diğer bilim insanlarının çalışmalarına daha yakından bakmanın zamanı geldi.

Kitap 2

KURUCULAR

4
Bilim İlk Adımlarını Atıyor

René Descartes ve kartezyen koordinatları – En önemli çalışmaları – Pierre Gassendi: Atomlar ve Moleküller – Descartes'ın boşluk kavramını reddetmesi – Christiaan Huygens: Optik alanında yaptığı çalışma ve ışığın dalga kuramı – Robert Boyle: Gaz basıncı üzerine çalışması – Boyle'un simyaya bilimsel yaklaşımı – Marcello Malpighi ve kan dolaşımı – Giovanni Borelli ve Edward Tyson: Hayvanın (ve insanın) makine olarak kavranılışı

Bilimin yazım dili Galileo'nun kavramış olduğu üzere matematiktir. Galileo döneminde bu dil elbette tam anlamıyla gelişmiş olmaktan çok uzaktı ve fizikçilerin üzerinde yaşadığımız dünyayı betimlemede matematikten tam olarak faydalanabilmeleri için, öncelikle bugün otomatik olarak matematik olduğunu bildiğimiz sembolik dilin ($E = mc^2$ gibi denklemlerin dilinin ve geometrik eğrilerin denklemlerle betimlenebilmesinin) keşfedilmesi gerekiyordu. Öte yandan, + ve – sembolleri bile henüz daha 1540 yılında matematikçi Robert Recorde'nin kaleme aldığı *The Grounde of Artes* [*Sanatların Temeli*] kitabıyla matematiğe girmişti. Recorde 1510 yılı civarında Tenby, Pembrokeshire'da doğmuş ve hem Oxford hem de Cambridge Üniversitesinde okuyarak matematik ve tıp alanında yeterlilik kazanmıştı. Bir akil adam olarak Oxford'daki All Souls College'ın üyesi, VI. Edward'ın ve Kraliçe Mary'nin özel hekimi, ayrıca bir dönem de değerli madenler ve finans yöne-

timinde kraliyet genel müfettişiydi. 1557 yılında basılan *Whetstone of Witte* [*Bilginin Bileytaşı*] adındaki kitabında ilk kez eşittir (=) işaretini ortaya attı, kendi ifadesiyle "çünkü aynı uzunluktaki paralel iki çizgiden daha eşit bir şey olamaz"dı. Ama tüm bu başarıları onu mutsuz bir sondan koruyamadı; Recorde I. Elizabeth'in kraliçe olduğu 1558 yılında bir borçlular hapishanesinde yaşamını kaybetti. Yazdığı matematik kitapları ise yüzyıldan fazla bir süre boyunca, hâttâ Galileo'nun ölümünden sonra bile standart ders kitapları olarak kabul gördü.[1] Ondan bir yüzyıldan fazla bir süre sonra John Aubrey'nin söylediği gibi Recorde "İngilizcede aritmetik üzerine iyi bir bilimsel eser veren ilk kişi" ve "İngiliz dilinde astronomi üzerine yazan ilk kişiydi".

Daha önce ifade ettiğim gibi on yedinci yüzyılda logaritmaların icadı (veya keşfedilişi), gökbilimcilerin ve diğer bilim insanlarının gerçekleştirdiği zahmetli aritmetik hesaplama süreçlerini olağanüstü derecede basitleştirdi ve hızlandırdı. Bu bildiğimiz sayıları uzun uzun yazmak yerine onun "kuvvetleri" şeklinde yazmamızı sağlayan bir sistemdi; basit bir örnek verirsek böylece 100 x 1000 yerine 10^2 x 10^3 yazılabiliyor ve 100.000 sonucu (2+3=5 olduğu için) 10^5 şeklinde hesaplanıyordu. Bütün sayma sayıları bu şekilde ifade edilebiliyordu (örneğin 2345 sayısı $10^{3,37}$ olarak yazılabiliyordu, dolayısıyla 2345'in logaritması 3,37'ydi), dolayısıyla bu (birisi bir kez logaritma tablolarını hazırlama zahmete katlandıktan sonra) tüm çarpma ve bölmelerin toplama ve çıkarmaya indirgenebileceği anlamına geliyordu. Hesap makinelerinin olmadığı günlerde (ki bu 1970'li yıllara dek sürdü) logaritmalar ve sürgülü cetvel (logaritma kullanarak çalışan alet) karmaşık hesaplamaları gerçekleştirmek için elimizdeki neredeyse tek yoldu.

Bu kitapta matematik tarihinin ayrıntılarına, dünyanın işleyişinin ve bizim onun içerisindeki yerimizin anlaşılmasının gelişim öyküsüyle doğrudan bağlantılı olmadığı müddetçe girmemeyi hedefliyorum. Ancak Galileo halen Engizisyonun verdiği cezayı çektiği sırada basılan çığır açıcı bir çalışma var ki, üzerinden atla-

---

[1] İşaretler dizisini tamamlamak için çarpı (x) işaretinin ilk kez 1631'de, bölme (÷) işaretinin ise 1659'da kullanıldığını söyleyelim. x işaretini ilk ortaya atan kişi, William Oughtred bundan on yıl kadar sonra sürgülü cetveli de keşfetti.

namayacak derecede önemli olmasının yanı sıra, dönemin temel kişiliklerinden birini de bizimle tanıştırıyor: René Descartes'ı bugün genellikle felsefeci olarak tanısak da bilim alanında yaptıklarını azımsayamayız.

René Descartes ve Kartezyen Koordinatları

René Descartes 31 Mart 1596'da Bretonya bölgesindeki Lahey'de doğdu. Varlıklı, tanınmış bir yerel aileye mensuptu. Babası Joachim avukattı ve Bretonya meclisinde avukatlık yapıyordu; René'nin annesi ise doğumdan kısa bir süre sonra öldü ve bıraktığı mirasla oğlunu zengin etmese de, açlıktan öldürmeyecek ve para kaygısı gütmeden istediği kariyeri (veya kariyer yapmamayı) seçme olanağı sağlamaya yetecek bir birikime kavuşturdu. Aslına bakılırsa gerçekten de herhangi bir kariyer elde etmeden ölme tehlikesi vardı; René yetişkinliğe erişemeden ölmesi beklenen hasta bir çocuktu ve tüm hayatı boyunca hastalıklarla boğuştu. 10 yaş civarında (muhtemelen biraz daha küçükken) Descartes babası tarafından (oğlunun avukat olarak baba mesleğini sürdürmesi veya belki de doktor olması umuduyla) yeni kurulan Anjou'daki La Flèche Cizvit Okuluna gönderildi. Bu o dönemde, Fransa'nın ilk Burbon kralı olan IV. Henry'nin (Navarrolu Henry olarak da bilinir) Cizvitlerin açmalarına izin verdiği az sayıdaki yeni okuldan birisiydi.

Henry'nin (deyim yerindeyse) kariyeri, Avrupa'nın o dönemde içerisinde bulunduğu çalkantının tipik bir örneğidir. Kral olmadan önce, 1562 ile 1598 yılları arasında Fransa'ya damgasını vuran din savaşlarında Protestan (Huguenot) hareketin lideri durumundaydı. Aziz Bartolome Yortusu Kıyımı olarak bilinen 1572 yılındaki büyük bir yenilginin ardından hayatını kurtarmak için katolikliğe geçti, ancak bu hareketinin samimiyetinden kuşku duyan kral (IX. Charles ve ardından III. Henry) onu hapse gönderdi. 1576 yılında hapisten kaçtı ve tekrar eski mezhebine dönerek iç savaş sırasında birkaç kanlı çatışmaya komuta etti. Fransız tahtına geçme sırasında aslında gerilerde bulunan Henry, III. Henry'nin erkek kardeşi Anjou Dükü 1584'te ölünce (III. Henry de Dük de çocuksuzdu) tahtın meşru varisi oldu. Bu Fransa'daki Katolik Birlik

cephesinde, Katoliklerin safında çarpışmış olan İspanya kralı II. Philip'in kızını tahtın mirasçısı olarak tanıma hamlesini doğurdu; ancak iki Henry, Birliği yenme ve İspanyolların Fransa'ya hükmetmelerini engelleme amacıyla güçlerini birleştirince bu hamle geri tepti. İki Henry beraberce Paris'i kuşatmış durumdayken III. Henry 1 Ağustos 1589 tarihinde uğradığı bir suikastte bıçaklansa da, ölmeden önce Navarrolu Henry'yi varisi olarak atayacak zamanı buldu. Savaş sürdüğü için IV. Henry 1594 yılına dek taç giymedi; bir yıl sonra bir kez daha Katolikliğe geçtiğini ilan etti, ancak buna rağmen İspanya'yla süren çatışmalar sona ermedi. Savaşlar IV. Henry'nin iki sıradan sayılamayacak başarıya birden ulaştığı, hem İspanya ile barış yapıp hem de Protestanlara inançlarını istedikleri gibi yaşama hakkı veren Nantes Fermanını imzaladığı yıl olan 1598'de nihayet son buldu. Henry de bir suikast sonucunda 1610 yılında, René Descartes 14 yaşındayken öldü. Mezar taşında kendi sözleri yazılıydı: "İnançlarının gereğini yapanlar benim dinimdendir ve ben cesur ve iyi olanların dinindenim."

IV. Henry'nin ölümünden iki yıl sonra (veya muhtemelen 1613 yılında; kayıtlar kesin değil) Descartes Cizvit okulundan ayrıldı ve kısa bir süre Paris'te yaşadı. Ardından Poitiers Üniversitesine başladı ve hukuk eğitimini tamamlayarak 1616 yılında buradan mezun oldu (tıp da okumuş olabilir, ama hiç doktorluk yeterliliği kazanmadı). Artık 20 yaşına gelmiş olan Descartes yaşamına ilişkin bir değerlendirme yaparak mesleki kariyer yapma yönünde herhangi bir arzu duymadığına karar verdi. Çocukluğundaki hastalığı, onun hem kendine güvenli hem de hayatın lükslerinden keyif alan bir tür hayalci olmasında rol oynamıştı. Cizvitler bile ona ciddi bir müsamaha göstermişlerdi; örneğin okulda kopardığı sabahları geç kalkma izni daha sonra Descartes için bir alışkanlık olmanın ötesinde bir yaşam tarzı haline geldi. Eğitim yılları hem kendi bilgisizliğinden hem de öğretmenlerinin bilgisizliğinden emin olmasını sağladı ve çözümü ders kitaplarına boş vermekte, kendisi ve kendisini çevreleyen dünya üzerinde doğrudan çalışarak kendi felsefe ve bilimini geliştirmekte buldu.

Bu amaçla ilk bakışta oldukça garip görünen bir karar aldı ve Orange Prensinin askeri hizmetine girerek tasını tarağını topladı ve Hollanda'ya taşındı. Ama rahatına düşkün Descartes savaşan

bir asker değildi; askerde kendisi için en uygun yeri, daha az gelişmiş olan fiziksel becerilerini değil matematik yeteneğini kullanabildiği mühendislikte buldu. Breda'daki askeri okulda kendisini matematiğin yüksek yönleriyle tanıştıran ve aynı zamanda uzun süreli dostu olan Dordrechtli matematikçi Isaac Beeckman'la tanıştı. Descartes'ın içlerinde Bavyera Dükünün ordusunun da olduğu Avrupa'daki çeşitli ordularda görev yaptığını ve 1619 yılında İmparator II. Ferdinand'ın Frankfurt'taki taç giyme töreninde bizzat yer aldığını biliyor olsak da, askerlikteki sonraki birkaç yılıyla ilgili çok fazla şey bilmiyoruz. Aynı yılın sonunda Descartes'ın yaşamının en önemli olayı gerçekleşti ve bunun ne zaman ve nerede olduğunu 1637 yılında basılan *Yöntem* kitabında söylediği için tam olarak biliyoruz. (Kitabın tam adı *Discours de la Méthode pour bien conduire la raison et chercher la Vérité dans les sciences* [*Doğru Akıl Yürütme ve Bilimlerde Hakikatı Araştırma İçin Yöntem Üzerine Konuşma*]). Tarih 10 Kasım 1619'dur ve Bavyera Dükünün (Protestanlarla savaşmak için toplanmış) ordusu Tuna nehrinin kıyısındaki kışlaktadır. Descartes tüm günü rahat yatağına uzanmış biçimde dünyanın doğası, hayatın anlamı vs konularda uyur uyanık hayal kurarak geçirir. Yattığı odaya bazen Descartes'ın kullandığı ifadenin birebir çevirisiyle "fırın" adı verilir, ancak ifade mecazi anlamda kullanılmış olabileceği için, bu onun ekmek pişirmek için kullanılan sıcak bir odada gerçekten yattığı anlamına gelmeyebilir. Her neyse, işte bu günde Descartes ilk kez kafasında (elinizdeki kitabın sınırları dışındaki) kendi felsefesine uzanan yolu görür ve aynı zamanda tüm zamanların en büyük matematik içgörülerinden birini deneyimler.

Odanın bir köşesinde vızıldayan bir sineği tembelce izlerken Descartes birden sineğin köşede birleşen üç duvarın her birinden uzaklığını gösteren üç sayıyla verili bir zamandaki konumunun temsil edilebileceğinin farkına varır. O bunu kafasında birden üç boyutlu olarak görmesine karşın, bugün bu sezginin doğası okulda bir grafik çizebilen her çocuk tarafından bilinmektedir. Grafikteki her nokta iki sayıyla temsil edilir, bunlardan birisi x eksenine diğeri de y eksenine olan uzaklığa denk düşer. Üç boyutlularda buna z ekseni de eklenir. Uzaydaki (ya da bir kâğıt parçasının üzerindeki) noktaları gösteren bu sistemde bu şekilde kullanılan

sayılara bugün Descartes'ın adından yola çıkarak kartezyen koordinatları adını veriyoruz. Geçmişte eğer "üç blok doğuya ve iki blok kuzeye git" türünden laflar ederek birisine şehirdeki bir yeri tarif etmişseniz, bu kartezyen koordinatlarını kullanmış olduğunuz anlamına gelir; sözün devamında evin binadaki belirli bir katta olduğunu da belirtirseniz, o halde aynı işin üç boyutlusunu yapmışsınız demektir. Descartes'ın keşfi tüm geometrik şekillerin kolaylıkla bir sayı kümesiyle temsil edilebileceği anlamına geliyordu; örneğin bir grafik kâğıdına bir üçgen çizeceksek, buna her biri üçgenin köşelerini belirten sadece üç çift sayı yeter. Kâğıda çizilen her eğrisel çizgi de (ya da örneğin güneşin etrafında dönen bir gezegenin yörüngesi) ilkesel olarak, bir matematik denklemiyle birbirlerine bağlanan bir dizi sayıyla temsil edilebilir. Bu keşif, üzerinde çalışılarak basılmasının ardından, geometriyi cebir kullanılan analizlere elverişli kılması nedeniyle, etkisi yirminci yüzyılda görelilik ve kuantum kuramlarının gelişimine dek uzanacak şekilde tüm matematiği dönüşüme uğrattı. Bu arada bilinen (veya verili) nicelikleri temsilen alfabenin başındaki harfleri (a, b, c ...), bilinmeyen nicelikleri temsil etmek içinse alfabenin sonundaki harfleri (özellikle x, y, z) kullanma geleneğini başlatan da Descartes oldu. Bugün hepimizin kullandığı ve x^2'nin $x \cdot x$, x^3'ün $x \cdot x \cdot x$ vs anlamına geldiği üslü gösterimlerini ilk ortaya atan da oydu. Başka hiçbir şey yapmamış olsa, analitik matematik alanında attığı tüm bu temel adımlar, Descartes'ı on yedinci yüzyıl biliminin kilit kişiliklerinden biri yapardı. Yaptıkları bunlarla da sınırlı kalmadı.

"Fırında" doğan içgörüsünün ardından 1620 yılında Descartes Bavyera Düküne verdiği hizmetin sona ermesiyle birlikte asker hayatından vazgeçti. Almanya ve Hollanda'dan geçerek 1622 yılında Fransa'ya ulaştı ve annesinden miras kalan Poitiers'deki mülkleri satarak eline geçen parayı bağımsız çalışmalarına devam etmesini sağlayacak yatırımlara yöneltti. Güvenceli bir yaşamı sağlama aldıktan sonra birkaç yılını Avrupa'da dolaşmakla ve elbette biraz da düşünmekle geçirdi. 32 yaşında artık yerleşmenin ve düşüncelerini gelecek kuşaklara ulaştırmak için tutarlı bir biçime sokmanın vaktinin geldiğine karar vermeden önce, uzunca bir süre İtalya'da kaldı (burada anladığımız kadarıyla her nedense

Galileo'yla buluşma yönünde bir girişimde bulunmadı). 1628 yılı sonbaharında yeniden Hollanda'yı ziyaret etti, 1628/1629 kışını Paris'te geçirdi, ardından tekrar Hollanda'ya döndü ve yerleşerek sonraki yirmi yıl boyunca burada kaldı. Başarılı bir üs seçimiydi bu. Otuz Yıl Savaşları hâlâ Orta Avrupa'yı istikrarsız kılıyor, Din Savaşlarının sarsıntıları halen daha Fransa'da yer yer yüzeye vuruyorken Hollanda bir süredir güvenli bir şekilde bağımsızdı. Resmi olarak Protestan bir ülke olmasına karşın Katolikler nüfusun çoğunluğunu oluşturuyor ve ülkede dinsel hoşgörü hüküm sürüyordu.

Descartes'ın Hollanda'da birçoğuyla önceden mektuplaştığı çok geniş bir arkadaş çevresi vardı: Isaac Beeckmann ve diğer akademisyenler; Hollandalı şair ve Orange Prensinin bakanlığını yapmış devlet adamı (Christiaan Huygens'in babası) Constantijn Huygens ve Rhein'ın Elektör Palatine'i V. Frederick'in ailesi bunlar arasındaydı. Sonuncusu Descartes ve Tycho ile de bir çeşit bağlantı sağlıyordu, çünkü V. Frederick'in eşi Prenses Elizabeth İngiltere Kralı I. James'in kızıydı.[2] Descartes da Galileo gibi hiç evlenmedi ama John Aubrey'in dediği gibi "yetişkinliğinde bir erkeğin sahip olduğu arzulara ve zevklere sahipti, bu yüzden beğendiği bakımlı, güzel bir kadını elinde tuttu." İsmi Hélène Jans'tı ve ondan (1635 doğumlu) Francine adında babasının çok düşkün olduğu ancak 1640 yılında ölen bir kızı oldu.

En Önemli Çalışmaları

Descartes bir yandan arkadaşlarıyla görüşme ve mektuplaşmalarında bir düşünür ve bilim adamı olarak zaten var olan şöhretini pekiştirirken öbür yandan 1629'dan 1633'e dek dört yılını fizik konusundaki tüm fikirlerini ileri sürmeye niyetlendiği dev bir bilimsel eserin hazırlığıyla geçirdi. Çalışmanın başlığı *Le Monde, ou Traité de la Lumière* idi ve Galileo'nun yargılanıp hakkında dinden sapkınlık kararının verilmesinin haberi Hollanda'ya ulaş-

[2] Bu tesadüf değildi çünkü o dönemde Avrupa'daki kraliyetlerin çoğu bir politik evlilikler ağıyla birbirine bağlanmıştı. Ancak bu evliliğin özellikle önemli olduğu ortaya çıktı: Frederick'in kızı Sophia, Hanover Elektörüyle evlendi ve İngiltere Kralı I. George'un annesi oldu.

tığında basılmak üzereydi. Mahkemenin ayrıntıları henüz ulaşmamış olsa da, Galileo'nun Kopernikçi inançları nedeniyle hüküm giydiği açıktı ve Descartes'ın el yazması da Kopernikçi fikirleri gayet açık bir biçimde savunuyordu. Basımı derhal durdurdu ve kitap birçok bölümü Descartes'ın sonraki bazı eserlerine temel olarak kullanılsa da hiç basılmadı. Descartes'ın Katolik olduğunu kabul etsek bile bu aceleci ve aşırı bir tepki gibi görünüyor. Roma'daki Cizvitlerin çok uzaklardaki Hollanda'da oturan birine zarar vermek için yapacakları fazla bir şey yoktu ve bu son gelişme çoğu çalışmanın bazı parçalarını bizzat okumuş veya mektuplardan haberdar olmuş arkadaşları ve tanıdıklarının kitabı fazla zaman geçirmeden basması yönündeki Descartes'a verdikleri desteği hiç de azaltmamıştı. İlk sonuç 1637'de çıkan *Yöntem (Method)* kitabında meteoroloji, optik ve geometri konularında üç makalenin yer almasıydı. İleri sürdüğü fikirlerin hepsinin doğru olmamasına karşın meteoroloji hakkındaki makalesinin önemi, hava durumuyla ilgili olayları doğaüstü olaylara veya tanrıların gazabına başvurmadan rasyonel bilim kavramlarıyla açıklamaya girişmiş olmasıydı. Optik üzerine makale gözün işleyişini anlatıyor ve teleskopun geliştirilmesi için yeni yollar öneriyordu. Geometri makalesi ise Tuna kıyısındaki yatağında geçirdiği o günden gelen devrimci sezgilerini yansıtıyordu.

Descartes'ın ikinci büyük çalışması *Meditationnes de Prima Philosophia* 1641 yılında basıldı ve Descartes'ın (her zaman doğru yorumlanmasa da) en ünlü cümlesi "düşünüyorum, öyleyse varım"ın çevresinde inşa edilmiş felsefesini ayrıntılarıyla açıklıyordu. 1644 yılında da bilime üçüncü büyük katkısı *Principia Philosophiae*'yi üretti. Esasen bir fizik kitabıydı bu ve kitapta Descartes maddi dünyanın doğasını araştırıyor ve eylemsizliğin doğru yorumunu yapıyordu: Hareket eden cisimler doğrusal bir çizgide hareket etmeye eğilimliydiler, (Galileo'nun düşündüğü gibi) bir çember içerisinde değil. Kitabın basımının ardından rahatlayan Descartes 1629 yılından beri gitmediği Fransa'ya ilk yolculuğunu yaptı. 1647 yılında gerçekleştirdiği bir sonraki ziyareti önem kazandı; bu kez fizikçi ve matematikçi Blaise Pascal'la (1623–1662) tanıştı ve bu kendisinden genç adama bir barometre alıp dağa çıkmanın ve basıncın farklı yüksekliklerde nasıl değ-

şeceğini görmenin ilginç olacağı önerisinde bulundu.[3] Pascal'ın kayınbiraderi tarafından 1648 yılında gerçekleştirilen deneyler atmosfer basıncının yükseklik arttıkça düştüğünü gösterdi; bu dünyanın çevresinde ince bir hava katmanı olduğuna ve atmosferin sonsuzluğa uzanmadığına işaret ediyordu. Fransa'ya 1648 yılında yaptığı başka bir ziyaret, bu kez iç savaş tehdidi nedeniyle kısa sürdü. 1648 yılında 52 yaşına gelmiş olan Descartes'ın her ne nedenle olursa olsun 1640'ların sonunda artık huzursuzlanmaya başladığı ve hayatının geri kalanını Hollanda'da geçirme konusunda eskisi kadar arzulu olmadığı açıktı. Bu yüzden 1649'da İsveç kraliçesi Christina onu Stockholm'de topladığı entelektüel çevreye katılması için davet ettiğinde, bu fırsatı hiç düşünmeden değerlendirdi. Aynı yılın Ekim ayında Stockholm'e vardığındaysa dehşete düştü; çünkü kraliçe yaptığı iyiliklerin ve Descartes'a tanıdığı zamanının çoğunu istediği konuda serbestçe harcama özgürlüğünün karşılığında, devlet işleriyle ilgilenmeye başlamadan önce özel ders vermesi için her sabah saat beşte kendisini ziyaret etmesini istiyordu. Kuzeyin soğuk kışının üzerine binen erken kalkma zorunluluğu Descartes'ın rahata alışkın bünyesine ağır geldi. Önce üşüttü, ardından üşütmesi zatürreye döndü, en sonunda da 11 Şubat 1650 tarihinde elli dördüncü yaş gününe kısa bir süre kala yaşamını kaybetti.

Descartes'ın etkisi çok büyük oldu. Bunun en önemli nedeni düşünüşünde (Tanrıya ve ruhlara inanmasına rağmen) mistik kuvvetlerden en ufak bir iz kalmayacak biçimde sıyrılması ve hem üzerinde yaşadığımız dünyanın hem de bu dünyaya yerleşmiş (bizler dâhil) maddi canlıların deney ve gözlemle tespit edebileceğimiz yasalara uyan temel fiziksel varlıklar olarak anlaşılabileceği konusunda gösterdiği ısrardı. Bu Descartes'ın her konuda haklı olduğu anlamına gelmiyordu elbette, hâttâ en büyük fikirlerinden biri o kadar yanlış ve aynı zamanda o kadar etkiliydi ki Avrupa'nın bazı bölgelerinde (özellikle Fransa'da) bilimin gelişiminde on sekizinci yüzyıla dek önemli bir engelleyici rol oynadı. Descartes'ın doğrularının yanlışlarına baskın çıktığı alanlardaki etkisini ele almadan önce, attığı bu yanlış adıma bakalım.

---

[3] Barometre daha yeni keşfedilmişti ve Descartes barometrenin ölçtüğü şeyin dünya yüzeyine doğru basınçlanan havanın ağırlığı olduğunu düşünen ilk insanlardan biriydi.

Pierre Gassendi: Atomlar ve Moleküller

Descartes'ın yaptığı büyük yanlış, vakum ya da "boşluk" fikrini reddetmesiydi. Bu o dönemde Pierre Gassendi'nin tekrar canlılık kazandırdığı atom fikrini de reddetmesine neden oldu, çünkü atomik dünya modeli her şeyi boşluk içinde dolaşan ve birbiriyle etkileşime giren küçük cisimlerden (atomlar) yapılmış olarak görüyordu. Atom fikri MÖ beşinci yüzyıldaki Demokritos'un çalışmalarına kadar uzanmasına ve yaklaşık olarak MÖ 342 ile MÖ 271 yılları arasında yaşamış olan Epikuros tarafından yeniden canlandırılmış olmasına rağmen Antik Yunan'da asla bir azınlık görüşünden öteye geçmemişti. Bilimsel devrim öncesinde Batı düşüncesinde en büyük etkiyi yaratmış olan Yunanlı felsefeci Aristoteles atomculuğu özellikle boşluk düşüncesiyle bağlantısı nedeniyle reddetmişti. 22 Ocak 1592 tarihinde Provence, Champtercier'de doğmuş olan Gassendi, 1616 yılında Avignon'da teoloji doktorasını tamamladı ve ertesi yıl da rahipliğe başlayarak kilise hiyerarşisine katıldı. Aristotelesçi dünya görüşünü eleştirdiği kitabının basıldığı 1624 yılında Aix Üniversitesinde ders veriyordu. 1633 yılında Digne Katedralinin sorumlusu, 1645'te Paris'teki Collège Royale'de matematik profesörü oldu. Ancak sağlığının bozulması nedeniyle 1648'de ders vermeyi bıraktı ve o zamandan 1650'ye dek Toulon'da yaşadı, ardından Paris'e dönerek 24 Ekim 1655'te burada öldü.

Yaptığı çok sayıda astronomik gözlemin yanı sıra kadırgayla yapılan ünlü eylemsizlik testini gerçekleştirmesine karşın, Gassendi'nin bilime en önemli katkısı en açık biçimiyle 1649 yılında basılan bir kitabında savunduğu atomculuğa yeniden can vermesiydi. Gassendi atomların özelliklerinin (örneğin tadlarının) biçimlerine (sivri uçlu veya yuvarlak, uzun veya bodur vs) bağlı olduğunu düşündü ve atomların bir tür kopça mekanizmasıyla moleküller adını verdiği bir biçimi oluşturmak üzere bir araya gelebilecekleri fikrini ortaya attı. Atomların bir boşluk içerisinde hareket ettikleri ve atomlar arasındaki aralıklarda gerçek anlamıyla hiçbir şeyin olmadığı fikrini de net bir biçimde savundu. Bu arada Gassendi'nin de kimsenin mükemmel olmadığını söyleyen eski özdeyişi kanıtlarcasına, Harvey'in kan dolaşımıyla ilgili fikirlerine karşı çıktığını belirtelim.

Gassendi'nin ve birçok çağdaşının 1640'lı yıllarda vakum fikrini kabul etmekteki bu istekliliklerinin nedeni "boşluğun" var olduğuna ilişkin deneysel kanıt olmasıydı. Evangelista Torricelli (1608–1647) yaşamının son birkaç ayında Galileo'yla tanışma şansı bulmuş ve 1642 yılında Floransa'da matematik profesörü olmuş bir İtalyan bilim insanıydı. Galileo Torricelli'nin önüne bir kuyudaki suyun dikey bir boruyla 9 metreden yukarıya pompalanamaması sorununu koydu. Torricelli yanıt olarak borudaki suyun ağırlığını kaldırmayı sağlayan basıncı üreten şeyin, kuyudaki (veya başka bir yerdeki) suyun yüzeyine basınç uygulayan atmosferin ağırlığı olduğunu ve bunun ancak borudaki suyun ağırlığından kaynaklanan basınç, atmosferin uyguladığı basınçtan azsa mümkün olabileceğini öne sürdü. Bu fikrini 1643 yılında üst tarafı kapatılmış, sığ bir sıvı metal kabı içinde ters çevrilmiş, tüpün açık tarafı sıvının yüzeyinin altında kalmış bir cıva tüpünü kullanarak test etti. Cıva aynı hacimdeki sudan yaklaşık olarak on dört kat daha ağır olduğu için tüpteki cıva yüksekliğinin 60 santimin hemen üzerinde, cıva kolonu ile tüpün cıvanın üstündeki kapalı ucu arasında bir boşluk kalacak şekilde duracağını tahmin etti ve öyle de oldu. Torricelli her gün civa kolonunun yüksekliğinde küçük değişimler olduğunu saptadı ve bunun nedeninin atmosferik basınçtaki değişimler olduğunu tespit etti. Barometreyi keşfetmiş ve aynı zamanda bir boşluk yaratmıştı.

Descartes'ın Boşluk Kavramını Reddetmesi

Descartes tüm bu çalışmalardan haberdardı; daha önce bahsettiğimiz gibi basıncın yüksekliğe bağlı değişimini görmek için bir barometreyi alıp dağa götürmeyi öneren oydu. Ancak cıvanın (veya suyun) üstündeki aralığın bir boşluğu olduğu fikrini kabul etmedi. Hava, su veya cıva gibi günlük yaşamdaki maddelerin kendilerinden çok daha ince bir maddeyle temasa geçtikleri, bu sıvının tüm aralıkları doldurarak bir boşluğun var olmasını engellediği düşüncesine sahipti. Örneğin bir barometredeki cıva, tava ovmak için kullandığımız türden esnek bir çelik bulaşık teline benzer bir şeyden yapılmış bir kolona benzetilebilirdi; içindeki çok ince zeytinyağına benzer görünmeyen sıvı, tel büklümleri ile

kolonun üst tarafındaki aralık arasındaki tüm diğer boş yerleri dolduruyordu.[4]

Pascal'ın isteğiyle kayınbiraderi tarafından yapılan deneyler bize yukarıya doğru ilerledikçe atmosferin inceldiğine ve üstündeki boşlukla uzandığı yerin bir sonu olduğuna işaret ediyor gibi gözükmesine karşın, Descartes bu evrensel sıvının atmosferin ötesine geçerek, tüm evrende hiçbir boşluk bırakmayacak şekilde genişlediğini söyledi. Modern gözlere oldukça garip görünen bir model geliştirdi; bu modelde gezegenler, bir akıntıdaki anaforlarca taşınan tahta parçaları gibi, bu sıvının içindeki dönen girdaplar tarafından taşınıyordu. Bu yaklaşımı nedeniyle dünyanın aslında hareket etmediğini söyleyebildi; ona göre dünya içerisine gömüldüğü sıvıya nazaran hareketsizdi, güneş etrafında burgaç biçiminde dönmekte olan sadece dünyayı çevreleyen bu sıvı kümesiydi. Bunun bir yandan Cizvitleri mutlu etmeye devam ederken aynı anda Kopernikçiliği kabul etmeye de fırsat veren bir kaçamak olanağı sağlama amacı için planlanmış karmaşık bir proje gibi göründüğü açık. Ancak eldeki tüm kanıtlar Descartes'ı bu modele sürükleyen şeyin Engizisyondan duyduğu korku değil, boşluk fikrinden nefret etmesi olduğunu gösteriyor. Anlatılan hikâyenin tümü bilim tarihinde önemsiz bir dipnot olarak kalabilirdi, eğer önemli bir yan taşımasaydı: Descartes'ın ölümünden sonraki on yıllardaki etkisi o kadar büyük oldu ki, Fransa'da ve Avrupa'nın başka bazı bölgelerinde Newton'ın kütleçekim ve gezegen hareketleri hakkındaki fikirlerinin kabul edilmesi Descartes'la çeliştiği için ciddi bir süre gecikti. Bunda şovenizm de belli bir rol oynadı; Fransızlar kendi kahramanlarının arkasında durarak hain İngiliz fikirlerini reddettiler, öte yandan Newton da kendi ülkesinde elbette bir peygamber seviyesinde hürmet gördü.

Descartes'ın boşluktan mahrum evren fikri gezegenlerin hareketini açıklama çabasında onu çıkmaza sürüklerken, ışık hakkındaki çalışmasında (daha sonra doğru olmadığı kanıtlansa da)

[4] 1650'lerde Alman Otto von Guericke (genellikle vakum pompası denen) bir hava pompası icat etmişti. Pompa, kapalı bir mekân içerisindeki hava basıncını çarpıcı biçimde düşürebiliyor, odadaki hava çekildiği için içeride yanan mumları söndürüyor ve zilin çalma sesini duyulmaz kılıyordu.

fayda sağladı. Gassendi gibi atomculara göre ışık, güneş gibi parlak cisimlerden doğan ve bakanların gözlerine çarpan çok küçük parçacıkların akışından kaynaklanıyordu. Descartes'a göre görme evrensel sıvıdaki basıncın neden olduğu bir olguydu; örneğin güneş sıvıya baskı yapıyor ve bu baskı (birini sopayla dürtme gibi) güneşe bakan kişinin gözleri üzerinde hızla bir basınca dönüşüyordu.[5] Bu fikrin orijinal biçimi göze istikrarlı bir basıncı öngörse de, bu düşünce parlak bir cisimden dışarıya yayılan (bir gölün yüzeyinde dışa doğru yayılan dalgalara benzemekten ziyade, daha çok su yüzeyine sertçe vurduğunuzda göldeki su yığını içerisinden yankılanan basınç dalgalarına benzer) basınç titreşimleri olabileceği fikrinden fazla uzak da değildi. Bu fikri on yedinci yüzyılın ikinci yarısında tam olarak geliştiren kişi Descartes'ın eski dostu Constantijn'in oğlu, bilim alanındaki çalışmalarının Isaac Newton'la eşzamanlı olması talihsizliğini yaşamasa kuşağının en büyük bilim adamı olacak olan Christiaan Huygens oldu.

Christiaan Huygens: Optik Alanındaki Çalışması ve Işığın Dalga Kuramı

Huygens'in babası ailesinde Orange hanedanlığına hizmet eden ilk kişi değildi; 14 Nisan 1629'da Lahey'de doğan Christiaan'ın da aile geleneğini sürdürmesi bekleniyordu. Christiaan 16 yaşına dek evinde önde gelen varlıklı ailelerden birinin üyesi olarak döneminin en yüksek standartlarını karşılayan bir eğitim gördü ve evlerini sıkça ziyaret eden içlerinde René Descartes'ın da olduğu önemli kişilerle bolca vakit geçirme olanağına sahip oldu. Descartes'la olan bu ilişkisinin Huygens'te bilime yönelik bir ilgi uyandırmış olması muhtemel, ama 1645 yılında Leiden Üniversitesine hukuk ve matematik eğitimi almak üzere yollandığında halen daha diplomasi kariyeri yolunda ilerlemekten vazgeçmemiş gibi gözükmektedir. 1647 ile 1649 yılları arasındaki iki yılı daha

[5] Sonrasında Isaac Newton karakterine özgü zekâsıyla bu fikirdeki bariz kusura dikkat çekti. Görme eğer bu görünmez sıvının gözlere uyguladığı basınçtan kaynaklanıyorsa, yeterince hızlı koşulursa karanlıkta görmek mümkün olmalıydı! Newton'a yanıt verecek kadar uzun yaşasaydı Descartes buna mutlaka kimsenin bunun olabileceği hızda koşamayacağı cevabını verirdi.

Breda'da hukuk eğitimiyle geçirmeye devam ettiyse de 20 yaşına geldiğinde aile geleneğinden ayrılarak kendisini bilime adamaya karar verdi. Sadece bir diplomat olmakla kalmayan, hem Hollanda hem Latin dillerinde yetenekli bir şair ve aynı zamanda müzik bestecisi olan babası ona karşı çıkmayı düşünmeyecek kadar açık fikirliydi ve Christiaan'a istediği alanda çalışma konusunda özgür olacağı yeterlilikte bir gelir de sağladı. Christiaan sonraki on yedi yıl boyunca Lahey'deki evinde kaldı ve kendisini doğanın bilimsel incelemesine adadı. Huygens'e rahatça çalışabilme olanağı sağlayan, ancak anlatılmaya değer pek az şey sunan, sessiz bir yaşamdı bu ve her zaman tüm ayrıntılar üzerinde kapsamlıca çalışmadan hiçbir şeyi basmayacak derecede tereddütlü olduğu için Huygens'in bir bilim insanı olarak ün kazanması da zaman aldı. 1661 yılındaki Londra ziyareti dâhil olmak üzere bolca seyahat etti; 1655 yılında Paris'te beş ay kaldı ve burada Pierre Gassendi gibi çok sayıda önemli bilim adamıyla tanıştı.

Huygens'in ilk dönem çalışmaları esasen matematik üzerineydi. Bu alanda var olan tekniklerde ilerlemeler sağlamış ve kendi yeteneğini geliştirmiş olsa da çarpıcı ve yeni bir keşfe yol açan başarısı olmadı. Bu yüzden mekaniğe geçti. Bu alanda momentum konusunda önemli bir çalışma gerçekleştirdi ve merkezkaç kuvvetinin doğası üzerine çalışarak bunun kütleçekimle benzerliğini gösterdi, ayrıca Galileo'nun fırlatılan cisimlerin havadaki hareketi üzerine olan çalışmalarını geliştirdi. Bu dönemde Isaac Newton gibi nadir görülen bir deha çıkmamış olsaydı bile kütleçekimin ünlü ters kare yasasının muhtemelen bir sonraki bilim insanları kuşağı tarafından keşfedileceğini, onun bu çalışması çok net bir biçimde gösterir.[6] Huygens'i herkese (bilim çevrelerinin dışına da) tanıtan asıl şeyse 1657 yılında patentini aldığı sarkaçlı saati (görünüşe göre Galileo'dan tamamen bağımsız olarak) keşfetmesi oldu. Bu çalışmayı yapma isteğinin kaynağı astronomiye duyduğu ilgiydi; bu alanda zamanı daha kesin biçimde ölçme gereksinimi uzun zamandır hissediliyordu, ancak daha iyi gözlem araçlarının

[6] Huygens'i bu adımı atmaktan alıkoyan bir kör noktası vardı. O da Descartes gibi kuvvetlerin boş uzay boyunca uzanabileceğine inanmıyor, sadece doğrudan temas yoluyla, ille gerekiyorsa da bir sıvıdan geçerek iletilebileceklerini düşünüyordu.

ortaya çıkışıyla beraber bu ihtiyaç daha da yakıcı bir hal almıştı. Huygens'in tasarımının Galileo'nunkine göre daha dayanıklı (ancak o günün çözülemeyen temel sorunlarından biri olan denizde zaman ölçümü açısından yeterince dayanıklı değildi) ve kullanışlı bir zaman ölçüm aracı olduğu ortaya çıktı ve Huygens'in tasarımına göre imal edilen saatler önce 1658 yılında Hollanda'daki kilise kulelerinde daha sonra tüm Avrupa'da görülmeye başlandı. Sıradan insanların güneşin konumuna bakarak saati tahmin etmekten kurtulup kesin zaman birimlerine ulaşmaya başlamaları 1658 yılından itibarendir ve bunu Christiaan Huygens'e borçluyuz. Sarkaçlar konusundaki araştırmasının onu sadece kullanışlı bir saat tasarımına götürmekle kalmayıp sarkaçlarla sınırlı kalmayacak şekilde genel olarak salınan sistemlerdeki hareketi tam manasıyla ortaya koyan bir kurama ulaştırması, Huygens'in çalışmalarını yürütüşündeki bütünlük ve kapsam açısından tipiktir. Üstelik tüm bunların çıkış noktası, astronomi çalışmaları için daha kesin bir zaman ölçümüne ihtiyaç duymasıdır.

Bugün pek az kimse Huygens'in saatler üzerine çalışmalarından haberdar. Bundan biraz daha fazla kişi ise ışığın dalga kuramıyla ilgili bir şeyler yaptığını biliyor. Bu kuram Huygens'in salınan sistemler kuramı gibi astronomiyle bağlantılı bir başka pratik çalışmasından çıkışını aldı. 1655'te Christiaan Huygens (adını babalarından alan) kardeşi Constantijn'le beraber kendi döneminin en iyi astronomi gereçleri olacak olan bir dizi teleskobun tasarım ve yapımına başladı. O dönemin kırınımlı teleskoplarının tümü kromatik sapma denen bir sorundan muzdaripti; bu, teleskoptaki lenslerin farklı renklerdeki ışığı birbirinden az da olsa farklı miktarlarda bükmesinden ve bunun da teleskopla bakılan cisimlerin görüntülerinin kenarında renkli şeritlere neden olmasından kaynaklanıyordu. Bu durum teleskobu denizdeki bir gemiye bakmak için kullanıyorsanız fazla bir sorun yaratmıyordu belki ama astronomide gerekli olan kesin ölçümler açısından büyük bir sorundu. Huygens kardeşler teleskobun göz merceğinde kalın bir lens yerine iki ince lens kullanarak kromatik sapmayı ciddi ölçüde azaltmanın yolunu buldular. Sonuç mükemmel değildi ama daha öncekilerin hepsinden çok daha iyiydi. Kardeşler lens yontma işinde de çok başarılıydılar, sadece ürettikleri doğru biçimlen-

dirilmiş lensler bile imal ettikleri teleskopları o dönemde yapılanların hepsinden daha iyi kılmaya yetti. Yeni tasarım uyarınca imal edilen ilk teleskopla Huygens 1655 yılında Satürn'ün en büyük uydusu Titan'ı keşfetti; bu aslında Galileo'nun Jüpiter'in uydularını keşfetmesiyle karşılaştırılabilecek çarpıcılıkta bir keşifti. 1650'li yılların sonunda Huygens yine kardeşiyle beraber ürettiği ikinci ve daha büyük bir teleskobu kullanarak Satürn'ün garip görünümünün gizemini çözdü. Bu gezegenin dünyadan bazen yan taraftan (kayboluyormuş gibi), bazen ön taraftan (Galileo'nun kullandığı gibi küçük bir teleskopla Satürn'ün iki kulağı varmış gibi) görülen, ince, düz bir fiziksel halkayla çevrili olduğunu buldu. Tüm bunlar Huygens'in ününü arttırdı. Halen Lahey'de yerleşik olmasına karşın 1660'lı yılların başında Paris'te epey zaman geçirdi, 1666 yılında Fransız Kraliyet Bilimler Akademisi kurulduğunda yedi kurucu üyeden biri oldu ve akademinin himayesi altında kalıcı biçimde Paris'te çalışmaya davet edildi.

Bu dönemde ilk kraliyet bilim derneklerinin (veya akademilerinin) kurulması bilim tarihinde başlı başına önemli bir kilometre taşıdır ve on yedinci yüzyılın ortasında bilimsel araştırmanın kurumsal düzenin bir parçası olmaya başladığına işaret eder. Resmi onay alan bu türden ilk bilimsel dernek Accademia del Cimento (Deney Akademisi), 1657 yılında Floransa'da Grandük II. Ferdinando ve kardeşi Leopold'un himayesi altında Galileo'nun iki eski öğrencisi Evangelista Torricelli ve Vincenzo Viviani tarafından kuruldu. Bu Frederico Cesi'nin ölümünün ardından kendini toparlayamayarak akamete uğramış Lynceusçu Derneğin manevi takipçisiydi. Ancak Accademia del Cimento da sadece on yıl ayakta kalabildi ve onun çöküşü de Rönesanstan esinlenen doğa bilimlerindeki İtalyan liderliğinin sona erdiği tarihi imledi.

Dünyanın varlığı kesintisiz en uzun sürecek olan bilimsel derneği aynı sırada Londra'da toplanmaya başlamıştı bile. Bilimsel düşünüşe sahip bir grup insan 1645 yılından başlayarak yeni fikirleri tartışmak ve keşiflerini mektup yoluyla Avrupa'daki aynı düşünce yapısındaki düşünürlerle ve birbirleriyle paylaşmak amacıyla düzenli olarak Londra'da toplanmaya başlamıştı. 1662 yılında II. Charles'ın fermanıyla bu oluşuma *Kraliyet Derneği* [*Royal Society*] adı verildi (bu türden ilk dernek olduğu için başkaca

bir tanıma da ihtiyaç duyulmadı; zaten *tek* kraliyet derneğiydi ve bu yüzden bazen kısaca *"The Royal"* da dendi). Ancak adında kraliyet olmasına rağmen Londra merkezli dernek, resmi fon kaynağı ve devlete karşı yükümlülüğü olmayan bağımsız bireylerden oluşuyordu. Huygens 1663 yılında Londra'ya yaptığı kısa ziyaret sırasında Kraliyet Derneğinin ilk yabancı üyelerinden biri oldu. (IV. Henry'nin torunu) XIV. Louis himayesinde kurulan Fransız eşdeğeri *Académie des Sciences* ise, Kraliyet Derneği resmileştikten dört yıl sonra kuruldu ve bir devlet kurumu olmanın ayrıcalıklarına sahipti; ancak Huygens gibi önemli bilim insanlarına pratik olanak ve maddi destek sağlamasına karşın belli (kimi zaman da külfetli) yükümlülükler de yüklüyordu. İki farklı yoldan gelişen her iki derneğin de başarılı olması çok sayıda (genelde ya ilk ya da ikinci modeli izleyen) taklidini de doğurdu; bunların ilki 1700 yılında Berlin'de kurulan *Akademie der Wissenschaften* oldu.

Huygens yaşamı boyunca hep sağlık sorunları çekti ve sonraki on beş yıl boyunca Paris'te ikamet etmesine karşın iyileşmek için iki kez uzun dönem kalacak şekilde Hollanda'ya dönmek zorunda kaldı. Bu onun Paris'te yaşadığı dönemde en önemli çalışmalarından bazılarını hayata geçirmesine engel olmadı ve optik üzerine olan çalışmasını 1678 yılında (birkaç ayrıntı haricinde) Paris'te bitirdi (ancak Huygens'te alışık olduğumuz üzere 1690 yılına dek tam biçimiyle basılmadı). Her ne kadar belli ölçüde Descartes'ın çalışmasına dayansa da, ondan farklı olarak Huygens'in ışık kuramı temelini lensler ve aynalarla yaptığı çalışmaların pratik deneyimi ve teleskoplarını yaparken karşılaştığı (kromatik sapma gibi) sorunların çözümünden alıyordu. Onun kuramı ışığın bir aynadan nasıl yansıdığını ve havadan cama veya suya geçtiğinde nasıl kırınıma uğradığını, (daha sonra esir [ether] olarak adlandırılacak) bir sıvıda gerçekleşen bir basınç dalgası aracılığıyla açıklayabiliyordu. Kuramın sahip olduğu özellikle önemli bir öngörüye göre, ışık (cam gibi) daha yoğun bir ortamda, (hava gibi) daha az yoğun bir ortama oranla daha yavaş gitmeliydi. Bu, ileride, on dokuzuncu yüzyılda ışığın dalga olarak mı yoksa parçacık akımı olarak mı hareket ettiğine ilişkin hüküm verici bir sınamaya olanak vereceği için uzun vadeli bir önem taşıyordu. Kısa vadede de son derece önemliydi, çünkü Descartes ve ondan önceki her-

kes ışığın sonsuz hızda hareket etmesi gerektiğini varsaymıştı; böylece Descartes'ın modelinde (örneğin) güneşte gerçekleşen bir karışıklık eşanlı olarak gözü etkileyebiliyordu. Huygens araştırmasının en ileri noktasına ulaştığı 1670'li yılların sonunda modelinde sonlu bir ışık hızı varsayımında bulunmakta haklıydı ve böyle yapabilmesinin altında en doğru yerde, çok önemli bir keşfin yapıldığı Paris'te olması yatıyordu.

Işık hızının çok büyük olmasına karşın sonsuz hızda olmadığını kabul etmek için gerekli olan ileriye doğru olağanüstü kavramsal sıçrama, Huygens'in Fransız Akademisindeki çağdaşlarından Danimarkalı Ole Rømer'in yaptığı bir çalışmadan kaynaklandı. Rømer 25 Eylül 1644'te Århus'te doğdu ve Kopenhag Üniversitesindeki eğitiminin ardından aynı yerde fizikçi ve astronom Erasmus Bartholin'in asistanı olarak kaldı. 1671 yılında Jean Picard (1620–1682), Tycho'nun gözlemevinin (gözlemlerinin kesin astronomik analizi için önemli olan) tam konumunu saptamak üzere Fransız Akademisi tarafından Danimarka'ya yollandı ve Rømer bu çalışmada kendisine o kadar etkili bir yardım sağladı ki, Paris'e davet edildi ve burada Akademide çalışarak veliahtın öğretmenliğine dek yükseldi. Rømer en önemli başarısına (1625 ile 1712 yılları arasında yaşamış ve bugün Cassini ayrımı olarak adlandırılan Satürn'ün halkaları arasındaki bir aralığı keşfetmesiyle hatırladığımız) Giovanni Cassini'yle beraber Jüpiter'in uydularını gözlemleme çalışmasının sonucunda ulaştı. Dünyanın güneş etrafında düzenli bir yıllık yörüngesini izlemesi gibi, her uydu da kendi gezegeni etrafında düzenli bir yörüngede hareket etmeli, aynı şekilde her uydunun Jüpiter'in arkasında tutulması da düzenli aralıklarla olmalıydı. Ancak Rømer bu tutulmalar arasındaki zaman aralığının her zaman aynı olmadığını ve tutulmaların dünyanın Jüpiter'in konumuna göreli olarak güneş etrafındaki yörüngesindeki konumuyla bağlantılı bir biçimde değiştiğini fark etti. Bunu ışığın sonlu bir hızda olmasının bir sonucu olarak yorumladı: Dünya Jüpiter'den göreli olarak uzaksa tutulmaları daha sonra görürüz, çünkü bu tutulmaların haberini bize taşıyan ışığın Jüpiter'den teleskoplarımıza ulaşması daha uzun sürmüştür. Rømer keşfettiği bir şablona dayanarak tutulma zamanlarının değişimini hesapladı ve 9

Kasım 1679 tarihinde Jüpiter'in en iç tarafındaki Galileo uydusu Io'daki bir tutulmanın eski hesaplamalara göre beklenenden on dakika geç gerçekleşeceği öngörüsünde bulundu. Haklı olduğu büyük bir sansasyon yaratarak görüldü. Dünyanın yörüngesinin çapına ilişkin elde olan en iyi tahmini dayanak alarak[7] Rømer bu zamansal gecikmeden yola çıktı ve ışığın hızının (modern birimler cinsinden) saniyede 225.000 kilometre olması gerektiğini hesapladı. Rømer'in gözlemlerindeki aynı hesaplamayı kullanarak ama dünyanın yörüngesinin büyüklüğüne ilişkin en son tahminlerden faydalanarak yapılan hesaplama, ışık hızının saniyede 298.000 kilometre olduğu sonucunu verir. Işığın hızına ilişkin tarihte yapılan ilk hesaplama olduğunu göz önüne alırsak bu, şu anda tespit ettiğimiz değer olan saniyede 299.792 kilometreye şaşırtıcı derecede yakındır. Tarihte tutacağı yeri sağlama almış olan Rømer İngiltere'ye bir yolculuk yaparak burada çok sayıda kişinin yanı sıra Isaac Newton, Edmond Halley ve John Flamsteed'le tanıştı. 1681 yılında Kopenhag'taki Kraliyet Gözlemevinin kraliyet astronomu ve yöneticisi olarak Danimarka'ya döndü ve 23 Eylül 1710 tarihinde burada öldü.

Huygens'in Paris'teki Rømer'e paralel olarak yürüttüğü ve 1690 yılında *Traité de la Lumière* (*Işığın İncelenmesi*) adıyla basılan ışık hakkındaki çalışması kariyerini taçlandıran başarısı oldu. Kitap Huygens'in 1691'de kısmen sağlığının bozulması, kısmen de Fransa'daki politik iklimin bir kez daha değişime uğraması nedeniyle Hollanda'ya dönmesinin ardından tamamlandı. Siyasetin yukarıda kullandığım "değişime uğrama" ifadesinin ötesinde bir karmaşıklık içeriyor olmasından lütfen beni sorumlu tutmayınız. (Bugün tüm ülke için kullandığımız ifadeyle) Hollanda'nın kuzey kesimindeki kuzey Hollandalıların bağımsızlığı İspanya

[7] Fransa'dan bir ekibin 1671 yılında Fransız Guyanasındaki Cayenne'den Jean Richer ve Paris'teki Cassini'nin eşzamanlı gözlemlerini kullanarak gerçekleştirdiği Mars'ın paralaks ölçümünden çıkartılan uzaklık. Mars'ın konumu ile onun arkaplanında bu referans çizgisinin iki ucundan görülen yıldızlar arasındaki küçük fark ve bununla beraber Kepler'in yasaları tüm gezegenlerin yörüngelerinin çapını veriyordu. Tüm bunlar (keza Rømer'in çalışması da), halen daha Roma'nın dışındaki birileri inanma sorunu yaşıyorsa, Kopernik modelinin geçerliliğine çarpıcı birer kanıt niteliği taşıyordu.

tarafından 1648 yılında tanınmış olmasına karşın, İspanyollar Hollanda'nın güney kesimini halen daha ellerinde tutuyorlardı. XIV. Louis 1660 yılında İspanya kralı IV. Philip'in en büyük kızı Maria Theresa'yla evlendi. Philip 1665'te küçük yaştaki oğlu II. Charles'ı tahtın varisi olarak bırakarak öldüğünde, Louis bu fırsatı kullanarak İspanya'nın elinde tuttuğu (bugünkü Belçika'nın büyük bölümü dâhil) bütün Flemenk toprakları üzerinde hak iddia etti ve bir yandan da Hollanda'ya göz dikti. Bu hırsı en sonunda karşısında Hollanda, İngiltere ve İsveç ittifakının oluşmasına yol açtı. Ancak XIV. Louis yüklü para teşvikleri teklif ederek ve tüm Hollanda bölgesi ele geçirildikten sonra Avrupa anakarasında toprak sözü vererek İngiltere'yi saf değiştirmeye ikna etti.


44 TRAITE'

vent s'étendre plus amplement vers en haut, & moins vers en bas, mais vers les autres endroits plus ou moins selon qu'ils

approchent de ces deux extremes. Ce qui eſtant, il s'enſuit neceſſairement que toute ligne, qui coupe une de ces ondes à angles droits, paſſe au deſſus du point A, ſi ce n'eſt la ſeule qui eſt perpendiculaire à l'horizon.

Soit B C l'onde qui porte la lumiere au ſpectateur qui eſt en B, & que B D ſoit la droite qui coupe cette onde perpendiculairement. Or parce que le rayon ou la ligne droite, par laquelle nous jugeons l'endroit où l'objet nous paroit, n'eſt autre choſe que la perpendiculaire à l'onde qui arrive à noſtre œil, comme l'on peut entendre par ce qui a eſté dit cy deſſus, il eſt manifeſte que le point A s'appercevra comme eſtant dans la droite B D, & ainſi plus haut qu'il n'eſt en effet.

De meſme ſi la Terre eſt A B, & l'extremité de l'Atmoſphere

C D;

10. *Huygens'in 1690 yılında basılan* Traité de la Lumière *kitabından ışık dalgalarının tarifi.*

İngiliz halkını oldukça rahatsız eden bu doğal olmayan ittifakın gerçekleşmesinde bir etmen de İngiltere kralı II. Charles'ın XIV. Louis'nin kuzeni olmasıydı; I. Charles, XIII. Louis'nin kızkardeşi Henrietta Maria ile evlenmişti. İngiliz iç savaşı ve parlamenter ara dönemin ardından yakın zamanda tahtına kavuşabilmiş olan II. Charles güçlü bir ittifak sahibi olmaya istekliydi ve işleri karmaşıklaştıran bir başka etmen de onun XIV. Louis ile yaptığı anlaşmada Charles'ın katolik olmaya söz verdiği gizli bir hüküm bulunmasıydı. Yine de Charles ancak ölüm döşeğinde katolikliğe geçti. Tahmin edilebileceği üzere ittifak uzun sürmedi ve Fransa, İngiliz donanmasının Hollandalılar karşısında uğradığı yenilginin ardından 1672 sonrasında Hollanda topraklarını işgal seferinde tek başına kaldı. Hollanda kuvvetleri, (İngiltere kralı I. Charles'ın torunu ve annesi II. Charles'ın kızkardeşi olduğu için II. Charles'ın da yeğeni olan) Orangeli William'ın yönetimi ve bazı yerlerden aldıkları yardımla (bunların içerisinde Fransa'ya karşı bir ittifak kurma fırsatından –bu Hollandalılara yardım anlamına bile gelse– her zaman zevk duyan İspanya da vardı) işgale karşı direnmekle kalmadı, 1678 yılında Nijmegen'de onurlu bir barış antlaşması imzalamayı başardı. Fransız ihtirasının Hollanda'daki protestanların karşısında yaşadığı bu bozgunun ardından Paris'teki Hollandalı protestanların koşulları katlanılmaz hale geldi (Fransızlar kazansaydı elbette daha iyi muamele görürlerdi!) ve Huygens'i memleketine dönme durumunda bıraktı.[8] Sağlığı bir türlü düzelmemesine karşın Huygens yurtdışına birkaç yolculuk daha yaptı ve1689 yılındaki Londra ziyaretinde Newton'la tanıştı. Son hastalığı onu 1694'te yatağa düşürdü, aylar boyunca çektiği acıların ardından en sonunda 8 Temmuz 1695 tarihinde Lahey'de son nefesini verdi.

[8] Nijmegen Barışı da hikâyenin sonu olmadı. XIV. Louis 1685'te Nantes fermanını yürürlükten kaldırdı ve 1688'de tekrar savaş çıktı, savaş bu sefer dokuz yıl sürdü ve İngiltere bu kez Hollanda tarafında yer aldı. 1685'te II. Charles'ın yerine bir Katolik olan kardeşi II. James tahta geçti; bunun sonucu olarak babası II. James 1689'da tahttan feragat etmek zorunda kalınca onun kızı olan karısı Mary ile birlikte yönetimi ele alan Orangeli William, İngiltere Kralı III. William oldu.

Robert Boyle: Gaz Basıncı Üzerine Çalışması

Fransa ile Hollanda arasındaki savaşa rağmen Huygens'in yaşamı bilimsel çalışma alanı haricinde olaysız geçti. Ancak aynısını neredeyse tek başına kimyaya saygınlık kazandırmış, gazların yapısını çözümlemiş, atomların varlığının kabul edilmesine katkıda bulunmuş ve bilim dışındaki yaşamı romanlara konu olabilecek bir kişi olan çağdaşı Robert Boyle için söyleyemeyiz.

Huygens için ağzında gümüş kaşıkla doğmuş benzetmesini yaparsak, Boyle'un ağzında bir depo dolusu çatal bıçak takımıyla doğduğunu söyleyebiliriz. Robert Boyle'un hayatıyla ilgili kaynakların çoğu o dönem Britanya adalarının en zengin adamı olan Cork Kontunun on dördüncü çocuğu (ve biri doğumda ölmekle birlikte yedinci oğlu) olarak doğduğunu belirtiyor. Ancak bu kaynakların pek azı kontun aslında aristokrasinin bir üyesi olarak doğmadığını, servet ve toplumda saygın bir yer edinmek için tutkuyla yanıp tutuşan Elizabeth dönemi maceraperestlerinden biri olarak şansı ile becerisinin birleşmesiyle soylular arasına girdiğini belirtiyor. Richard Boyle hayata gözlerini eğitimli ancak tanınmamış bir ailenin ünvansız bir üyesi olarak 14 Ekim 1566'da açtı. 1580'lerin başında, kendisinden iki yaş büyük Christopher Marlowe'la aynı zamanda Canterbury'deki King's School'da eğitimine başladı, ardından da Cambridge'te okudu. Middle Temple'da hukuk eğitimine başladı ama parası yetişmedi ve Londra'da bir avukatın yanında kâtip olarak çalışmaya başladı. Ardından İspanyol Armadasının İngiltere'ye geldiği ve kendisinin 22 yaşına bastığı 1588 yılında (o dönemde İngiliz sömürgesi olan) İrlanda'ya servet edinmeye gitti. Babası çok önce, annesi de 1586 yılında öldüğü için hayatta kendi yolunu kendisi bulmak zorundaydı.

Richard Boyle Dublin'e kendi ifadesine göre cebinde 27 pound nakit para, annesinden kalan elmas bir yüzük ve altın bilezik, çantasında yeni bir takım elbise, pelerin, bir miktar iç çamaşırı, satmayı düşündüğü bir çift tafta, üzerindeyse siyah kadifeden bir golf pantolon, pelerin, hançer ve kılıçla geldi. Bahsetmemesine karşın muhtemelen bir de şapkası vardı. Zeki, eğitimli ve potansiyel vaat eden gözü kara bir genç adam olarak Boyle o dönem henüz tamamlanmış olan İrlanda'nın yeniden fethi sırasında kraliyetin el koyduğu mülk ve topraklarla ilgilenen devlet dairesinde

iş buldu. Bir tarafta İrlandalı toprak sahipleri kendi mülklerinin sahibi olduklarına dair kanıt sunmak zorundayken, ülkenin geniş arazilerine el konmuş ve bu topraklar yüksek konumlardaki ayrıcalıklı İngilizlere verilmiş ya da satılmıştı. Yaptığı işin doğası ona kelepir arazilere ilişkin içerden bilgi sağladığı için Boyle gibi memurlara rüşvet ve hediye verilmesi rutin bir uygulama haline gelmişti. Nihayetinde bir yeri kelepir fiyata kapatmak için bile belli bir ödeme yapmak gerekir. Bu işte geçirdiği yedi yıl bir servet edinmesine yetmeyince Richard 1595 yılında, kiraya verdiği arazisinden yılda 500 pound kazanç elde eden zengin bir dulla evlendi. Bu parayı başka yatırımlara yöneltti ve karısının doğumda ölen bir oğlan çocuğu dünyaya getirirken hayatını kaybetmesine karşın, sonunda bu parayla rüyalarında bile göremeyeceği bir servete ulaştı.

Servetine servet katacak duruma gelmeden önce Richard Boyle bir dönem geçici bir başarısızlık yaşadı ve varlığının çoğunu 1598'deki Munster ayaklanmasında yitirerek İngiltere'ye kaçmak zorunda kaldı. Yine bu dönemde yolsuzluk suçlamasıyla tutuklandı ancak Kraliçe Elizabeth ve onun danışma meclisinin yönettiği bir duruşmada beraat etti. Boyle'un mahkemedeki başarılı savunması kraliçeyi etkiledi ve onu İrlanda'da yönetim yenilenirken ülkenin gündelik yönetiminde kilit bir pozisyon olan divan kâtipliği görevine atadı. Yaşamını değiştiren satın alma operasyonuysa 1602 yılında gerçekleşti; Waterford, Tipperary ve Cork'taki metruk mülkleri, bunlardan para kaybedecek kadar kötü yönetmiş olan Sir Walter Raleigh'den yok pahasına satın aldı ve iyi bir yönetimle çok yüksek kar elde edilir hale getirdi. Bu arada da o dönemde İrlanda'daki İngiliz toprak sahipleri arasındaki en aydın kişilerden biri olarak namını yürütecek şekilde okullar ve imarethaneler, yeni yollar ve köprüler ve hâttâ tamamen yeni kurulan kasabalar inşa etti.

Richard Boyle'un yükselişi 1603 yılında İrlanda'dan sorumlu devlet bakanının 17 yaşındaki kızı Catherine Fenton'la evlenmesine yetecek kadar artmıştı, aynı gün şövalyelik ünvanını da kazandı. Catherine en az on beş çocuk doğurdu ve bunlar evlilik çağına geldiklerinde (1620 yılında doğru yerlere bağışlanan 4000 poundluk "bağışları" sayesinde ilk Cork Kontu olan) Sir Richard'ın

ve parasının ayarlayabildiği, aile için en avantajlı bağlantıları sağlayacak şekilde evlendirildi. Bu sayede yakalanan fırsatların en etkileyicisi 15 yaşındaki Francis Boyle'un Kraliçe Henrietta Maria'nın (XIII. Louis'in kızkardeşi olduğunu hatırlayın) saray kâhyası olan Sir Thomas Stafford'un kızı Elizabeth'le evlenmesi oldu. Gelini damada Kral I. Charles teslim etti, Kraliçe gelinin gerdek gecesi hazırlığına yardım etti ve hem Kral hem Kraliçe genç çiftin yatağa beraber girişlerini görmek için kaldılar.

Bu evlilikler sonradan görme türedi zengin Boyle'un (ki bu o dönemde pek utanç duyulacak bir şey değildi) soylu devlet katıyla bağlarını güçlendirmesini sağlasa da, tüm evliliklerin kişisel düzeyde başarılı olduğu da kesinlikle söylenemez. Bu kaderden kaçabilen sadece iki kişi, Kontun en küçük oğlu (25 Ocak 1627'de annesi 40, babası 61 yaşındayken doğan) Robert ve Robert'in küçük kızkardeşi Margaret oldular ve bunun tek nedeni de Kontun evliliklerin ayarlanacağı yaşa gelmeden ölmesiydi (Hâttâ Robert'te Kont oğlu için gelini bile seçmişti ama düğünü organize edemeden öldü). Özellikle büyük kardeşlerinin evlilik yazgılarına yakından şahit olmalarının etkisiyle olsa gerek her ikisi de hiç evlenmedi.

Richard Boyle'un oğlu olmak, mali açıdan tam güvence sağlasa da hiçbir zaman fiziksel açıdan rahat olmadı. Servetine rağmen baba özellikle erkek çocuklarının yumuşak yetiştirilmemeleri konusunda kararlıydı ve bu amaçla her bir oğlunu annesinden ayrılabilecek yaşa geldiğinde sertleşmeleri için dikkatle seçilmiş bir köylü ailesiyle birlikte yaşamaya yolladı. Robert açısından bu bebekken evi terk ettikten sonra annesini bir daha hiç görememesi anlamına geldi; annesi kırklı yaşlarının ortasında öldüğünde Robert 4 yaşındaydı ve eve dönmesine daha bir yıl vardı. 5 yaşından 8 yaşına kadar Robert babası ve (düzenli olarak sayıları azalan) henüz evlenmemiş ağabey ve ablalarıyla birlikte yaşadı ve temel okuma, yazma, Latince ve Fransızca dersleri aldı. Ardından sertleşme sürecinin ikinci aşaması için hazır olduğu düşünülerek Eton'da okuması için (kendisinden biraz daha büyük olan kardeşi Francis'le birlikte) İngiltere'ye gönderildi. Venedik büyükelçiliği görevinden gelen okul müdürü Sir Henry Wotton Kontun eski bir arkadaşıydı. Robert akademik yaşama hızla uyum sağladı; öyle ki o dönemde de Eton'da okumanın önemli bir parçası olan ve ken-

disinin katılımda isteksiz olduğu oyunlarda yer alması için ders çalışmayı bırakması, ancak başkasının zoruyla mümkün oluyordu. Öte yandan yaşamı boyunca çekeceği sürekli nükseden hastalıkları da ders çalışmasına sekte vuruyordu.

Robert 12 yaşına geldiğinde babası Dorset'deki Stallbridge malikânesini İngilizler için üs olarak kullanmak amacıyla satın alarak Francis ve Robert'ı kendisiyle birlikte yaşamak üzere yanına aldı. Francis gerçekten de malikânede yaşadı ama Robert babasının en sevdiği oğlu olarak bilinmesine karşın (belki de bu yüzden), zamanını tembellik ederek geçirmeyip derslerine çalışması için bölgedeki sorumlu rahibin yanına bırakıldı. Kaderinde üniversiteye devam etmek yazılı gibi görünüyordu ancak Francis (güzelliği nedeniyle daha sonra "Kara Betty" olarak tanınacak ve saray çevrelerinde II. Charles'ın metresi olup ondan bir kız doğurunca ün –veya kötü ün– kazanacak olan) Elizabeth Stafford'la evlendirilince Robert'ın yaşamı dramatik biçimde değişti. Oğullarının boş zevk olarak görülebilecek herhangi bir şeyin tadını çıkarmasından yine her zamanki gibi nefret eden Kont, düğünden dört gün sonra henüz 15 yaşındaki damadı yanında bir eğitmen ve kardeşi Robert'la birlikte Fransa'ya yolladı. Yazılanlara göre "damat tattığı bir zevkten bu kadar çabuk mahrum bırakılmaktan son derece müteessir[di] ve zorla koparıldığı şeyi bilmek ancak üzüntüsünü arttırmaya yetiyordu."[9] Öte yandan ilk Cork Kontu gibi bir babayla tartışmak söz konusu bile değildi.

Fransa'da Rouen, Paris ve Lyon'u ziyaret ederek geçen yolculuğun ardından bu küçük ekip bir süre için Cenova'ya yerleşti ve Robert burada nihayet sevdiği bir spor buldu (tenis), ancak eski hevesiyle çevresinde ne varsa öğrenmeye de devam etti. 1641 yılında Francis, Robert ve eğitmenleri İtalya seyahatlerine başladılar (Kont yılda 1000 pound gibi inanılmaz bir bütçe sağlıyordu) ve Galileo öldüğü sırada Floransa'daydılar.[10] Bu olayın Floransa'da

[9] Alıntı Pilkington'dan.

[10] Genel eğitiminin bir parçası olarak 15 yaşındaki Robert Boyle Floransa'da eğitmeni tarafından genelev eğlencesiyle (gözlemci olarak) tanıştırıldı. Bu deneyim ve "zevkleri cinsiyet ayrımı yapmayan iki din adamının akıl almaz kur yapmaları"nın nesnesi olduğu bir başka durum onu yaşamı boyunca cinsellikten uzak tutmuşa benziyor. Boyle'un cinsel ilişkiden uzak bekâr yaşamı ister istemez cinsel yönelimi konusunda

yarattığı büyük telaş genç Boyle'un merakını uyandırdı ve Galileo ve çalışmaları üzerine kapsamlı okumalar yapmaya başladı; genç adamın bilime ilgi duymaya başlamasındaki kilit olayın bu olduğu görülüyor.

Aynı dönemde evdeki koşullar da dramatik biçimde değişmekteydi. Cork Kontu neredeyse örnek bir toprak sahibi olmasına karşın İngiliz akranlarının çoğu İrlandalılara öyle sert davranmaktaydı ki bir isyan kaçınılmazdı ve bu isyan 1641 yılında patladı.[11] Örnek toprak sahibi olsun veya olmasın, Kont İrlandalıların İngiliz olan her şeye düşmanlığından kaçamadı ve çatışma (adeta iç savaş) başladığında Kontun İrlanda'daki geniş arazilerinden elde ettiği gelirler bir anda sona eriverdi. Boyle kardeşler İtalya maceralarını tamamlayıp Marsilya'ya vardıklarında isyanın haberini kendilerine ulaşan bir mektupla aldılar; mektupta yıllık 1000 pound tutan harcırahlarının sona erdiği belirtiliyor ve derhal eve dönmeleri için sadece (aslında yine de yüklü bir para olan) 250 pound yollanacağı yazıyordu. Kontun oğullarına iletmesi için güvendiği adam muhtemelen bu parayı çaldığı için, bu 250 pound da ellerine ulaşmadı. Bu durumda yaşça büyük olan Francis babası ve kardeşlerine (çatışmalarda) yardım edebilmek için eve yollanırken, küçük Robert eğitmeniyle birlikte Cenova'da kaldı. Savaşın sona erdiği 1643 yılında bir zamanlar İngiliz imparatorluğunun en zengin adamı olan Cork Kontu batmış ve çatışmalarda oğullarından ikisini kaybetmiş durumdaydı (Francis savaş alanında başarılı olmuş ve hayatta kalmıştı). Aradan fazla zaman geçmeden Kont da oğullarını izledi ve yetmiş yedinci doğum gününe bir ay kala öldü. Ertesi yıl 17 yaşına gelen Robert beş parasız bir halde ve eğitmeninin Cenova'da yaptığı masrafların yanı sıra eve dönüşünde yaptığı yardımı dahi geri ödeyememiş olmanın onur kırıklığını taşıyarak İngiltere'ye döndü. Bunlar yetmiyormuş gibi İrlanda'daki savaş biter bitmez bu kez İngiltere'de iç savaş patladı.

---

bazı sorulara yol açtı, ancak keşişleri "keçiler gibi kızışmış" "cüppe giymiş oğlancılar" olarak tanımlamış olması bu yönde bir eğilimi olmadığını düşündürüyor.

[11] O kadar ki, Oliver Cromwell gibi bir otorite "her ilde bir Cork Kontu olmuş olsa" İrlandalıların ayaklanmaları olmazdı, yorumunu yaptı.

İngiliz iç savaşının tarihçilerin halen daha tartıştığı çok sayıda ve karmaşık nedeni var. Ancak o dönemde çatışmayı tetikleyen en önemli nedenlerden biri Boyle ailesine bu kadar pahalıya patlayan İrlanda ayaklanmasıydı. Babası I. James'in ardından tahta geçen I. Charles ile parlamentosunun arası uzun zamandır açıktı ve İrlanda ayaklanmasını bastırmak için ordu oluşturmak gerektiğinde ordu için gereken kaynakları kimin sağlayacağı ve kimin orduyu kontrol edeceği konusunda görüş ayrılığı doğdu. Sonuç kralın değil, parlamentonun atadığı bir kraliyet temsilcisinin denetimi altında olan bir milis gücünün parlamento tarafından oluşturulması oldu. Kral bunu kabul etmeyeceği için, gereken yasa, 1642 Milis Buyruğu kralın imzasını alma ayrıntısıyla uğraşmaksızın parlamentoda kabul edildi. Aynı yılın 22 Ağustosunda Kral Nottingham'da potu yükselterek takipçilerini parlamentoya karşı harekete geçirdi. Çatışmalarda Oliver Cromwell parlamenter kuvvetlerin lideri olarak öne çıktı ve savaşın ilk evresi Haziran 1645'teki Naseby Çarpışmasında Kralın kuvvetlerinin yenilmesi ve Haziran 1646'da Oxford'un parlamenter kuvvetlerin eline geçmesiyle sona erdi. Parlamento Ocak 1647'de bizzat Kralı da eline geçirdi.

Barış kısa sürdü çünkü Charles Kasım ayında hapis tutulduğu Wight adasından firar ederek ordusunu topladı ve İskoçlarla gizli bir antlaşma yaptı. Buna göre tekrar yakalanmaz ve yeniden tahta geçerse Presbitaryanizm taraftarlarına belli bazı imtiyazlar tanıyacaktı. İskoçlar antlaşmanın kendilerine düşen kısmını yerine getirmeye çalıştılarsa da, Ağustos 1648'de Preston'da yenilgiye uğradılar ve I. Charles bir sonraki yılın 30 Ocak'ında idam edildi. 1649'dan 1660'a dek İngiltere'nin kralı yoktu; 1653 yılına dek önce parlamento tarafından ve bu tarihten öldüğü 1658 yılına dek de Koruyucu Lord ünvanıyla Cromwell tarafından yönetildi. Ardından olayların akışı, geçen iki on yılın olaylarının hızla geriye doğru sarıldığı bir film gibi ilerledi. Hanedanlığa dayalı bir ırsi monarşi sisteminden kurtulmak için girilen onca zahmetin ardından İngiltere bula bula Koruyucu Lord'un varisi olarak Oliver'ın oğlu Richard Cromwell'i buldu. Ancak o da 1653 parlamentosunun üyelerinden hayatta kalanların geri dönmesi için kurulan ordu tarafından devrildi ve başka kimsenin devletin başı olarak

davranmaya uygun bulunmaması nedeniyle Fransa'ya sürgüne gönderilmiş olan II. Charles 1660 yılında yeniden tahta geçirildi. Her ne kadar iç savaşın ardından iktidar dengesi kraldan uzaklaşarak parlamento lehine az denemeyecek ölçüde değişmiş olsa da, bugün yaklaşık 350 yıl uzaktan bakıldığında bu kadar çaba karşılığında oldukça mütevazı bir sonuç elde edilmiş olduğu görülüyor.

Robert Boyle'un döndüğü zamanda İngiltere, bazı yerleri kral taraftarlarınca (ana üsleri Oxford olmak üzere), bazı yerler de (Londra ve güneydoğu dâhil) parlamento tarafından elde tutulan parçalara ayrılmış durumdaydı. Ancak meydan muharebelerinin yapıldığı bölgeler haricinde hayat, birçok insan için fazla aksama olmadan devam ediyordu. İlk Cork Kontunun oğlu bu insanlardan biri değildi. Aile herkes tarafından kralın dostu olarak tanınıyordu ve eğer babasının bol para harcayarak ayarladığı evliliklerden biri olmasaydı Robert'in doğal içgüdüsünü izleyerek başını öne eğip çatışmada taraf olmaması hiç mümkün olmazdı. Robert'ın kız kardeşlerinden biri (ondan on üç yaş büyük olmasına rağmen en sevdiği ablası) olan Katherine'nin evlendirildiği genç adam, o esnada babasının ölümüyle Ranelagh Vikontu ünvanını almıştı. Evlilik kişisel yaşam yönüyle tam bir felaketti ve çift artık beraber oturmuyordu. Ancak (Katherine'le iyi ilişkilerini sürdüren) Vikontun kız kardeşi, parlamento tarafında önde gelen bir parlamento üyesiyle evliydi ve Katherine de şahsen Londra'daki evinde parlamentocuları ağırlayan bir parlamento taraftarıydı. Bu ev Robert'a İngiltere'ye döndüğünde ilk sığınak oldu (ve burada başka birçok insanın yanı sıra John Milton'la da tanıştı) ve iç savaşta kraliyet kuvvetlerinin yenilmesinin ardından babasının ona bırakmış olduğu Stallbridge'teki malikâneyi büyük oranda Katherine'in bağlantıları sayesinde elinde tutabildi.

Boyle 1645 yılında işte bu köy evine çekildi. Politikada etliye sütlüye karışmadı ve sahip olduğu arazilerden savaşa rağmen gelen (aile standartlarına göre) mütevazı gelirle geniş okumalar yapma (kapsamlı bir İncil okuması da bunlara dâhildi), yazma (felsefe, yaşamın anlamı ve din gibi çok çeşitli konularda) ve o dönemde büyük oranda simya olarak tanımlayabileceğimiz kendi deneylerini gerçekleştirme imkânını buldu. Katherine'e yazdığı çok sayıda mektup Dorset'deki yaşamına ışık tutuyor; başka bir

arkadaşına yazdığı bir mektupta da bir kurşun bilyenin sıkıştırılmış havanın kuvveti kullanılarak otuz adım uzaktaki birini vurmak için ateşlenebilmesini sağlayan bir havalı tabanca gördüğünden bahsediyor; bu gözlem onu Boyle yasasının keşfine götürecek olan düşünüş yoluna sokmuş olsa gerektir. Katherine zeki ve bağımsız bir kadındı ve Londra'daki evi o dönemin entelektüellerinin buluşma yeri haline geldi; bunlar arasında kendilerine "görünmez kolej" adını vermeye başlayan bilimle ilgili bir grup insan da vardı. Bahsedilen grup Kraliyet Derneğinin önceliydi ve Robert da Katherine sayesinde Londra ziyaretlerinde bu kişilerle ahbaplık kurmaya başladı. İlk yıllarında (1640'ların ortaları) grup genellikle Londra'da pek de öyle görünmez sayılamayacak olan Gresham College'da toplandı. Bu üniversite 1596 yılında Kraliçe Elizabeth'in finansal danışmanlarından Sir Thomas Gresham tarafından İngiltere'de Oxford ve Cambridge dışındaki ilk ileri düzey eğitim merkezi olarak kurulmuştu. Söz konusu kurumlarla rekabet etmeyi hiçbir zaman başaramamış olsa da bu yine de İngiltere'de eğitimin yaygınlaşmasında önemli bir adımdı. İç savaşın sonuna yaklaşılırken, 1648 yılında önde gelen üyelerinden bazıları Oxford'da görevler üstlenince görünmez üniversitenin etkinliklerinin odağı buraya doğru kaydı.

Politik durumun görece durağanlaştığı 1652 yılında Boyle kendisine eşlik eden tıp adamı William Petty'yle beraber İrlanda'ya, oradaki aile mülkleriyle ilgilenmek üzere bir ziyaret gerçekleştirdi. Ailenin gelecekten siyasal beklentileri yükselmişti, bunun nedeni şimdi Lorg Broghill adını almış olan Robert'ın ağabeylerinden bir tanesinin İrlanda isyanını bastırmakta önemli bir rol oynamış olmasıydı. Bu da o dönemde İngiltere'yi yöneten kim olursa olsun onun işine gelirdi; İrlanda'da sorun olması Cromwell'in en son isteyeceği şeydi. Yine de 1640'ların büyük kabarışı içerisinde arazilerden yeniden doğru düzgün bir gelir akışı sağlamanın koşulları yoktu. Boyle yaklaşık iki yılını İrlanda'da geçirdi ve bu sürede Petty'yle kurduğu yakın ilişkiden düşünsel olarak beslendi (ondan anatomi ve fizyolojiyi, kadavra incelemesinin nasıl yapıldığını öğrenmekle kalmadı, birlikte bilimsel yöntem tartışmaları yürüttüler). Finansal açıdan da İngiltere'ye dönüşünde artık babasından kalan arazilerden yıllık 3000 pounddan fazla, yani ca-

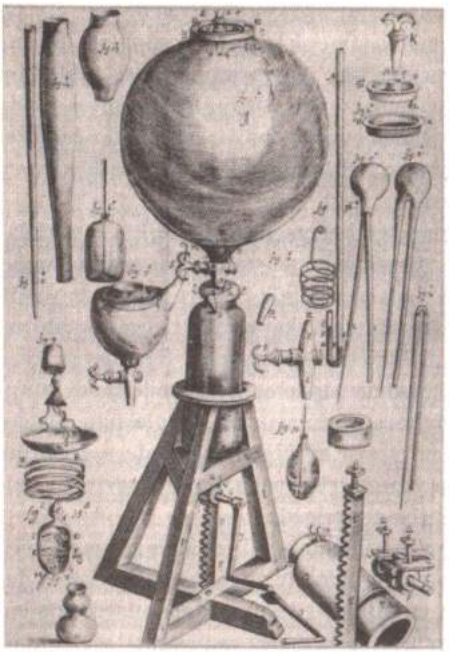
nının istediği şeyi yapabilmesini sağlayacak bir gelir payı almayı güvence altına almıştı.[12] 27 yaşına ulaştığı 1654 yılında, o dönem İngiltere'deki (ve muhtemelen tüm dünyadaki) bilimsel etkinliğin merkezi olan Oxford'a taşınmaktan büyük bir memnuniyet duydu ve sonraki on dört yıl boyunca burada ona ün kazandıran bilimsel çalışmalarını gerçekleştirdi. Stallbridge'teki malikâne de kardeşi Francis'in ailesine devroldu.

Boyle'un tüm deneyleri tek başına yapma gibi bir zorunluluğu yoktu. Sahip olduğu yüksek gelir, asistanlar tutmasını (bunların içerisinde birazdan bahsedeceğimiz Robert Hooke da vardı) ve bugün birçok bilim insanının kıskanacağı bir özel araştırma enstitüsünü rahatlıkla işletmesini sağlayacak düzeydeydi. Para Boyle'ın çağdaşlarının çoğunun yapamadığı biçimde kendi kitaplarını cebinden bastırabilmesini, dolayısıyla kitaplarının düzgün baskılar halinde hızla piyasaya sürülebilmesini de sağlıyordu. Ödemelerini zamanında yaptığı için baskıcılar onu seviyor ve kitaplarına fazladan özen gösteriyorlardı.

Sahip olduğu bilimsel kuruluşla beraber Boyle bilimsel yöntemin uygulanmasının öncülerinden biriydi. Bu açıdan kendi deneylerini yapan Galileo ve Gilbert gibi pratik adamların izinden gidiyor; aynı zamanda şahsen fazla deney yapmamış[13] ama bilimsel yöntem üzerine yazdıkları, onu izleyen İngiliz bilim adamları nesli üzerinde büyük etki yaratmış olan Francis Bacon'ın (1561–1626) felsefi çalışmalarından esinini alıyordu. Bacon bir araştırmaya hayalinde harika bir fikir yaratmakla ve ardından bunu destekleyecek olgular aramakla değil, mümkün olan en fazla veriyi toplamakla başlamak ve gözlemleri açıklamaya çalışmakla devam etmek gerekliliğini tüm ayrıntılarıyla açıkladı. Bacon'ın sistemini

[12] Boyle'un İrlanda'daki İngiliz zulmünün en nefret edilen sembollerinden olan, kiraya verdiği gayri menkulden uzakta yaşayıp onunla ilgilenmeyen mülk sahiplerinden biri olması ironiktir; çünkü o günün ölçütlerine göre Boyle bir liberaldi ve bir arkadaşına yazdığı mektupta bir aristokratın cenaze masraflarının yüksekliğine dikkat çekerek bu paranın fakirlere harcanmasının daha iyi olacağını söylüyordu.

[13] 65 yaşında olmasına karşın dondurucu derecede soğuk bir günde dışarı koşup bozulup bozulmayacağını gözlemlemek amacıyla bir tavuğun içini karla doldurduğu deney, en ünlü deneyiydi ve sonucunda zatürreye tutulduğu için onu öldürdü.



11. *Boyle'un aletlerinden bazıları; resimde onun hava pompası da görülüyor.*

bir cümlede özetlemek gerekirse bu bilimin olguların sağladığı temeller üzerinde inşa edilmek zorunda olmasıdır; Boyle'un canla başla uygulamaya çalıştığı temel ders buydu. Bilimcilerin hangi yaklaşıma dayanması gerektiği konusunda bunun en iyi örneğini Boyle daha sonra Galileo'nun düşen cisimler hakkındaki çalışması ve farklı ağırlıktaki cisimlerin aynı hızda düştüğü keşfi konusunda yazarken "sağladığı bilgi akla aykırı gözükse de biz deneyime onay veririz" diyerek göstermiştir.[14]

Boyle bilim konusunda bir şeyler basmak için altı yıl bekledi belki ama sonunda yazdıkları da beklemeye değecek ölçüde iyi yazılmıştı. Bilime ilk önemli katkısı havanın esnekliği ya da sıkıştırılabilmesi konusunda oldu ve bu katkı olağanüstü meslek hayatının en ünlü deneyini içermektedir. Bu deneyde o (ya da asistanları) J harfi şeklinde üstü açık ve kısa bacağı kapalı bir cam

[14] Boyle'un *Christian Virtuoso*'sundan, Hunter'dan alıntılanmıştır.

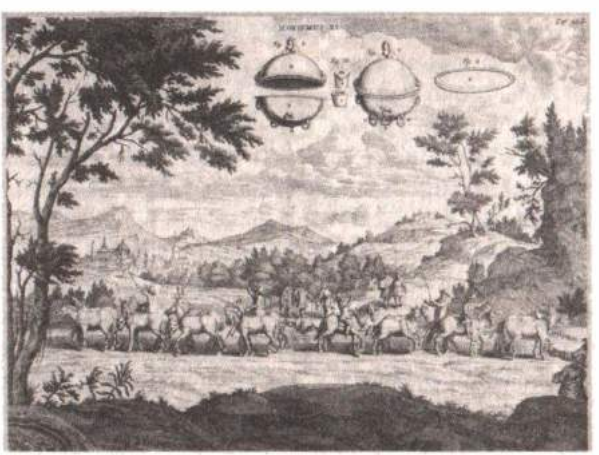
tüp kullandı. Tüpe alttaki U kıvrımını dolduracak tarzda tüpün kısa bacağında havayı yalıtacak şekilde cıva döküldü. Cıva tüpün her iki tarafında eşit düzeydeyken kapalı taraftaki hava atmosfer basıncındaydı. Ancak tüpün uzun bacağına cıva döküp kısa bacaktaki hava büzüşmeye zorlanarak basınç arttırılabiliyordu. Boyle basınç iki katına çıkarılırsa sıkışmış havanın hacminin yarı yarıya düşeceğini buldu; basınç üç katına çıkarılırsa da hacim üçte birine düşecek ve bu benzer şekilde devam edecekti. Bunun kadar önemli başka bir tespiti, sürecin tersine çevrilebilir olmasıydı. Sıkıştırıldıktan sonra hava fırsatını bulduğunda tekrar esneyecekti. Bu, Kartezyen girdapların kullanıldığı çok daha zorlu bir çabayı gerektirse de, dünyanın atom modelinde gayet iyi bir biçimde açıklanabilmektedir.

Bu çalışmasının esasını (ve hava pompaları ve suyun emme yoluyla kaldırılması problemi gibi şeylerle ilgilenen daha nice çalışmasını) içeren kitabı *New Experiments Physico-Mechanicall, Touching the Spring of the Air and its Effects* [*Havanın Esnemesi ve Etkileriyle İlgili Yeni Fiziko-Mekanik Deneyler*] 1660 yılında basıldı. Kısaca *Havanın Esnemesi* olarak adlandıran kitabın ilk baskısında bugün Boyle yasası olarak bildiğimiz, (diğer şeyler sabit olmak üzere) bir gazın tuttuğu hacmin üzerindeki basınçla ters orantılı olduğu ifadesi açık bir biçimde geçmez, ancak 1662'de basılan ikinci baskıya girer. Boyle'un boşlukla (doğru ifade edersek çok düşük basınçtaki havayla) çalışması, çıkışını Otto von Guericke'nin fikirlerinden alan ama kendisinin tasarımlayarak Hooke'la beraber yaptığı bir hava pompasıyla gerçekleştirilmişti. Von Guericke'nin pompasını çalıştırmak için iki güçlü adam gerekiyorken, onların tasarımı bir adamın rahatça çalıştırabileceği şekildeydi. Boyle von Guericke'nin deneylerinin hepsini tekrar etti ve bununla da kalmayarak hava basıncı düşürüldüğünde suyun daha düşük bir sıcaklıkta kaynadığını gösterdi (bu sıradan bir başarı değildi, çünkü hava dışarı pompalandıkça basınçtaki düşüşün gözlemlenebilmesi için kapalı cam kabın içerisine bir cıva barometresi koyulmasını da içeriyordu). Boyle yaşamın da varlığını sürdürebilmesinin, tıpkı bir alev gibi, havanın varlığına bağlı olduğunu göstererek ve özellikle solunum ile yanma süreçleri arasında çok temel benzerlikler olduğunu vurgulamasıyla

oksijenin keşfinin kıyısına kadar da geldi. Bu deneylerin bazıları aşırı hassas olmayabilir ama insanları oturup düşünmeye sevk ettikleri kesindir. Boyle'un görünmez kolejdeki meslektaşlarından birinin (kim olduğundan emin değiliz) grubun bilimsel çalışmalarıyla ilgili bir gösterimden esinlenerek bestelediği bir "türkü"nün sözleri şöyledir:

Gösterildi geç gelen Danimarkalı temsilciye
Nefesin olmayacağı havanın olmadığı yerde.
Bu sırrı açığa çıkardı bir cam şişe
İçine koyulan kedinin ölmesiyle.
Camın dışından sıkıştırılınca hava
Öldü kedicik, miyavlayamadı bile.

Aynı cam kap derin bir gerçeği de
Görünür kıldı benzer biçimde:
Olamaz havadan başkası
Kulağa ulaşan sese aracı
Çünkü camdaki hava boşaltılmış ise
Duymazsanız içinde çalan saati bile.



12. 1654 yılında Magdeburg, Almanya'da gerçekleştirilen deney. Atmosferin basıncı karşısında on altı at, içindeki hava vakumlanmış bir kürenin iki yarısını birbirinden ayırmayı başaramamıştı. Von Guericke'nin Experimenta Nova*'sından, 1672.*

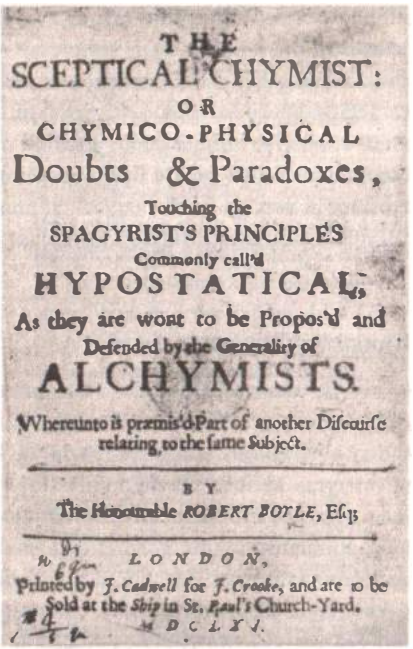
Şiir usta işi olmayabilir belki ama bilim dünyasının Boyle'un keşiflerinden ne kadar etkilendiğine ilişkin fikir vericidir.[15] Kitabın İngilizce basılmış ve anlaşılır bir dille yazılmış olması da ulaşılabilirlik yönüyle en az içeriği kadar önem taşıyor. Galileo gibi Boyle da bilimi kitlelere ulaştırıyordu (ya da en azından orta sınıflara; ünlü günlüğünde Samuel Pepys şevkle Boyle'un yeni kitaplarından birine dalıp gitmenin verdiği keyfi yazıyor). Şüphesiz Galileo'nun aksine onun Engizisyonu kızdırmaktan korkması gerekmiyordu.

Boyle'un Simyaya Bilimsel Yaklaşımı

Boyle *Havanın Esnemesi*'nin iki baskısı arasında, 1661 yılında en ünlü kitabı *The Sceptical Chemist*'i [*Kuşkucu Kimyager*] yayımladı. Boyle'un Dorset'den ayrıldıktan sonra simyayla ne kadar uğraştığı halen daha tartışma konusudur ve Johns Hopkins Üniversitesinden Lawrence Principe'nin ikna edici savunusuna göre Boyle simyayı bugünkü kimyanın lehine gözden çıkarmakta pek de öyle istekli davranmamış, simyaya Baconcı yöntemi taşımaya, simyayı olabildiği kadarıyla bilimsel kılmaya çalışmıştır. Bu yaklaşımın onun bir on yedinci yüzyıl bilim adamı olarak tarihteki yeriyle uyumlu olduğu kesindir (ileride göreceğimiz gibi Isaac Newton bile on yedinci yüzyılın sonunda ciddi biçimde simya çalışmaları yapmaktaydı) ve Boyle'un kitabının bir gecede simyayı kimyaya dönüştürdüğünü iddia etmek yanlış olur. Hâttâ yarattığı ilk etki *Havanın Esnemesi*'ne oranla daha düşüktür. Ancak kimya on sekinci ve on yüzyıllarda geliştikçe insanlar geriye bakıp Boyle'un kitabını bir dönüm noktası olarak değerlendirmeye başladılar. Gerçek şu ki simyaya bilimsel yöntemi taşımak, en nihayetinde simyayı kimyaya dönüştürmüş ve adi metalleri altına çevirmesi beklenen Felsefe Taşı gibi şeylere inanmanın rasyonel zeminini ortadan kaldırmıştır. Boyle da bu yolun, İngiltere'de bilimsel yöntemin yerleşmesinin öncülerinden biridir.

---

[15] Kediciğe yapılanlar size gaddarca görünüyorsa bu dönemin halen daha insanların yakılarak ölüme yollandığı bir dönem olduğunu hatırlayınız. Şüphesiz ben yine de şairin kedinin ölümünden saatin sesinin susmasına oranla daha derinden etkilenmiş olabileceği kanısındayım.


THE
SCEPTICAL CHYMIST:
OR
CHYMICO-PHYSICAL
Doubts & Paradoxes,
Touching the
SPAGYRIST'S PRINCIPLES
Commonly call'd
HYPOSTATICAL;
As they are wont to be Propos'd and
Defended by the Generality of
ALCHYMISTS.
Whereunto is præmis'd a Part of another Discourse
relating to the same Subject.
BY
The Honourable ROBERT BOYLE, Esq;
LONDON,
Printed by J. Cadwell for J. Crooke, and are to be
Sold at the Ship in St. Paul's Church-Yard.
MDCLXI.

13. Robert Boyle'un Kuşkucu Kimyager'*inin kapağı, 1661.*

Boyle'un simyayı nasıl bilimsel yoldan ele aldığının bir örneği, diğer metallerdeki katışkıların kaldırılmasıyla altına ulaşabileceği fikrini değerlendirme biçimidir. Altın diğer metallerden daha yoğun olduğuna göre diğer metallerden bir şeyler alınarak ona ulaşmak nasıl mümkün olabilir, sorusunu sordu. Dikkat ederseniz dönüşümün olanaksız olduğunu söylemedi ve soruna bilimsel yaklaştı. Yanlışlığını kanıtlayan deneyler yaptıktan sonra da dünyanın farklı oranlarda birbirine karışmış dört Aristotelesçi "element"ten (hava, toprak, ateş ve su) oluştuğu yönündeki eski fikri kabul etmenin olanaksız olduğunu söyledi. Bunun yerine bir çeşit atomcu hipotezi benimsedi; her şey birbirleriyle farklı şekillerde birleşen çok küçük parçacıklardan oluşmaktaydı; bu (kavramın modern anlamıyla) elementler ve bileşikler fikrinin bir erken dönem versiyonuydu. "Elementler derken kastettiğim" diye yazıyordu Boyle "belirli ilkel ve basit cisimlerdir; bunlar başka ci-

simlerden veya birbirlerinden yapılmamıştır, tüm bu kusursuzca karışmış denilen cisimlerin hızla birleşerek oluşturduğu ve en sonunda çözündüğü şeyin bileşenleridir." 1666 yılında basılan *Origin of Forms and Qualities* [*Biçimler ve Niteliklerin Kökeni*] adlı kitabında geliştirdiği bu yaklaşım, bu atomların sıvılarda serbestçe hareket ettiklerini ama katılarda hareketsiz kaldıklarını ve şekillerinin meydana getirdikleri maddi nesnelerin özelliklerini belirlemekte önemli olduğunu öne sürer. Kimyanın esas görevini de şeylerin neyden yapıldığını bulmak olarak görür ve bu süreci tanımlamak için de "kimyasal analiz" kavramını ortaya atar.

Anlatılanlar bilimin on yedinci yüzyıldaki gelişim öyküsüyle çok yakından bağlantılı olsa da, tüm bunlar Boyle'un çalışmalarının sadece ufak bir kısmını oluşturur. Hemen rastgele bir iki örnek verirsek Boyle kibriti icat eden kişiydi, etin korunması için soğuğun kullanılmasında Bacon'dan daha ileriye herhangi bir hastalık kapmadan gitmeyi başardı ve suyun donduğunda genişlediğini deneyle kanıtladı. Aynı zamanda Restorasyon döneminin kurmaca eserler de dâhil birçok konuda yazan önde gelen edebi kişiliklerinden biriydi. Zamanının en saygı duyulan bilim insanı olmasına karşın Boyle çekingenliğini ve gösterişsiz yapısını korudu ve kendisine sunulan çok sayıda ödülü geri çevirdi. Hayatta kalan üç erkek kardeşi gibi Robert Boyle'a da II. Charles'ın (hatırlayın, sevgililerinin arasına Francis Boyle'un eşini de katmıştı) yeniden tahta gelmesinin ardından İngiliz asiller sınıfına katılım olanağı sunuldu.[16] Kardeşlerinin aksine o bunu reddetti. Bir teolog olarak itibarı o kadar yüksekti ki, kendisine (lordlar kamarası başkanı tarafından) İngiliz kilisesinde hızla piskoposluğa yükseltilme sözüyle bir papazlık makamı önerildi ama o teşekkür ederek bunu kabul etmedi. Eton'un dekanlığı önerildi, bu teklifi de geri çevirdi. 1680 yılında Kraliyet Derneğinin başkanlığına seçildiğinde de kişisel inançları kendisini gereken yeminleri etmekten alıkoyduğu için bu görevi üstlenmeyeceğinden dolayı üzüntüsünü bildirdi. Yaşamı boyunca Saygıdeğer Bay Robert Boyle olarak

[16] İkinci Cork Kontu bile Burlington Kontu olarak bir İngiliz soyluluk ünvanını daha koleksiyonuna ekledi; Londra'daki evi Burlington House şu anda Kraliyet Akademisine ve birkaç bilimsel derneğe daha ev sahipliği yapmaktadır.

kaldı ve neredeyse ahlaksız ölçüde yüksek bulduğu gelirini büyük oranda hayır işlerine bağışladı (öldüğünde de mirasının çoğunu hayır derneklerine bıraktı).

Kraliyet Derneği 1662'de resmen kurulduğunda Boyle sadece ilk üyelerden biri olmakla kalmayıp dernek konseyinin de ilk üyelerinden biriydi. Kısmen İngiltere'deki bilimsel etkinliklerin merkezi 1660'larda Londra'daki Kraliyet Derneği olduğu için, aynı zamanda kızkardeşiyle de birlikte olmak amacıyla Boyle 1668 yılında başkente taşınarak Katherine'le beraber kalmaya başladı. Bilimsel araştırma alanındaki en başarılı dönemini (deneyler yapmaya devam etse de) artık geride bırakmıştı ama bilim sahnesinin merkezinden kopmadı ve Katherine'in evi entelektüeller için bir buluşma yeri olmaya devam etti. Aynı dönemde yaşayan John Aubrey onun bu dönemini şöyle betimliyor:

> Çok uzun (yaklaşık 1,85 m) ve dimdik, çok ölçülü ve erdemli ve sade: Bekâr, bir at arabası var, geçici olarak kızkardeşi leydi Ranulaugh'un yanında kalıyor. En büyük zevki kimya. Vaktini kızkardeşinin (kendisine çıraklık eden) bazı görevlilerin bakmakla yükümlü olduğu mükemmel laboratuarında geçiriyor. İhtiyaç duyduğu becerikli insanlara karşı eli açık davranıyor.

Ancak Boyle'un sağlığı hiçbir zaman iyi değildi ve eski bir dostu olarak günlük tutan John Evelyn, Boyle'un son yıllarındaki görünümünü şöyle aktarıyor:

> Vücudunun yapısı sağlığının en iyi olduğu dönemlerde bile bana o kadar narin gelirdi ki onu sıkça bir kristale veya Venedik camına benzetirdim. Ki bunlar bile o kadar ince ve zarif yapılmamış olmalarına karşın dikkatle hazırlandıkları için, ömürleri gündelik yaşamda kullandığımız daha sert metallerden uzun sürer. Ayrıca bir o kadar da açık ve samimidir, onda ününü lekeleyecek bir tek kusur ve leke bulamazsınız.

Narin Venedik camının varlığı, refakatçisinin yaşadığı müddetçe devam etti. Katherine 1691 yılı Noelinden hemen önce öldü, Robert Boyle bir hafta sonra, altmış beşinci yaşını doldurmadan bir ay önce, 30 Aralık tarihinde onu izledi. 6 Ocak 1691'deki cenaze-

sinin ardından Evelyn günlüğüne şöyle yazdı: "Kuşkusuz sadece İngiltere değil, tüm bilgi dünyası bu büyük ve iyi adamın, benim değerli dostumun şahsında büyük bir toplumsal kayıp yaşadı."

Boyle'un hem ateşin hem de yaşamın havadaki bir şeye bağlı olduğunu gösteren deneyleri, onun çalışmasının on yedinci yüzyılın ikinci yarısındaki bilimsel gelişimin bir başka temel alanına, Harvey ve Descartes'ın çalışmalarının izinde insanların ve diğer canlı organizmaların biyolojik açıdan incelenmesine bağlanmasını sağladı. Bilimde sıkça görüldüğü gibi, yeni gelişmeler teknolojideki yeni gelişmelerle el ele ilerledi. Teleskobun insanların evren hakkında düşünme biçimini kökten değiştirmesi gibi, mikroskop da insanların kendileri hakkında düşünme biçimini kökten değiştirdi: Mikroskobinin ilk büyük öncüsü de Bologna yakınlarındaki Crevalcore'de muhtemelen (vaftiz edildiği gün) 10 Mart 1628 tarihinde doğmuş olan İtalyan hekim Marcello Malpighi'ydi.

Marcello Malpighi ve Kan Dolaşımı

Malpighi Bologna Üniversitesinde felsefe ve tıp okudu, 1653'te mezun olduktan sonra aynı yerde mantık dersleri vermeye başladı, ardından 1656 yılında kuramsal tıp profesörü olarak Pisa Üniversitesine geçti. Ancak Pisa'daki çalışma ortamı kendisine uymayınca 1659 yılında tıp öğretmek üzere tekrar Bologna'ya döndü. 1662'de tekrar yer değiştirerek Messina Üniversitesine geçti. 1666 yılında Bologna'da tıp profesörü oldu ve sonraki 25 yıl boyunca burada kaldı. 1691 yılında eğitmenliği bırakıp Papa XII. Innocent'ın kişisel hekimi olarak (görünüşe göre gönülsüzce, Papanın ısrarıyla) Roma'ya taşındı ve 30 Kasım 1694 tarihinde de burada öldü.

Malpighi'nin çalışmalarının çoğu 1667 yılından başlayarak –o dönem derneğin ne kadar önem kazandığını bir kez daha gösterecek biçimde– Londra'daki Kraliyet Derneği tarafından basıldı (Malpighi 1669 yılında üyeliğe kabul edilen ilk İtalyan olarak dernek üyeliğine seçildi). Basılan bu ilk çalışması hemen hemen tamamen mikroskopiyle ilgiliydi ve çok çeşitli konuları kapsamaktaydı; bunların arasında bir yarasanın kanat çeperlerindeki kan dolaşımı, böceklerin yapısı, civciv embriyolarının gelişimi

ve bitkilerin yapraklarındaki gözeneklerin yapısı vardı. Ancak Malpighi'nin bilime en büyük katkısı 1660 ve 1661 yıllarında Bologna'da gerçekleştirdiği ve 1661 yılında basılan iki mektubunda raporlaştırdığı bir çalışmanın sonucunda geldi.

O tarihten önce, kan dolaşımının keşfedilmesinin ardından, kalpten akciğerlere akan kanın aslında (ilk ortaya çıkışı belirsiz kalmış nedenlerle) bir şekilde havayla karışmış kan damarlarındaki küçük deliklerden doğarak, akciğerlerin içerisindeki havayla dolmuş aralıkların içerisine gittiği ve ardından tekrar kalbe ulaşmak için başka kan damarları içerisindeki küçük deliklerden geçerek geriye döndüğü genel kabul görürdü. Kurbağa ciğerleri üzerinde yaptığı mikroskobik çalışmalar sayesinde Malpighi akciğerlerin iç yüzeyinin aslında deri yüzeyine çok yakın, küçük kılcal damarlarla kaplı ve bu yolla bir taraftaki atardamarların diğer taraftaki toplardamarlarla doğrudan bağlantılı olduğunu buldu. Harvey'nin kan dolaşımı tarifindeki kayıp halkayı bulmuştu; bu tip bir bağlantının olması gerektiğini Harvey de düşünmüş ancak varlığını elindeki olanaklarla tespit edememişti. Malpighi bunu şöyle yazıyordu: "Kanın bölündüğünü ve kıvrımlı damarlardan geçerek aktığını ve aralıklara dökülmek yerine her zaman tübüller içerisinden geçtiğini ve damarların katmanlı bükülmeleri tarafından dağıtıldığını açıkça görebiliyordum." Birkaç yıl sonra aynı keşif Malpighi'nin çalışmasından habersiz olarak ondan bağımsız biçimde (5. Bölümde bahsedeceğimiz) Hollandalı mikroskopi uzmanı Antonie van Leeuwenhoek tarafından yapıldı.

Kraliyet Derneğinin merkezine oturacak olan Oxford grubunun bir üyesi olan Richard Lower (1631–1691), Malpighi'nin keşfinden kısa bir süre sonra yaptığı bir dizi deneyle akciğerler ve kalpten çıkıp vücutta dolaşan kanın kırmızı rengine havadaki bir şeyin sebep olduğunu gösterdi. (Yapılan deneylerin içerisinde toplardamardan alınmış kan içeren camdan bir kabın sallanarak mora çalan koyu kanın havayla karıştıkça açık kırmızıya doğru renk değiştirdiğini gözlemek gibi basit deneyler de vardı.)

> Bu kırmızı rengin tamamen hava parçacıklarının kana girmesinden kaynaklandığı şu gerçek nedeniyle çok açıktır; kan akciğerler içerisinde birikmesi sırasında (onların içerisine bütün parçacıklar aracılığıyla hava yayıldığı ve

bu yüzden kanla tam manasıyla karışık hale geldiği için) kırmızı renge dönerken, toplardamarlardan alınmış kan bir kapta toplandığında havaya maruz kalması nedeniyle yüzeyi açık parlak kırmızı renge döner.[17]

Giovanni Borelli ve Edward Tyson: Hayvanın (ve insanın) Makine Olarak Kavranılışı

Bedenin makine olarak ele alınması yaklaşımı 17. yüzyılda başka bir İtalyan, Malpighi'nin dostu ve kendisinden yaşça büyük çağdaşlarından biri olan Giovanni Borelli tarafından geliştirildi. Malpighi Borelli'de canlı şeyleri araştırmaya, Borelli de Malpighi'de canlı sistemlerin nasıl çalıştığını araştırmaya yönelik bir ilgi uyandırmışa ve onu diseksiyon çalışmaları için cesaretlendirmişe benziyor. Hiç karşılaşmamış olsalardı her ikisinin de başarısı daha düşük olurdu.

28 Ocak 1608 tarihinde Napoli yakınlarındaki Castelnuovo'da doğan Borelli Roma'da matematik okudu ve tam tarihi bilinmese de 1640 yılına gelmeden önce Messina'da matematik profesörü oldu. 1640'lı yılların başında Floransa dışındaki evinde Galileo'yla tanıştı ve 1656 yılında Pisa Üniversitesinde (Galileo'nun eski kürsüsünde) matematik profesörü oldu; Malpighi'yle de burada karşılaştı. Her ikisi de bir sonraki yıl Floransa'da kurulan kısa ömürlü Accademia del Cimento'nun kurucu üyesi oldu ve bu dönemde Borelli anatomi üzerine çalıştı. Borelli 1668'de Messina'ya döndü, ancak 1674'te politik entrikalara karıştı (veya karıştığı şüphesi doğdu) ve bunun sonucunda Roma'ya sürgüne yollandı ve burada (Descartes'ı uygunsuz vakitlerde yataktan kaldırmasından bahsettiğimiz) eski İsveç kraliçesi Christina'yla bağlantılı bir çevreye girdi. 1654 yılında tahttan indirildikten sonra Katolik olan Christina da Roma'da sürgün hayatı sürmekteydi. Borelli 31 Aralık 1679 tarihinde Roma'da hayatını kaybetti.

Borelli güneşin yakınından geçen bir kuyrukluyıldızın yörüngesinin parabol bir yol izleyeceğini ilk ortaya atan ve Jüpiter'in uydularının hareketini, Jüpiter'in uyduları üzerinde güneşin ge-

[17] Lower, Conrad vd'lerinden alıntılanmıştır.

zegenler üzerinde yarattığı etkiye benzer bir etkide bulunduğunu öne sürerek açıklamaya çalışan seçkin bir matematikçi olmasına karşın, en önemli bilimsel çalışmasını biyolojinin anatomi alanında verdi. Borelli Pisa'da bu çalışmayı büyük ölçüde tamamlamıştı ama öldüğünde çalışma henüz daha el yazması biçimindeydi; kitabı *De Motu Animalium* [*Hayvanların Hareketi Üzerine*] ölümünden sonra 1680 ve 1681 yıllarında iki cilt halinde basıldı. Borelli bedeni kasların sarf ettiği kuvvetlerce harekete geçirilen kumanda kollarından oluşan bir sistem olarak ele aldı ve insan bedenindeki kasların yürüme ve koşma esnasında nasıl hareket ettiğini geometrik olarak analiz etti. Kuşların uçuşunu ve balıkların yüzme hareketini de matematik terimleriyle betimledi. Ancak çalışmasındaki can alıcı nokta, insan için diğer hayvanlardan ayrıksı, özel bir konum peşinde koşmamasıydı. *İnsan* bedeni bir dizi kumanda kolundan oluşmuş bir makineye benzetiliyordu. Borelli sistemin ilk kuruluşunda Tanrıya makinenin bir tür tasarımcısı olarak belli bir rol biçiyordu. Yine de bu insan bedeninin, eylemlerini dakikası dakikasına denetleyen bir tür yol gösterici ruh tarafından çalıştırıldığı fikrinden çok uzaktı.

İnsanlar ile hayvanlar arasındaki yakınlık on yedinci yüzyılın sonunda Londra'da Edward Tyson'un gerçekleştirdiği çok başarılı bir diseksiyonla ayrıntılı olarak incelendi. Tyson 1650 yılında (tam tarihi bilinmiyor) Somerset, Clevedon'da doğdu ve hem Oxford Üniversitesinde (buradan sosyal bilimler alanında1670'te lisans, 1673'te yüksek lisans derecelerini aldı) hem de 1677 yılında tıp doktorluğu lisansını aldığı Cambridge'te eğitim gördü. Ardından Londra'ya taşındı ve burada hekimlik mesleğini icra etmenin yanı sıra anatomik gözlemler ve diseksiyonlar gerçekleştirdi. Çalışmalarının birçoğunu 1679 yılında üyesi seçildiği Kraliyet Derneğinin bilim dergisi *Philosophical Transactions*'ta yayımladı. Döneminin en önde gelen hekimlerinden biri olarak (Royal College of Physicians, Kraliyet Hekimler Kolejinin üyesi olan) Tyson, 1684 yılında Londra'daki Bethlehem Hastanesine hekim ve yönetici olarak atandı. Bu akıl hastanesinin, adının halk arasındaki telaffuzuyla "bedlam"* kelimesini İngilizceye armağan eden kurum olması, Tyson atandığında burasının nasıl bir yer olduğu hakkında

* tımarhane –çn.

fikir vericidir. İngiltere'deki ilk (İspanya, Granada'da kurulanın ardından da Avrupa'da ikinci) akıl hastanesi olmasına karşın burası bir misafirhane olmaktan çok uzaktı. Akıl hastaları akla gelen her yolla işkence görüyor ve eğlence amaçlı kullanıyorlardı; "Bedlam" şık giyimli hanımefendi ve beyefendilerin hayvanat bahçesine gider gibi buradaki garip varlıkları izlemeye geldikleri bir yerdi. Tyson bu durumu değiştirmeye başlayan kişi oldu; aslında gardiyanlık yapan erkek hemşeriler yerine hastalarla ilgilenen kadın hemşireler uygulamasını başlattı, hastanede yatan fakirler için giysi sağlayacak bir fon oluşturdu ve başka bazı iyileştirmeler yaptı. Bu Tyson'un insani anlamda en büyük başarısıydı. 1 Ağustos 1708 tarihinde Londra'da öldü.

Bilimsel açıdansa Tyson farklı türler arasındaki fiziksel yakınlıklarla ilgilenen karşılaştırmalı anatominin kurucusu olarak kabul edilir. En ünlü diseksiyonlarından biri 1680 yılında, talihsiz bir yunusun Thames nehrine sapıp yolculuğunun Tyson'a yedi şilin ve altı peniye satıldığı bir balık satıcısının elinde son bulmasıyla gerçekleşti (harcamayı daha sonra Kraliyet Derneğinden tahsil etti). Tyson sözde "balığı" Gresham College'da parçalarına ayırarak, yanında Robert Hooke diseksiyon işlemini elle çizime dökerken inceledi ve hayvanın aslında toprakta yaşayan dört ayaklılara çok benzeyen bir iç yapıya sahip bir memeli olduğunu keşfettiğinde buna çok şaşırdı. Aynı yıl yayımladığı *Anatomy of a Porpess* [*Bir Yunusun Anatomisi*] kitabında hayretle karşılanan keşfini şöyle aktarıyordu:

> *Viscera* [iç organlar] ve iç kısımların yapısı dört ayaklılara öyle büyük bir benzerlik göstermektedir ki, neredeyse tümüyle aynıdır. Buradaki en büyük farkın dış görünümde ve bacakların olmayışında olduğu görülüyor. Ama burada da deri ve etler ayıklanınca ön yüzgeçlerin çok iyi biçimde kolu temsil ettiğini, bir *Scapula*'nın [kürek kemiği], *os Humeri*'nin [üst kol kemiği], *Ulna*'nın [dirsek kemiği] ve *Radius* [ön kol kemiği] ve *Carpus* [bilek] kemiğinin, *Metacarp*'ın [el tarağı] ve *5 digiti*'nin [5 parmak] ilginç biçimde birbirine bağlanarak birleşmiş olduğunu gözlemledik.

Bu, hayvanlara olan benzerliğin dış görünüşün düşündürdüğünden çok daha büyük olduğunu (imlemenin ötesinde) gösteriyordu. Tyson başka birçok ünlü diseksiyon daha gerçekleştirdi, bunların arasında bir çıngıraklı yılan ve devekuşu da vardı. Ama içlerinden en ünlüsü 1698 yılında bir denizcinin evcil hayvanı olarak Londra'ya getirdiği (yanlışlıkla orangutan olarak kayda geçen) genç bir şempanze üzerinde yaptığı çalışmaydı. Genç şempanze Afrika'dan getirilirken yaralanmıştı ve rahatsızlığı gözle görülür haldeydi. Haber ünlü anatomiste ulaştı ve o da bu şempanzenin canlıyken görünüm ve hareketlerini inceleme ve ölür ölmez de kadavra incelemesini yapma fırsatını kullandı (bu kez çizimler için kendisine William Cowper[18] yardımcı oldu). Yaptıkları çalışmanın sonuçları şafatatlı bir başlığı olan bir kitaba dönüştü: *Orang-Outang, sive Homo Sylvestris: or, the Anatomy of a Pygmie Compared with that of a Monkey, an Ape, and a Man* [*Orangutan, Orman Adamı: veya Bir Pigmenin Maymun, Kuyruksuz Maymun ve İnsanla Karşılaştırmalı Anatomisi*]. Bu 165 sayfalık bol resimli kitap, şempanzelerle insanların aynı beden planına göre oluştuğuna ilişkin reddedilemeyecek bir kanıtlama niteliğindeydi. Kitabın sonunda Tyson şempanzenin anatomisindeki en önemli özellikleri sıralıyor ve bunlardan 48 tanesinin maymundan çok insanda olan özelliklere denk düştüğünü, 27 tanesinin de insana oranla daha fazla maymuna benzediğini söylüyordu. Başka bir ifadeyle şempanze, maymundan çok insana benziyordu. Özellikle de şempanzenin beyninin insan beynine olan (ve sadece büyüklüğüyle sınırlı olmayan) çarpıcı benzerliğine hayran kalmıştı.

Tyson'ın analizindeki şans faktörü genç bir şempanzeyi incelemiş olmasında yatıyordu; insanlar yetişkin şempanzelerden ziyade genç şempanzelere daha fazla benzerlik gösterirler. Bunun yakın zamanda nedenini öğrendiğimiz geçerli bir mantığı da vardır; evrimin eski düzenlerden varyasyonlar üretebilme biçimlerinden birini, neoteni adı verilen (genç olmaya devam etme anlamında) gelişme sürecinin yavaşlaması oluşturur. İnsanlar şempanze ve diğer kuyruksuz maymunlara göre çok daha yavaş

[18] Cowper 1666–1709 yılları arasında yaşadı, Kraliyet Derneğinin üyesi bir cerrahtı.

gelişir; bizler görece gelişmemiş bir durumda doğarız, bu bir yandan bebeklerimizin bu kadar aciz doğmasının nedenlerinden biri, öte yandan (ağaçtan ağaca atlama gibi) dünyaya önceden programlanmış belirli bir rolle gelmeyip bu kadar farklı şeyler öğrenebilmemizin de sebebidir. Hikâyemize dönelim. Önemli olan 1699 yılında Tyson'un kitabının basılmasının insanın hayvanlar âleminin bir parçası olduğunu açıkça ortaya çıkarmış ve bizlerin önüne bu âleme nasıl uyum sağlayacağımızı anlamamız için yüzyıllarca sürecek bir çalışma gündemini koymuş olmasıdır. Bu elbette kitabın ilerleyen bölümlerinin önemli bir konusu olacak. Şimdiyse bilimin kendisinden sonraki yüzyıllardaki gündemini oluşturmak için herkesten fazla şey yapmış olan bir adamın, Isaac Newton'ın ve çağdaşlarının çalışmalarını kayda geçirmemizin zamanı geldi.

5
"Newton Devrimi"

Robert Hooke: Mikroskopi çalışması ve Micrographia'nın basımı – Hooke'un ışığın dalga kuramı çalışması – Hooke'un esneklik yasası – John Flamsteed ve Edmond Halley: Yıldızların teleskopla kataloglanması – Newton'ın gençliği – Kalkülüsün gelişimi – Hooke ile Newton'ın kavgası – Newton'ın Principia Mathematica'sı: Ters kare yasası ve hareketin üç yasası – Newton'ın sonraki yaşamı – Hooke'un ölümü ve Newton'ın Opticks'inin basımı

On yedinci yüzyılın sonunda beraberce bilimsel yöntemi yerleşik kılan ve İngiliz bilimini zirveye çıkarmayı başaran üç kişi Robert Hooke, Edmond Halley ve Isaac Newton oldu. Açıkçası Halley'in bilime doğrudan katkı açısından üçlünün üçüncü sırasında yer alması, diğer ikisinin ulaştığı çok yüksek başarının bir göstergesidir. Öte yandan an itibariyle 300 yıla varan (ve Hooke'un ölümünden sonra bizzat Newton'ın ateşlediği) Newton taraftarlığının ezici üstünlüğüne karşın, tarafsız bir tarihçinin Newton'ın mu yoksa Hooke'un mu katkısının daha önemli olduğunu söylemesi olanaksızdır. Newton evrenin matematiksel ilkelere göre işlediği şeklindeki özgün ve derin gerçeği saptayan ve bir başına çalışmayı seven münzevi bir insandı. Hooke ise çok çeşitli alanlarda baş döndürücü çeşitlilikte yeni fikri gündeme getirmiş sosyal biri, ayrıca Kraliyet Derneğinin beyefendilerin dedikodu kulübü olmaktan örnek bir bilim topluluğuna dönüşümünde herkesten fazla emek harcamış bir bilim insanıydı. Talihsizliği Newton'ın düşmanlığını üzerine çekmesi ve Newton'dan önce ölmesiydi; eski düşmanına tarihi yeniden yazma fırsatı verdi ve o da bunu öyle etkili yaptı ki, Hooke'un itibarının iadesi ancak son on yıllarda mümkün olabildi. Kısmen Newton'ı tarihte doğru yerine yerleştirmek adına, aynı zamanda Hooke üçlüden en erken doğan kişi olduğu için de, önce onun yaşamı ve çalışmalarının anlatımıyla

başlayacak ve diğer ikisini sizlere Hooke ile olan ilişkileri bağlamında tanıtacağım.

Robert Hooke: Mikroskopi Çalışması ve Micrographia'nın Basımı

Robert Hooke, Galileo Galilei ölmeden yedi yıl önce 18 Temmuz 1635 günü öğle vaktinde dünyaya geldi. Babası John Hooke Isle Adası, Freshwater'daki All Saints Kilisesinin papazıydı. Bu adadaki maddi olanakları görece en ileri pozisyonlardan biriydi, ancak bundan esas faydalanan kişi bölge papazı George Warbuton'du. John Hooke önemsiz bir papaz olarak servet sahibi olmaktan uzaktı ve Robert'tan önce 1628'te doğmuş Katherine ve 1630'da doğmuş John adında iki başka çocuğa daha sahipti. Robert Hooke'un Newport'ta bakkal olan ağabeyi bir dönem orada belediye başkanlığı da yaptı ancak nedeni bilinmez biçimde 46 yaşında kendisini asarak intihar etti. Onun kızı, Robert'in yeğeni Grace, ileride Robert'in yaşamında önemli bir rol oynayacaktı.

Robert Hooke küçükken öleceği düşünülen hasta bir çocuktu. Yaşamının ilk yedi yılında "zayıf yapısına en aykırı şekilde hiç et yemeden"[1] neredeyse tamamen sadece süt, süt ürünleri ve meyveyle beslendiği söylenir. Küçük, zayıf ve fiziksel güçten yoksun olmasına karşın koşmayı ve sıçramayı seven hareketli bir oğlandı. 16 yaşına geldiğinde artık gözle görülür bir şekil bozukluğuna, bir çeşit kamburluğa sahipti ve yaşamının sonraki dönemlerinde düzenli olarak bir torna tezgâhı ve başka bazı aletler kullanarak postüründeki bükülmeyi düzeltmeye saatlerini adadı. Aynı dönemde model yapımında büyük bir ustalık kazandı; yaklaşık bir metre boyunda tüm donanım ve yelkenleriyle tastamam çalışan bir model gemi ve parçalara ayrılmış eski bir pirinç saat gördükten sonra yaptığı yine çalışan tahtadan bir saat de ürünleri arasındaydı.

Sağlığının kötü olması nedeniyle başlangıçta Hooke'un eğitimi ihmal edildi. Hayatta kalma ihtimali olduğu görüldükten sonra ba-

---

[1] Richard Waller'ın 1705 yılında basılan T*he Posthumous Works of Robert Hooke* [*Robert Hooke'un Ölümünden Sonra Ortaya Çıkan Çalışmaları*] kitabına yazdığı önsözden alınmıştır.

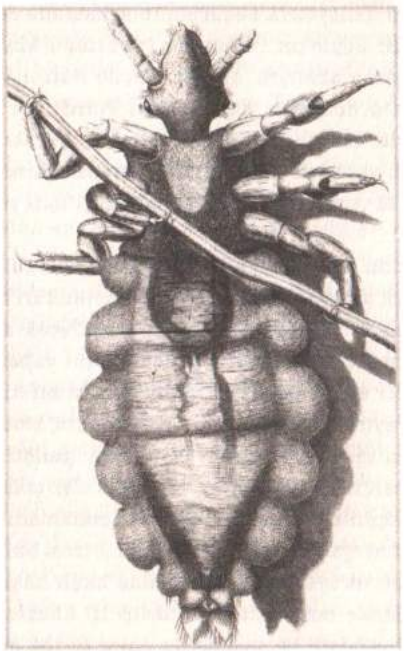
bası hayata kilisede devam etmesi düşüncesiyle ona temel dersleri öğretmeye başladı. Robert'in süregelen hastalıklı hali babasının yaşlılık nedeniyle artan dermansızlığıyla birleşince derslerde pek az ilerleme sağlanabildi ve Robert kendi çabasına mahkûm olmaya devam etti. Profesyonel bir ressam bir sipariş için Freshwater'a çağrıldığında Hooke yapılan işe şöyle bir göz atarak kendisinin de bu işi yapabileceğine karar verdi. Kendi boyalarını kendisi yaptıktan sonra eline geçen tüm resimleri azımsanmayacak bir beceriyle kopyalamaya koyuldu, öyle ki çevresindekiler ileride bizzat profesyonel bir ressam olabileceğini düşündü. Robert'in babası John Hooke uzun bir hastalığın ardından 1648 yılında öldüğünde Robert 13 yaşındaydı. 100 poundluk bir mirasla ressam Sir Peter Lely'ye çıraklık yapmak üzere Londra'ya gönderildi. Robert ilk önce resim yapmayı kendi başına öğrenebileceğine hükmederek parayı çıraklık eğitimine harcamanın anlamlı olmadığına karar verdi, ardından da boya kokusunun kendisinde ciddi baş ağrılarına sebep olduğunu fark etti. Ressam olmak yerine elindeki parayı, aldığı derslerin yanı sıra org çalmayı da öğreneceği Westminister School'daki eğitimini karşılamak için kullandı.

Savaş etkisini henüz doğrudan iç savaşa katılma yaşında olmamasına karşın Hooke'un yaşamında da gösterdi. 1653 yılında Oxford'daki Christ Church College'da koro üyesi olarak çalışma olanağı elde etti; ancak püriten parlamento, kilise koroları gibi süslü saçmalıklardan haz etmediği için bu Hooke'un okul harcına ancak yetecek bir gelir elde edebilmesine sebep oldu. Onun gibi Westminister School'dan Oxford'a gelerek aynı dönemde beraber okudukları Christopher Wren, Hooke'dan üç yaş büyük ve bilime güçlü bir ilgi duyan birisiydi. O dönemdeki başka birçok fakir öğrenci gibi Hooke da zengin öğrencilerin yanında hizmetli olarak çalışarak geçimini sağladı. Aynı dönemde Gresham College grubundan çok sayıda kişi Oxford'un savaşta kraliyete verdiği desteğin yanında olan akademisyenlerin yerlerini almaları için Oliver Cromwell tarafından Oxford'a atandı ve Hooke'un el becerisiyle birleşen deneyler yapmaktaki genel yeteneği bu bilimciler grubu için onu çok değerli bir asistan haline getirdi. Kısa zaman içerisinde Robert Boyle'un hem baş (ücretli) asistanı hem de yaşam boyu dostu oldu. Boyle'un hava pompasının başarısı ve

dolayısıyla onunla yapılan deneylerin başarısının arkasında esasen Hooke'un emeği vardı; Boyle'un Oxford'da yürüttüğü kimya çalışmalarıyla da yakından alakalıydı. Hooke, Savile Astronomi Profesörlüğü kürsüsünün o dönemde sahibi Seth Ward için de astronomi çalışmaları (içlerinde görme yetisi gelişmiş teleskopların olduğu bir dizi keşif) yaptı ve 1650'lerin ortasında astronomik zaman tutma amacıyla yapılan saatleri geliştirmek için yeni yollar buldu.

Bu çalışmaları sırasında Hooke balans yayı işleyişine sahip yeni tür bir cep saati fikrini ortaya attı. Bu denizde boylamları belirlemeye yetecek doğruluk ve güvenilirliğe sahip olabilecek türden bir kronometrenin öncülü olabilirdi ve Hooke bunu yapabileceğini düşündü. Böyle bir aletin patentini alma konusunu (tüm sırlarını açık etmeden) araştırırken yürütülen görüşmeler, Hooke patentte yer alan ve başka insanların kendi tasarımını geliştirerek mali kazanç elde etmelerine izin veren ibareye karşı çıktığı için, kesintiye uğradı. Fikrinin sırrını hiçbir zaman açıklamadı ve kendisiyle birlikte öbür dünyaya taşıdı. Deniz kronometresi olmasa dahi cep saati fikri, mevcut tasarımlar açısından başlı başına önemli bir ilerlemeydi (Hooke bu saatlerden birini II. Charles'a vermiş ve onu çok hoşnut etmişti) ve sadece bu onun tarihe geçmesine yeterdi.

Kraliyet Derneği 1660'ların başında Londra'da kurulduğunda yönetsel işleri idare edecek bir sekreter ve pratik işlere bakacak bir deney sorumlusu olmak üzere iki kalıcı personele gereksinim duyuyordu. Robert Boyle'un tavsiyesiyle birinci göreve Alman Oldenburg, ikincisine ise Robert Hooke getirildi. 1617 yılında Bremen'de doğmuş olan Oldenburg 1653 ve 1654 yıllarında Londra'da bu şehrin temsilcisi olmuş ve bu sırada Boyle ve diğerleriyle tanışarak bir süreliğine de Boyle'un yeğenlerinden Lord Dungarvan'a özel eğitmenlik yapmıştı. Bilime ilgi duymaya başlamasıyla Oldenburg 1656 yılında Oxford'da eğitmenlik yapmaya başladı ve Kraliyet Derneğinin üyelerinin içerisinden çıktığı çevrenin ilk üyelerinden biri oldu. Birkaç Avrupa dilini akıcı olarak bilirdi ve tüm Avrupa'daki bilim insanlarıyla mektuplar yoluyla haberleşerek bilimsel bilgi açısından bir takas odası işlevi gördü. Boyle'la arası gayet iyiydi, onun eserlerinin temsilcisi



14. Bir bit. Hooke'un *Micrographia*'sından, 1664.

oldu ve Boyle'un kitaplarını başka dillere çevirdi; ancak ne yazık ki Hooke'a hiç kanı kaynamadı. 1677 yılında öldü.

Hooke Dernekteki yeni görevine geçmek üzere 1662 yılında Oxford'dan ayrıldı; Boyle ve diğerlerine asistanlıkla meşgul olduğu için okulunu tamamlayamasa da kendisine 1663 yılında master derecesi verildi ve Kraliyet Derneğine de üye olarak kabul edildi. İki yıl sonra deney sorumlusu olarak görev tanımı, derneğin işe aldığı bir görevli olmaktan çıkartıldı ve bir dernek üyesi ve Dernek Konseyi üyesi olarak yürüttüğü bir görev haline getirildi. Bu önemli değişiklik, bir yandan diğer üyelerle eşit konumda olduğu varsayılan bir beyefendi olarak resmen tanınmasını, öte yandan halen daha üzerinde (göreceğimiz gibi) büyük bir görev yükü taşıdığını gösteriyordu. Şereflendirmelerde hiçbir sorun yoktu ancak maddi olanakları kısıtlı Hooke için maaşı da son derece önemliydi ama ne yazık ki dernek bu ilk döneminde hem örgütsüz hem de fonlar açısından sıkıntılıydı ve Hooke bir süre daha geçinmek

için sadece Robert Boyle'un cömertliğine güvenmek durumundaydı. 1664 yılının Mayıs ayında Hooke Gresham College'da geometri profesörlüğü makamına aday oldu ancak belediye başkanının karar oyu nedeniyle kaybetti. Hatırı sayılır ölçüde bir mücadelenin ardından belediye başkanının atamayla ilgili oy kullanma hakkının olmadığı açığa çıktı ve Hooke 1665'te hayatının sonuna dek üstlenmeye devam edeceği bu makama atandı. Yılın başında tayini gerçekleşti ve aynı yıl 29 yaşındaki Hooke en büyük eseri *Micrographia*'yı yayımladı. Kitap o dönem için alışılmadık bir biçimde, çok açık ve rahat okunabilir bir İngilizceyle yazılmıştı; bu kitabın çok geniş bir okur kitlesine ulaşmasını sağladı ancak eserini sunma biçimi yaptığı işi çok basitmiş gibi gösterdiği için kimilerinin de Hooke'un bilimsel becerisini teslim etmemesi sonucunu doğurdu.

Kitabın adından da anlaşılacağı gibi *Micrographia*, esasen mikroskopiyle ilgiliydi (mikroskopi alanında önde gelen bir bilim insanı tarafından kaleme alınmış ilk önemli eserdi). Galileo'nun *Yıldızların Habercisi* nasıl insanların geniş evrenin doğasına gözlerini açmasını sağladıysa, bu kitabın da insanların gözlerinin küçük ölçekli dünyaya açılmasında aynı ölçüde önem taşıdığını söylemek abartı olmaz. Geoffrey Keynes'in sözleriyle "bilim tarihinde basılmış en önemli kitaplar arasında" yer almaktadır. Samuel Pepys gece saat 2'ye dek oturup bitirdiği kitabın ardından "hayatımda şimdiye dek okuduğum en usta işi kitap" değerlendirmesini yapar.[2]

Hooke ilk mikroskopist değildi. 1660'lı yıllarda Galileo'nun izinden giden başkaları da vardı ve gördüğümüz üzere bunlardan bilhassa Malpighi bu yeni aletle özellikle kan dolaşımıyla ilgili çok önemli keşiflere imza atmıştı. Malpighi'nin gözlemleri-

[2] 21 Ocak 1665. Aynı yılın 15 Şubat'ında Kraliyet Derneğinin üyesi olan ve (bilimsel katkısı pek az olmasına karşın) toplantılarına katılmaktan keyif duyan Pepys, Gresham College'da "en yüksek değerde" bilim adamlarının katıldığı bir toplantıyı aktarır: "Bugün hepsinden önemlisi Bay Boyle ve ondan da önemlisi, dünyada gördüğüm bütün insanlardan daha ileri olan ama bunu en az gösteren kişi olarak Bay Hooke da toplantıdaydı." Bu aktarım Hooke'un o dönemdeki entelektüel konumunun çok iyi bir göstergesi olmasının yanı sıra cazibeden uzak görünümü hakkında da bir fikir sunmaktadır.

nin bilim camiasına yansımasıysa parça parça olmuştu. Aynı durum Hooke'un çağdaşlarından biri olan, resmi akademik eğitimi olmamasına karşın kendi yaptığı mikroskoplarla hayret verici (çoğu Kraliyet Derneği üzerinden paylaşılan) keşiflerde bulunmuş Hollandalı bir manifaturacı olan Antoni van Leeuwenhoek (1632–1723) için de geçerliydi. Bu aletler metal şeritlere takılmış (bazıları toplu iğne başı büyüklüğünde) göze yakın tutulan çok küçük dışbükey lenslerden oluşuyordu ve bunlardan bazıları 200 veya 300 kat büyütme kuvvetine sahip inanılmaz derecede güçlü büyütücü camlardı. Van Leeuwenhoek'in en önemli keşfi su damlalarında hareket eden (kendisinin de yaşam formları olduğunu teşhis ettiği) son derece küçük yaratıkların, bugün tekhücreliler, tekerleklikurtlar ve bakteriler vb olarak bilinen mikroorganizmaların varlığını keşfetmesiydi. Ayrıca gebe kalmanın nasıl gerçekleştiğine ilişkin ilk ipucunu sağlayan (kendisinin "mikroskobik hayvanlar" adını verdiği) sperm hücrelerinin de varlığını keşfetti ve Malpighi'nin alyuvarlar ve kılcal damarlar hakkındaki (haberdar olmadığı) bazı çalışmalarının sonuçlarına bağımsız olarak ulaştı. Bunlar önemli çalışmalardı ve van Leeuwenhoek'in ana akım bilimin dışında hakiki bir amatör olarak oynadığı rolün çekiciliği, on yedinci yüzyıl popüler bilim tarihinde (bazılarının ona mikroskobu icat eden kişi ünvanını dahi bahşettiği) belli bir ün kazanmasını sağladı. O sıra dışı teknikler ve aletler kullanan kuraldışı bir adamdı; Hooke ise üzerinde çalışılan nesnelerin büyütülmesi için iki veya daha çok lens kullanılan kendi gelişmiş bileşik mikroskoplarını keşfetmesiyle izlediği mikroskopi biliminin geliştiği ana akım yolu temsil ediyordu. Ayrıca Hooke keşiflerini herkesçe ulaşılabilir tek bir kitapta toplayarak, mikroskopları sayesinde gördüklerini güzel çizilmiş ve bilimsel olarak doğru çizimlerle (çizimlerin çoğu arkadaşı Christopher Wren'e aitti) kamuoyuna sunmuştu. *Micrographia* gerçekten mikroskopinin bilimsel bir disiplin olarak kabul edildiği dönemece işaret ediyordu.

Hooke'un başyapıtında aktarılan mikroskopik keşiflerden en ünlüsü mikroskopla incelenen mantar dilimlerinin "hücre" yapısına sahip olmasıydı. Gördüğü gözeneklere (bunlar kavramın modern biyolojik anlamıyla hücreler olmamalarına karşın) bu ismi verdi ve bugün adlandırdığımız anlamıyla hücrelerin varlığı on

dokuzuncu yüzyılda tespit edildiğinde biyologlar bu adlandırmayı Hooke'dan aldılar. Canlı dünyayla ilgili çok sayıda gözlem yaptı; bunların arasında tüylerin yapısının, kelebek kanadının doğasının ve sinek gözünün betimlenmesi de vardı. Kitabının bir bölümünde uzak görüşlü bir tutumla fosilleri bir zamanlar yaşamış yaratık ve bitkilerin kalıntıları olarak doğru biçimde tanımlıyordu. O dönemde canlılara benzeyen taşların gerçekten canlı olduğu, mistik bir süreç sonunda kayaların yaşamın görüntüsünü taklit ettikleri yönünde yaygın bir inanış vardı. Hooke fosillerin "dünyanın sahip olduğu sıra dışı bir *görünmez plastik erdemle* oluşmuş taşlar" oldukları anlayışını yıktı. Bunların (bugün amonitler adını verdiğimiz cisimlere göndermede bulunarak) "o yere ya bazı seller, su baskınları, depremler veya bu tür başka yollarla atılmış olan ve orada zamanla bir araya toplanmış ve sertleşmiş bir tür çamur veya kille veya *taşlaştıran* suyla veya başka bir maddeyle doldurulmuş bazı deniz kabuklularının kabukları" olduğunu ikna edici bir biçimde açıkladı. O dönemde Gresham College'da verdiği ve ancak ölümünden sonra yayımlanan derslerinde, Hooke bunun dünyanın yüzeyinde gerçekleşmiş çok daha büyük dönüşümlerin varlığına işaret ettiğini de özellikle belirtti. "Daha önce deniz olan kısımlar şimdi kara oldu" ve "dağlar düz ovalara, ovalar da dağlara dönüştü."

Hooke'un Işığın Dalga Kuramı Çalışması

Anlattıklarımızın herhangi bir tanesi bile Hooke'u Samuel Pepys gibi iyi okurlara sahip ünlü biri yapmaya yeterdi. Öte yandan *Micrographia* mikroskopiden daha fazlasını içeriyordu. Hooke ince katmanlı malzemelerde karşımıza çıkan (bir böceğin kanadındaki renkler veya bugün suya petrol veya yağ döküldüğünde görülene benzer gökkuşağı deseni gibi) renkli desenlerin doğasını araştırdı ve katmanın iki tarafından yansıyan ışığın bir tür girişiminin buna neden olabileceğini öngördü. Hooke'un bu bakışla araştırdığı olgulardan biri iki parça camın hafif bir açıyla birleşmesi sonucu oluşan renkli ışık halkalarıydı; deneyin klasik biçiminde dışbükey bir lens kalın bir cam parçasının üzerine, iki cam yüzeyin arasında birbirine değdikleri noktanın yakınında arada bir hava boşluğu

olacak şekilde yerleştirilir. Halkalar lense yukarıdan bakıldığında görülür ve bu olgu sudaki ince bir yağ tabakasının burgaçlı bir renk deseni oluşturmasıyla bağlantılıdır. Bu olgunun bugün "Newton halkaları" olarak bilinmesi Newton'ın tarihi yeniden yazmakta ne kadar başarılı olduğunun bir göstergesidir. Hooke'un ışık hakkındaki fikirleri bir dalga kuramına dayanıyordu; daha sonra bu dalga kuramını geliştirerek dalgaların Huygens'in kafasında canlandırdığı tipte sıkıştırma sonucu itilip çekilen dalgalar olmadığı, enine (yan yana) bir salınım sergilemesi gerektiği varsayımını da kurama dâhil etti. Kitapta tutuşma ve yanma alanında yaptığı deneyleri de aktardı. Oksijenin keşfine (keşfedilmesinden bir yüzyıl önce) çok yaklaşarak bu deneylerin sonucunda yanmanın ve solunumun havanın soğurulmasıyla bağlantısını kurdu ve bir cismin "parçalarının uyarılması veya hareketinden" doğduğunu söylediği (zamanının neredeyse iki yüzyıl ilerisinde bir tespit!) ısı ile iki şeyin birleşmesinden oluşan yanma arasında çok net bir ayrım yaptı. Kendi üzerinde deney yaparak kulaklarında ağrı hissedene kadar havanın dışarıya pompalandığı bir odada oturdu ve bir dalgıç çanının ilkel bir biçiminin test edilmesi ve tasarlanmasına girişti. Günümüzde aşina olduğumuz "saat kadranı" tipindeki barometrenin yanı sıra bir rüzgâr ölçer, geliştirilmiş bir termometre ve havadaki nemi ölçmek için bir higroskop icat ederek atmosferik basınç ile hava durumundaki değişiklikler arasındaki bağlantıya işaret etti ve ilk bilimsel meteorolog ünvanını hak etti. Kitabının son bölümüne ek olarak, yaptığı bazı astronomik gözlemlere dayanan çizimleri yerleştirdi. Tüm çalışmalarının arkasında yatan temel felsefeyi, deneye ve gözleme dayanmaksızın "beynin ve imgelemin çalışmasına" bel bağlamak yerine "şeyleri aynen karşımıza çıktıkları gibi kaydetmek ve incelemek için samimi bir ele ve güvenilir bir göze" verdiği değeri de çok açık ve net olarak belirtti. "Gerçek şu ki" diyordu Hooke "doğa bilimi haddinden fazla bir süredir sadece beynin ve imgelemin çalışmasıyla yürütülegeldi: Artık apaçık şeylerin ve materyallerin gözlemlenmesinin sadelik ve selametine geri dönülmesinin tam zamanıdır."

Hooke'u şahsen tanıyan John Aubrey 1680 yılında onu şöyle tarif ediyor:

> Belki hafif kambur, soluk benizli, orta boylu biri, yüzü de belki biraz sıradan ama kafası büyük; gözleri kocaman, etkileyici ve ağır, gri renkte. Kahverengi nefis nemli kıvırcık saçlarla kaplı, narin bir başı var. Kilo açısından her zaman ve bugün de hep orta derecede ve çok ölçülü vs. Kafası olağanüstü yaratıcı olduğu gibi, insan olarak da aynı derecede büyük bir erdem ve haysiyete sahip.

Hooke'un *Micrographia*'da aktarılan başarılarının devamını getirebilmesinin önünde engelleyici rol oynayan bir dizi etmen vardı. Bunlardan birincisi Kraliyet Derneğindeki konumuydu; işi, bazıları diğer üyelerin emriyle bazılarını kendisi tasarlayarak her haftalık toplantıda deneyler (birden fazla) yapmasını zorunlu kılıyordu. Ayrıca toplantıda olmayan üyelerin ilettiği rapor ve makaleleri sesli olarak okur ve yeni keşifleri anlatırdı. Derneğin ilk yıllarındaki tutanaklarda hemen her sayfada "Bay Hooke hazırladı", "Bay Hooke'a görev verildi", "Bay Hooke değerlendirdi", "Bay Hooke bazı deneyler yaptı" vb biçimlerde sürekli karşımıza çıkan ifadeler bulunurdu. Yaptıkları azmış gibi (Hooke'un Gresham College'da da tam zamanlı dersler verdiğini hatırlayın), Oldenburg 1677 yılında öldüğünde Hooke dernek sekreterlerinden biri olarak atanarak onun boşluğunu doldurdu (neyse ki en azından o dönemde yönetsel işlerin yükünü sırtlayacak birden fazla sekreter vardı), ancak 1683 yılında bu görevden ayrıldı.

Kısa vadede *Micrographia*'nın basılmasının hemen ardından patlayan veba salgını Kraliyet Derneğinin etkinliklerini sekteye uğrattı ve birçok başka insan gibi Hooke da Londra'dan ayrılarak kırsal bölgeye, Epsom'daki Berkeley Kontunun malikânesine misafir olarak göç etti. Orta vadede Hooke 1666 Londra yangınının ardından gelen yıllarda bilimsel çalışmalarından uzak kaldı. Bunun nedeni kentin yeniden inşasında rol alan temel kişilerden biri (Christopher Wren'in ardından ikinci konumda) olmasıydı; Wren'e atfedilen binaların çoğunda en azından kısmi tasarımcı olarak Hooke'un imzası vardır ve çoğu durumda bu ikisinin katkısı arasında bir ayrım yapmak olanaksızdır.

Yangın 1666 yılının Eylül ayında çıktı. Aynı yılın Mayıs ayında Hooke derneğe sunduğu bir çalışmada gezegenlerin güneş etrafındaki hareketini, esir içerisindeki Kartezyen girdaplar yerine (bir to-

pun, bir sicim parçası üzerinde başınızın üstünde döndüre döndüre çevirdiğinizde sicim tarafından uygulanan kuvvetle "yörüngede" tutulabilmesine benzer biçimde) güneşin gezegenleri yörüngelerinde tutmak için uyguladığı çekim kuvveti üzerinden açıkladığı bir sunum yaptı. Bu Hooke'un Londra'nın yeniden inşasında üstlendiği mimari ve topografik çalışmaların ardından tekrar döndüğü bir konu oldu ve 1674 yılında verdiği bir derste kendi "dünya sistemini" şöyle betimledi:

> Birincisi bütün göksel cisimler kendi merkezlerine doğru bir çekim veya kütleçekim kuvvetine sahiptirler, bu sayede sadece kendi parçalarını kendilerine doğru çekip bunların uçup gitmelerini önlemekle kalmaz... aynı zamanda etkinlik sahaları içerisindeki tüm diğer göksel cisimleri de kendilerine doğru çekerler. İkinci varsayım şudur ki, doğrudan ve basit bir harekete sokulmuş bütün cisimler, daha başka etkili güçler tarafından bir daire, elips veya daha karmaşık başka bir eğri çizgi şeklinde bir harekete sahip olacak şekilde saptırılmamış veya bükülmemiş oldukları müddetçe, doğrusal bir çizgi boyunca aynı şekilde hareket etmeye devam ederler. Üçüncü varsayım şudur ki, bu çekici güçlerin işlerken daha güçlü olmaları, etkide bulundukları cismin kendi merkezlerine ne kadar yakın olduğuyla doğru orantılıdır.[3]

Hooke'un "varsayımlarının" ikincisi aslında Newton'ın birinci hareket yasası olarak bildiğimiz şeydir; üçüncü varsayım yanlış bir biçimde kütleçekimin bir cisimden uzaklığın karesi değil de, uzaklık oranında azaldığını söyler ancak daha sonra bizzat Hooke bu yanlış kanıyı düzeltmiştir.

Halley ile Newton'ı ve onların kütleçekim tartışmasına katkılarını ele alma zamanına neredeyse geldik. Bundan önce Hooke'un yaşamının geri kalanına kısa bir göz gezdirelim.

Hooke'un Elastisite Yasası

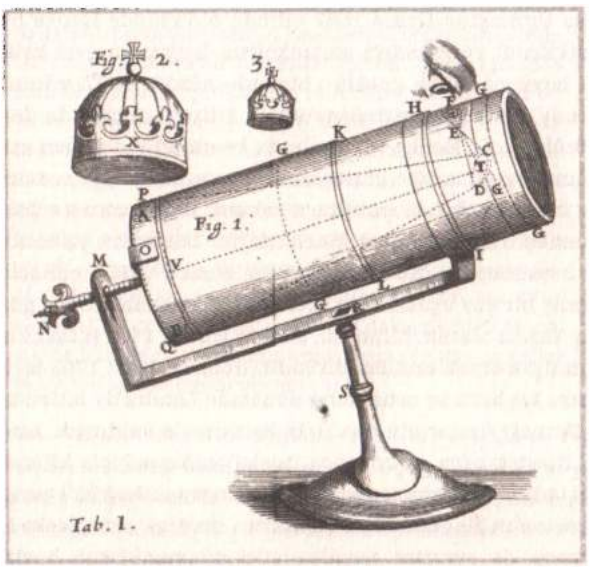
Hooke'un 1672 yılından itibaren tutmaya başladığı bir günlük sayesinde sonraki yaşamı hakkında birçok bilgiye sahibiz.

[3] Alıntı 'Espinasse'den.

Bu, Pepys'in günlüğü gibi edebi bir nitelik taşımayan, olanların günbegün telgraf misali kısa kısa kaydedildiği bir günlüktür. Hooke'un Gresham College'in odalarında geçirdiği özel hayatın hemen her yönünü öyle bir açıksözlülükle aktarır ki, yirminci yüzyıla dek basıma uygun bulunmamıştır (Hooke'un karakteri ve başarılarının son döneme dek tam anlamıyla kabul görmemesinin nedenlerinden biri de budur). Hiç evlenmemesine karşın Hooke'un kadın hizmetçilerinin bazılarıyla cinsel ilişkileri olmuş ve 1676 yılından itibaren de, o dönemde 15 yaşına gelmiş ve çocukluğundan beri onunla birlikte yaşamış olan yeğeni Grace'i kendisine metres tutmuştur. Grace 1687 yılında öldüğünde Hooke bundan çok etkilendi ve yaşadığı melankolizm hayatının geri kalan dönemi boyunca gözle görülür biçimde sürdü; 1687 yılının aynı zamanda Newton'la tartışmasındaki kilit yıl olması da durumunu kötüleştirdi. Hooke 1678 yılında kendi adıyla anılan esneklik yasasını keşfetmesiyle kütleçekim konusundaki çalışmasının dışında bilimsel alanda en bilinen çalışmasına imza attı. Çok daha göz kamaştırıcı (hepsine değinemediğim) başarıları ya unutulmuş veya başkalarına atfedilmişken, bu görece yavan çalışmasının (gerilmiş bir yay uzamasıyla orantılı bir kuvvetle direnç gösterir) Hooke Yasası olarak bilinmesi, tarihin Hooke'a karşı takındığı tutumun tipik örneklerinden birisidir. Hooke 3 Mart 1703 tarihinde hayatını kaybetti ve cenazesi o dönemde Londra'da bulunan Kraliyet Derneği üyelerinin tümünün katılımıyla kaldırıldı. Ertesi yıl Isaac Newton otuz yıl boyunca Hooke'un ölmesi için bilerek beklettiği ışık ve renk konusundaki dev çalışması *Opticks*'i yayımladı.

Newton'ın Hooke'a (özel saplantılı derdim, ama başka insanlara karşı da aynısını sergilemiştir) düşmanlığının başlangıcı, Cambridge'te geı ç bir profesör olarak Kraliyet Derneğinin dikkatini ilk çektiği 1670'lerin başına dek uzanır. (Hooke'dan yedi yaş genç olan) Newton 1660'lı yıllarda Cambridge'te lisans eğitimini tamamladı, ardından önce Trinity College üyesi ve 1669'da da Lucas matematik profesörü oldu. Kürsü kendisine, söylentilere göre dinsel çalışmalara daha fazla vakit ayırmak için ancak kısa bir süre sonra kraliyet din görevlisi ardından da Trinity College dekanı olmasına bakılırsa gizli bir hedefle emekli olmuş ilk Lucas profesörü Isaac Barrow'dan geçmişti. Tüm bu dönem boyunca

Newton düşüncelerini hemen hiç kimseyle paylaşmayarak zamanını deneyler yapmakla ve dünya hakkında neredeyse kendi başına düşünmekle geçirdi. Yaptığı şeyler arasında prizma ve lensler kullanarak ışığın doğası konusunda çalışmalar da vardı. Optik alanındaki en önemli çalışmasında bir prizma kullanarak beyaz ışığı (aslında günışığıdır) tayfın gökkuşağı renklerine ayırdı, ardından renkleri tekrar birleştirerek beyaz ışığa ulaştı ve böylece beyaz ışığın gökkuşağının renklerinin karışımından ibaret olduğunu kanıtladı.



15. *Newton'ın teleskobu. Kraliyet Derneğinin* Philosophical Transactions *adlı yayınından, 1672.*

Daha önce (Hooke dahil) başkaları beyaz ışığı prizmadan geçirmiş ve ışın demetini beş on santim uzaktaki bir ekrana yansıtarak renkli kenarları olan beyaz bir ışık lekesi üretmişlerdi. Newton ışık kaynağı olarak bir panjurdaki iğne deliğini kullandığı ve ışını prizmadan geniş bir odanın diğer tarafındaki bir duvara yansıtarak renklerin etrafa yayılması için daha geniş bir alan yarattığı

için onlardan daha ileri gitmeyi başardı. Bu çalışmanın ardından renklere duyduğu ilgi onu lenslerle yapılan teleskoplardaki görüntülerin kenarında ortaya çıkan renkli şeritler sorununu ele almaya sevk etti ve (Leonard Digges'in daha önceki çalışmasından habersiz olarak) bu tip bir sorunun görülmediği bir yansıtmalı teleskop tasarladı ve imal etti.

Newton Lucas profesörü olarak verdiği derslerde ışık konusundaki çalışmalarından örnekleri anlatmaya başladığında, Cambridge'e gelerek teleskobu gören veya duyan ziyaretçiler üzerinden tüm bunlar etrafa haber olarak yayılmaya başladı. Kraliyet Derneği aleti görmek istedi ve 1671 yılı sonunda Isaac Barrow bir teleskobu alıp (Newton muhtemelen en az iki tane imal etmişti) Londra'ya götürerek Gresham College'da sergiledi. Newton derhal üye olarak kabul edildi (asıl tören 11 Ocak 1672 tarihinde gerçekleştirildi) ve kendisine başka hangi çalışmaları olduğu soruldu. Yanıt olarak derneğe ışık ve renkler konusunda kapsamlı bir makale gönderdi. Newton'ın parçacıkların akımına dayalı parçacıklı ışık kuramını savunduğu ortaya çıktı; ancak o dönemde yaptığı keşiflerde, Huygens ve Hooke gibilerinin savunduğu dalga modelini mi yoksa kendi modelini mi kullandığı üzerine bir şey söylemedi.

Makaledeki bazı yan yorumlardan, özellikle de Newton'ın optik alanında deneylerine 1666 yılında başlamış olduğu ifadesinden, ışığa duyduğu ilgiyi tetikleyen şeyin Hooke'un *Micrographia*'sını okuması olduğu açıkça görülmesine karşın Newton, Hooke'un (daha sonra Newton halkaları adıyla tanınacak olan) çalışmasının ayrıntılarına girmek yerine "Bay Hooke'un *Micrography*'de bir yerlerde kıskıya benzer iki şeffaf levhayla yapmış olduğunu söylediği beklenmedik bir deneye" referans vererek bu çalışmanın önemini azımsama yolunu tuttu.

Daha yaşlı ve oturmuş bir bilim insanı olan Hooke'un muhtemelen dostlarıyla da paylaştığı üzere, bu yeni yetme gençten görmesi gerektiğini düşündüğünden daha az saygı görmüş olmasına şüphesiz ki canı sıkıldı. Hooke çalışmalarının değerinin tam olarak bilinmemesi konusunda her zaman alıngan davranmıştı; bunun böyle olması da mütevazı bir aileden gelmesini ve Kraliyet Derneğini kuran eğitimli beyefendilere yakın zamana dek memu-

riyet etmiş olmasını düşünürsek gayet anlaşılırdı.[4] Diğer yandan Newton'ın becerilerini gençlik döneminde dahi kimse kendisinden daha fazla değerli göremezdi (bu konuda büyük ölçüde haklı çıkmasına karşın yine de çekici bir özellik değildir bu) ve diğer bilim insanlarını da ne kadar saygın ve değerli olurlarsa olsunlar ancak çizmelerini yalatmaya değer görürdü. Kendisinden düşünsel olarak daha zayıf oldukları açık bir grup eleştirmenin, çalışmaları hakkında kendi cehaletlerini de açık edecek şekilde önemsiz ayrıntılar üzerinde fazlasıyla duran itirazlarıyla karşılaştığı sonraki yıllarda bu davranışı iyice kemikleşti. Başta bazı mantıklı iddialara yanıt vermeye çalışan Newton sonunda kaybettiği zamandan dolayı zıvanadan çıkarak Oldenburg'a şunları yazdı: "Kendi kendimi felsefeye köle ettiğimi görüyorum... Kendi kişisel tatminim için yaptıklarım haricinde bundan tereddütsüz biçimde sonsuza dek vazgeçeceğim veya bırakacağım beni arkadan izlesin; çünkü görüyorum ki insan ya yeni hiçbir şey ortaya koymamaya kesin karar vermek veya yeniyi savunmanın kölesi haline gelmek zorundaymış."

Oldenburg işin içine fesat karıştırarak Hooke'un Newton hakkındaki görüşlerini bilinçli bir abartıyla aktarınca beklediğinden de daha başarılı bir sonuç elde etti. Newton yanıtında Oldenburg'a "Bay Hooke imalarından haberdar etmekteki açık sözlülüğü(nüz) için" teşekkürünün ardından yanlış anlaşılmaları ortadan kaldırmak için bir fırsat sunulmasını rica etti. J. G. Crowther, Oldenburg'un kışkırttığı sorunun esas kaynağını doğru bir biçimde özetlemiştir: "Hooke bilimde nabza göre şerbet vermenin ne gibi bir rolü olduğunu anlayamıyordu... Newton keşifleri özel mülkiyet olarak görüyordu."[5] En azından kendi keşifleri söz konusu olduğunda böyle davrandığı kesindi. Aradan geçen dört yılın ardından kişilik çatışmasından doğarak ortalığa saçılan kirli çamaşırların kamuoyu önünde temizlenmesine bir son verilmediği

---

[4] Tam da hak eden kişiye itibar etmenin önemini gayet iyi bildiği için Hooke'un kendi yayımladığı eserlerde Boyle gibi meslektaşlarının çalışmalarından yaptığı alıntıları belirtme konusunda her zaman dikkatli (hâttâ fazlasıyla cömert) davrandığını belirtmek önemlidir. Kendisine hak ettiği değerin verilmesini bekliyordu; hak ettiğinden daha fazlasını istediği yönündeyse hiçbir kanıt yoktur.

[5] *Founders of British Science [İngiliz Biliminin Kurucuları]*, s. 248

takdirde artık Kraliyet Derneğinin alay konusu olmaya başlaması tehlikesi doğdu. Bazı üyelerin birleşerek ısrar etmesiyle (Hooke'la uğraşılmasından duyduğu keyif sona ereceği için mutsuz olan) Oldenburg'un arabulucuğuyla taraflar arasında kamuya açık bir mektuplaşmayla (kahramanlarımız özelde birbirleri hakkında ne düşünürlerse düşünsünler) barış sağlanmasına karar verildi.

Hooke'un Newton'a mektubu yine karakterinin özgün izini taşıyordu; bilim konusunda (tercihen son moda bir kahvehanede birkaç dostla birlikte) dostça tartışmaya her zaman hazır ve gerçekten de sadece gerçeklerle ilgiliydi:

> Sizin bu konuda [ışık konusundaki çalışmalarda] benden daha ileriye gittiğiniz kanısındayım... Bu konu sizden daha iyi bir kişiye uygun düşemezdi; eğer başka zorlu işlerim izin verseydi bile kendi başıma sizin becerinize oranla daha düşük bir başarıyla ilerletebileceğimi düşündüğüm daha önceki çalışmalarımı tamamlamaya, düzeltmeye ve düzenlemeye sizden daha uygun ve mahir bir başka kişinin var olmadığını düşünüyorum. Sanıyorum sizinle benim hedefimiz aynı ve ikimiz de gerçeği keşfetmenin peşindeyiz ve yine sanıyorum ki, açık bir husumetten kaynaklanmadıkça ikimiz de itirazlara katlanabiliriz ve deneylerden mantıklı sonuçlar çıkarmaya karşı direnmeme yönünde eşit derecede eğilimli zihinlere sahibiz.

Burada gerçek bir bilim insanının konuştuğunu görüyoruz. Newton'ın uzlaşmacı olarak değerlendirilebilecek yanıtıysa kişiliğiyle tamamen çelişiktir ve vurgulanmaya değer bir alt metne sahiptir. "Kabiliyetime haddinden fazla hürmet gösteriyorsunuz" (Newton'ın baskı altında olmadıkça kimseye karşı kullanmayacağı bir ifade) dedikten sonra, genellikle bilim tarihindeki kendi küçük rolünün mütevazı kabulü olarak yorumlanan, bilim alanındaki en ünlü (ve muhtemelen en yanlış anlaşılan) pasajlardan biriyle devam eder:

> Descartes ileriye doğru iyi bir adım attı. Siz birçok yolla ve özellikle ince levhaların rengini felsefi düşünüşe eklemekle buna çok şey ekliyorsunuz. Ben daha ileriyi görüyorsam bu Devlerin omuzlarında duruyor olmam sayesindedir.

California'daki Lick Gözlemevinden John Faulkner, Newton efsanesine zıt düşen bu ifadeleri Newton'ın bilinen kişilik yapısıyla örtüştüren bir yorum geliştirdi. Descartes'a referans verilmesinin tek nedeni, Hooke'un iddia ettiği önceliğin aslında Descartes'a ait olduğunu söyleyerek Hooke'a haddini bildirebilmek içindir. İkinci cümle üstenci bir şekilde Hooke'a (daha yaşlı ve oturmuş bir bilim adamı olduğunu hatırlayın) bir miktar itibar göstermektedir. Kilit ifade ise "Devlerin omuzlarında duruyor olmak" hakkındakidir. Büyük harfe dikkat edin. On yedinci yüzyılda imlada kimi aşırılıklar olabildiğini kabul etsek bile Newton neden bu sözü vurgulamak ihtiyacı hissetsin? Hooke sırtı bükülmüş küçük bir adam olduğu için elbette! Newton'ın vermek istediği mesaj kendisinin bazı fikirlerini antikçağ filozoflarından ödünç almış olsa da, –Hooke'un hem fiziksel olarak küçük bir adam hem de düşünsel açıdan bir pigme olduğu imasıyla– Hooke gibi küçük bir adamdan fikir çalmaya ihtiyacı olmadığıdır. Bu ifadenin Newton'dan da önce kullanıldığı ve onun bu ifadeyi kendi amaçladığı doğrultuda kullanmak için seçtiği gerçeği, sadece Faulkner'in inandırıcı tezine güç kazandırdığıyla kalır. Newton (kısa bir süre sonra değineceğimiz nedenlerle) yer yer çirkinleşebiliyordu ve her zaman da kin tutardı. Oldenburg'a verdiği sözü tutarak kabuğuna çekildi ve 1676 yılındaki bu mektuplaşmanın ardından bilimsel düşüncelerini iletmeye büyük oranda son verdi. Bilim sahnesine tekrar esaslı bir şekilde çıkışı, biraz da o dönemde bilimi dönüştüren üçlü saç ayağının üçüncü üyesi Edmond Halley'in kendisini ikna etmesiyle, bilim tarihindeki en etkili kitabı üretmek için oldu.

John Flamsteed ve Edmond Halley: Yıldızların Teleskopla Kataloglanması

Üçlünün en genci olan Halley 29 Ekim 1656'da parlamenter ara dönemde doğdu (o dönemde İngiltere'de halen eski jülyen takvimi kullanılmaktaydı; doğum tarihi modern gregoryen takvimde 8 Kasım tarihine karşılık gelmektedir). Yine Edmond adını taşıyan babası, annesi Anne Robinson'la doğumdan sadece yedi hafta önce kilise töreniyle evlenmiş zengin bir işadamı ve toprak beyiydi. Bunun en mantıklı açıklaması kayıtları elimize ulaşmasa da daha ön-

cesinde bir sivil törenin düzenlenmiş ve ilk çocuklarının doğmak üzere olmasının da çifti karşılıklı dinsel yemin etmeye cesaretlendirmiş olmasıydı; o dönemde önce sivil törenin, ardından (yapılırsa) kilise töreninin düzenlenmesi oldukça yaygın bir uygulamaydı. Edmond'un Katherine adında 1658 yılında doğup küçük yaşta ölen bir kız kardeşi ve Humprey adında doğum tarihi bilinmeyen ve 1684 yılında ölen bir erkek kardeşi vardı. Halley'in çocukluk dönemine ilişkin pek az şey biliniyor; 1666 yılındaki Londra yangını nedeniyle bazı mali sorunlar yaşamasına karşın babası, genç Edmond'a önce Londra'daki (aile Londra'nın hemen dışında, bugün Hackney ilçesinin kurulu olduğu sakin bir köyde yaşamaktaydı) St. Paul's School ve ardından Oxford Üniversitesinde en iyi eğitim olanaklarını sunabilecek durumdaydı. 1673 yılının Temmuz ayında Queen's College'a geldiğinde Halley babasının parasını ödediği aletleri kullanarak gözlem becerisini çoktan geliştirmiş, iyi bir astronom olmuştu. Oxford'a giderken yanına aldığı aletlerin içerisinde 24 fit (yaklaşık 7,3 metre) uzunluğunda bir teleskop ve 2 fit (60 santimetre) çapında bir sekstant da vardı ve bunlar çağdaşı birçok profesyonel astronomun kullandığı aletler kadar iyi durumdaydı.

O dönemde yaşanan birkaç olay Halley'in yaşamı üzerinde önemli etkide bulundu. Birincisi annesi 1672 yılında öldü. Aynı yılın 24 Ekim'inde toprağa verildiği bilgisi haricinde ayrıntı bilinmiyor. Halley için bu olayın yansıması sonradan babasının ikinci kez evlenmesiyle oldu. Ardından 1674 yılında Kraliyet Derneği Fransız Akademisinin kurduğu Observatoire de Paris'e karşılık olacak şekilde bir gözlemevi kurulması gerektiğine karar verdi. Bu düşünceyi hızlandıran gelişme, Fransızların denizde boylamların tespit edilmesi sorununu, ayın ardalanında kalan yıldızlara göreli konumunu denizde zamanı ölçmek için bir tür saat olarak kullanarak çözdüklerini iddia etmeleri oldu. Ortaya atılan iddianın henüz olgunlaşmamış olduğu açığa çıktı; fikir ilkesel olarak işe yarar gibi gözükse de, ayın yörüngesi öylesine karmaşıktı ki, hareketinin gerekli tabloları derlenene dek, hatasız çalışan hassas kronometreler zaten boylam sorununa gereken çözümü sağlayacaklardı. Sorunu ele alması için astronom John Flamsteed'e (1646–1719 yılları arasında yaşadı) başvuruldu ve o da ne ayın konumu ne de referans yıldızların konumları yeterince kesin olarak bilindiği için, doğru bir kararla bunun işe yaramayacağı sonu-

cuna vardı. II. Charles haberleri alınca deniz yolculuklarına yardımcı olacak bu bilgiye denizci bir ulus olarak İngiltere'nin sahip olması gerektiğine karar verdi ve yapımı planlanan gözlemevi bir kraliyet projesi haline geldi. Flamsteed 4 Mart 1675 tarihinde çıkartılan bir kraliyet emriyle "Astronomik Gözlemci" (ilk kraliyet gökbilimcisi) olarak atandı ve içinde çalışması için de Kraliyet Gözlemevi (Wren'in seçtiği bir yer olan) Greenwich Tepesinde inşa edildi. Flamsteed Temmuz 1676'da buraya yerleşti ve aynı yıl Kraliyet Derneğine üye olarak seçildi.

Henüz bir üniversite öğrencisi olan Edmond Halley 1675'te Flamsteed'le mektuplaşmaya başladı. İlk mektuplarında yayımlanmış bazı astronomik veri tablolarıyla çelişen kimi gözlemlerini aktararak tabloların yanlış olduğunu iddia etti ve Flamsteed'in kendi sonuçlarını onaylayıp onaylamayacağını sordu. Modern gözlemleme tekniklerinin var olan yıldız kataloglarını geliştirebileceğinin onaylanması anlamına geldiği için bu Flamsteed'in tam da duymak isteyeceği türden bir haberdi. İleride göreceğimiz gibi daha sonra araları açılacak olsa da, ikili dost oldu ve Halley bir dönem için Flamsteed'in himayesi altına girdi. Aynı yılın yaz mevsiminde Halley Londra'da Flamsteed'i ziyaret etti ve ona gözlemlerinde, 27 Haziran ve 21 Aralık'taki iki ay tutulması dâhil olmak üzere yardımcı oldu. Bu gözlemlerin ilkinin ardından Flamsteed Kraliyet Derneğinin *Philosophical Transactions*'ınında "Edmond Halley, Oxford'dan yetenekli bir genç adam bu gözlemlerde yer alarak çoğunda dikkatli bir biçimde yardımcı oldu" diye yazıyordu. Halley 1676 yılında, biri gezegenlerin yörüngeleri, diğeri aynı yılın 21 Ağustos tarihinde gözlemlenen Mars'ın görüntüsünün ay tarafından örtülmesi, sonuncusu da 1676 yazında gözlenen büyük bir güneş lekesi hakkında olmak üzere üç bilimsel makale yayımladı.[6] Astronominin yükselen yıldızının o olduğu çok açıktı. Peki, ama alana en iyi nerede katkı verebilirdi?

[6] Bu not etmeye değer bir olaydır, çünkü on yedinci yüzyılın ikinci yarısında güneşte pek az leke gözlemlenmiştir. Bu olay Avrupa'da Küçük Buz Devri olarak bilinen bir soğuk hava dönemiyle de örtüşmüştür. Hava öylesine soğuktur ki, Thames nehri birkaç kış özellikle de 1683/1684 kışında (John Evelyn'in çizimleriyle betimlediği gibi) üzerinde Don Fuarları olarak adlandırılan çadır kentlerin kurulabileceği ölçüde donmuştur. Güneşin bu dönemdeki dinginliği ile dünyanın soğuması arasında muhakkak bir bağlantı olsa gerektir.

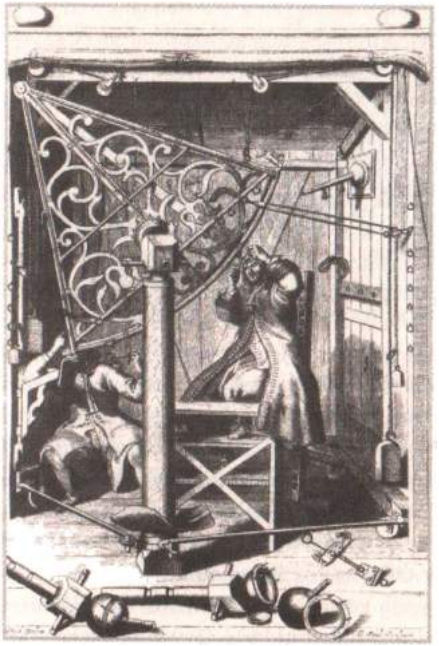
Flamsteed'in yeni Kraliyet Gözlemevindeki başlıca görevi, nişan alma adı verilen, gözlemcinin seçtiği yıldıza bir çubuğu hizalayarak bakması yoluyla (Tycho da bu sistemi kullanmıştı) elde edilmiş eski katalogları düzeltmek için modern teleskop görüntülerini kullanarak kuzey semalarının daha doğru bir haritasını çıkarmaktı. Doğru yerden bakıldığında teleskobun odak düzlemindeki incecik bir kıl, bir yıldızın doğru hizalanması açısından çok daha başarılı bir sonuç verir. Adını duyurma ve mesleğinde ilerleme konusundaki tüm sabırsızlığıyla Halley'in aklına Flamsteed'in kuzey semalarını araştırma çalışmasında, elbette hızla sonuç almak için en parlak birkaç yüz yıldıza odaklanarak benzer bir şey yapma parlak fikri geldi. Babası fikri destekleyerek Halley'e yıllık 300 pound tutarında bir harçlık (Kraliyet Gökbilimcisi olarak Flamsteed'in aldığı maaşın üç katı) ve keşif gezisinin harcamalarının çoğunu karşılama sözü verdi. Flamsteed ve Haritacılık Bürosu Genel Müfettişi Sir Jonas Moore teklifi krala tavsiye ettiler. Kral da o dönem İngiliz krallığının en güneydeki toprağı olan St. Helena adasına (bu James Cook'un 1770 yılında Botany Körfezi'ne ayak basışından neredeyse yüz yıl önceydi) Halley, aletleri ve arkadaşı James Clarke için East India Company'den ücretsiz yolculuk olanağı sağladı. 1676 yılı Kasım ayında denize yelken açtıklarında yirminci yaşını yeni doldurmuş olan Halley lisans eğitimini yarıda bırakıyordu.

Keşif gezisi (Halley ve Clarke'in St. Helena'da karşılaştıkları kötü hava koşullarına karşın) büyük bir bilimsel başarıyla sonuçlandı ve görünüşe göre Halley'e de sosyal yaşam yönünden kimi fırsatlar sundu. Halley'in gençlik çağında yaşadığı çok sayıdaki cinsel açıdan yakışıksız ilişkilere bir ipucu olarak (1626–1697 yılları arasında yaşamış, sadece Newton'ı tanımakla kalmayıp Shakespeare'le de karşılaşmış insanları tanıyan, ancak herkesin kabul ettiği üzere her zaman güvenilir bir kaynak olmayan) John Aubrey *Brief Lives* [*Kısa Yaşamlar*] adlı kitabında St. Helena'ya Halley'le beraber aynı gemide seyahat eden, uzun süredir evli ve çocuksuz bir çiftten bahseder. "Adadan [eve] dönmeden önce" diye yazar Aubrey "kadın doğum yapmıştı bile". Halley bu olaydan deniz yolculuğunun veya St. Helena havasının çocuksuz çifte garip bir biçimde faydalı olduğu biçiminde bahsetmiş olsa gerek ki Aubrey Halley'in çocuğun baba-

sı olduğunu ima etmektedir. Bu tip dedikodular birkaç yıl boyunca genç adamın peşini bırakmayacaktır.

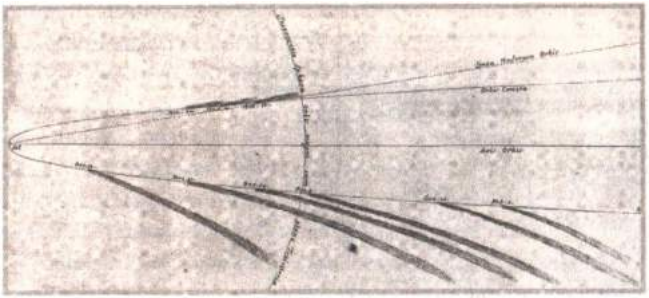
Halley eve 1678 baharında döndü. Kuzey yıldızları kataloğu aynı yılın Kasım ayında basıldı ve ona bizzat Flamsteed'in taktığı "Bizim Kuzeyli Tycho'muz" takma adını kazandırdı; 30 Kasım'da da Kraliyet Derneğine üye seçildi. Yıldız kataloğunun yanı sıra Halley, St. Helena'dayken Mars'ın güneşin önünden geçişini de gözlemledi. Prensipte bu ıraklık açısının sapmasını göz önüne alarak güneşe olan uzaklığı hesaplamanın bir yolunu sunmaktaydı; ancak bu ilk gözlemler sonuçların kati olabilmesini sağlamaya yetecek kesinlikte değildi. Yine de Halley fazla uzun sürmeyecek bir müddet sonra meyve verecek bir keşfin tohumunu atmıştı. 3 Aralık tarihinde kralın "tavsiyesiyle" Halley (Kraliyet Derneği üyesi olmasının ardından) resmi gereklilikleri yerine getirmemiş olmasına rağmen master derecesine layık görüldü. Artık Boyle, Hooke, Flamsteed, Wren ve Pepys'in dâhil olduğu grubun (Newton bu dönemde Cambridge'te kabuğuna çekilmişti) eşit bir üyesiydi. Ve grubun verebileceği tam da ona uygun bir iş vardı.

Denizde yön bulma açısından taşıdığı potansiyel önem nedeniyle yıldızların konumlarını doğru olarak tespit etme işi, on yedinci yüzyıl sonunda hem ticari hem de askeri sonuçları yönünden çok büyük bir önem taşıyordu. Tycho'nun kataloğunu ilk geliştirme denemesi 1670'li yıllarda Danzig'te (bugünkü Gdansk) Alman bir astronomdan geldi. Bu gökbilimci büyük harcamalar karşılığında yeni aletler kullansa da, çağdaşlarını, özellikle de Hooke ve Flamsteed'i hayal kırıklığına uğratacak biçimde bizzat Tycho'nun da kullandığı geleneksel nişan alma sistemini uygulamakta ısrar ediyordu. Bu eski kafalı astronom, 1611 yılında doğarak belki eski moda yaklaşımını açıklar şekilde Johann Höwelcke vaftiz adını almış, ismini Johannes Hevelius olarak latinceleştirmişti. 1668 yılında başlayan mektuplaşmalarında Hooke teleskopik görüntülere geçmesi için neredeyse yalvarmışsa da Hevelius bu öneriyi nişan almanın da aynı başarıya ulaşacağını iddia ederek inatçı bir biçimde reddetmişti. Gerçek şu ki Hevelius yeni çıkan yöntemlere güvenmeyen ve alışkanlıklarını değiştiremeyecek ölçüde katı biriydi. Modern kelime işlemci bilgisayarlar var olmasına rağmen eski usul manüel daktiloları kullanmakta ısrar eden insanlara benziyordu.



16. *Hevelius bir sekstant kullanarak yıldızların konumlarını hesaplıyor. Hevelius'un* Machina Coelestis *'inden, 1673.*

Halley'in kuzey kataloğunun en önemli (elbette teleskop kullanılarak elde edilmiş) özelliklerinden biri Tycho'nun gökyüzü bulgularının bazı kısımlarıyla örtüşmüş olmasıydı; böylece Hevelius (kendince) Tycho'nun verilerini geliştirmekle meşgulken, Halley Tycho'yla aynı yıldızları gözlemlemesi sayesinde kuzey gökyüzü ölçümlerini eşleştirerek geliştirebilmeyi başarmıştı. Hevelius 1678 yılı sonunda Flamsteed'e mektupla Halley'in verilerini görmek istediğini belirtince Kraliyet Derneği de Hevelius'un iddialarını değerlendirme fırsatını elde etti. Halley Hevelius'a kuzey kataloğunun bir kopyasını gönderdi ve gökyüzünün kuzeyi ile güneyi arasındaki bağlantıyı kurmak için Tycho'dan alınan yıldız konumları yerine Hevelius'un yeni verilerini kullanmaktan memnuniyet duyacağını söyledi. Elbette yeni gözlemlerin doğruluğunu onaylamak için Danzig'e ziyarete de gelmek istiyordu.



17. *Newton'ın 1680'de görülen kuyrukluyıldıza ilişkin çizimi.*

Böylece 1679 yılı ilkbaharında Halley, artık 68 yaşına gelmiş olan Hevelius'un inanılması zor iddialarının doğruluğunu araştırmak üzere yola çıktı. Başlangıçta Halley, Hevelius'un iddialarına arka çıktı ve nişan alma yoluyla elde ettiği sonuçların gerçekten de söylediği kadar iyi olduğunu bildirdi. İngiltere'ye döndüğündeyse bambaşka bir telden çalarak teleskopik gözlemlerin çok daha iyi olduğunu söyledi. Halley daha sonra Hevelius'un karşısında yalnızca nazik davrandığı, "yaşlı ve asabi bir beyefendinin" ölümünü hızlandırmak istemediği iddasında bulundu. Hevelius sonrasında dokuz yıl daha yaşadığına göre Halley onu gördüğünde o kadar da kırılgan olamaz. O dönemin dedikoduları anlatılan hikâyede başka yönlerin de olabileceğine işaret ediyor.

Hevelius ilk eşini 1662 yılında kaybetti ve 1663 yılında da 16 yaşında bir güzel olan Elisabetha'yla evlendi. Halley Danzig'e ziyarete geldiğinde Hevelius 68, Elisabetha 32 yaşındaydı. Halley cinsel açıdan düşünmeden davranmaktan sabıkalı olan 22 yaşında bir yakışıklıydı. Halley'le beraber İngiltere'ye ulaşan kaçınılmaz dedikodular doğru olmayabilir ve aynı yıl Londra'ya Hevelius'un öldüğü yönünde aslı olmayan bir haber ulaştığında Halley'in ilk tepkisinin dul kaldığı varsayılan hanıma pahalı bir ipek elbiseyi hediye olarak göndermesi gerçeği hakkında çok iyi ve saygın bir açıklama bulunabilir. (6 pound, 8 şilin, 4 peni ederindeki kıyafet Kraliyet Gökbilimcisinin üç haftalık maaşına denk olmasına karşın Halley'in ancak bir haftalık harçlığı tutarındaydı.) Yine de bu tip dedikoduları mümkün kılan türden davranışları

Halley'in (ağırbaşlı bir birey olan) Flamsteed'le arasının açılmasına katkıda bulunduğu gibi, Hevelius'un gerçekçi olmayan iddialarının Halley tarafından başlangıçta onaylanması da üstadınca hiç hoş karşılanmadı.

O dönemde Halley'in astronomideki kariyerinin geleceğini pek fazla önemsediği de söylenemez. İlk başarı dalgasının ardından bir pop yıldızının yaşadığına benzer şekilde bu kadar fazla şeyi bu kadar erken elde etmiş biri olarak ulaştığı şöhretin tadını çıkarmak ve parasının (daha doğrusu babasının parasının) sağladığı bütün olanakların tadına bakmak istiyordu. Danzig'ten döndükten sonra bir yıldan fazla bir süreyi sadece hoşça vakit geçirmekle doldurdu; Derneğin toplantılarına katıldı ama hiçbir katkıda bulunmadı, Oxford'u arada bir ziyaret edip bugünün çok tutulan şarap barlarına denk düşen son moda kahvehanelerine dadandı (içlerinden en çok Change Alley'deki Jonathan's hoşuna gidiyordu). Bu dönemin sonuna doğruysa ilk kez kuyrukluyıldızlar, başlangıçta çok önemli bir tarzda olmasa da Halley'in hayatına girdi.

1680/1681 kışında parlak bir kuyrukluyıldız görüldü. İlk görülüşü 1680 yılı Kasım ayında bir gün güneşe doğru ilerlerken, güneşin parıltısında gözden kaybolmadan önce oldu. Bir süre sonra güneşten uzaklaşırken tekrar ortaya çıktı ve ilk başta bunların iki ayrı kuyrukluyıldız oldukları zannedildi. Flamsteed bunun bir çeşit manyetik etki sonucunda güneşten geri itilmiş olduğu önermesiyle gerçekte tek bir cisim olduğunu iddia eden ilk kişilerden biriydi. Geceleyin gökyüzünde profili belirgin, Londra ve Paris'in sokaklarında açıkça görülebilen, o dönemde yaşayan kimsenin daha önce görmediği parlaklıkta bir kuyrukluyıldızdı. İlk göründüğünde Halley eski okul arkadaşı Robert Nelson'la beraber gemiyle zengin genç beyefendilerin çıktıkları tipik Büyük Avrupa turlarından birine başlamak üzereydi. Aralık ayında Paris'e doğru yola çıktılar (Noel arifesinde vardılar) ve kuyrukluyıldızın ikinci görünüşünü kıtadan izlediler. Fransa ve İtalya yolculukları esnasında Halley içlerinde Giovanni Cassini'nin de yer aldığı başka bilim insanlarıyla kuyrukluyıldız (ve başka astronomi konuları) üzerine tartışma fırsatı buldu. Robert Nelson, Berkeley Kontunun (Hooke'a vebadan kaçtığı dönemde evini açan) ikinci kızına âşık

olduğu için Roma'da kaldı (sonra da evlendiler). Halley olağan Büyük Avrupa Turu heveslilerinden farklı olarak Hollanda ve Paris üzerinden Londra'ya döndü; 24 Ocak 1682 tarihinde Londra'ya vardığında Aubrey'in ifadesiyle "Fransa ve İtalya'daki önde gelen tüm matematikçilerle tanışmış ve dostluk kurmuştu".

Halley bir yıldan biraz fazla bir süreyi yurtdışında geçirdi; bu o dönemde yapılan Büyük Avrupa turlarına oranla oldukça kısa sayılabilecek bir süreydi. Acele etmesinin nedeni babasının o esnada tam düğün tarihini bilmesek de yeniden evlenmiş olması olabilir. Halley'in özel yaşamı hakkında ne kadar az bilgi sahibi olduğumuzun bir göstergesi de, 20 Nisan 1682'de gerçekleşen kendi düğününün tarih kayıtlarında birdenbire karşımıza çıkmasıdır. Halley'in eşinin Mary Tooke olduğunu ve törenin Londra Duke Place'teki St. James Kilisesinde gerçekleştiğini biliyoruz. Çiftimiz (görünüşe göre mutlu bir şekilde) 50 yıl beraber yaşadı ve üç çocuğa sahip oldu. Küçük Edmond 1698 yılında doğdu, donanmada cerrahlık yaptı ve babasından iki yıl önce öldü. İki kız çocuğu birbirleriyle aynı yılda, 1688'de doğdular ama ikiz değildiler. Margaret hiç evlenmedi, Catherine ise iki kez evlendi. Bebekken ölen başka çocukların da olması muhtemeldir. Halley'in ailesi hakkında tüm bildiğimiz bundan ibarettir.

Evlenmesinin ardından Halley yaşamını Islington'da sürdürdü ve sonraki iki yıl boyunca boylam tespitinde ay yönteminin kullanılması için (nihayet) referans veriler elde etme amacıyla ay üzerinde ayrıntılı gözlemler gerçekleştirdi. Bu çalışma ayın ardalanındaki yıldızlara karşı bir dönüş turunu tamamlaması için gerekli olan en az 18 yıllık bir gözlem çabasını zorunlu kılıyordu. Ama 1684 yılında babasının ölümüyle Halley'in tüm planları alt üst oldu ve proje başka şeylerin öne geçmesiyle yıllar boyunca bir kenara bırakıldı.

Halley'in babası 5 Mart 1684 Çarşamba günü evinden yürüyerek çıktı ve bir daha hiç dönmedi. Çıplak bedeni beş gün sonra Rocheste yakınlarındaki bir nehirde bulundu. Resmi hüküm bunun bir cinayet olduğu yönündeydi, ancak katil bulunmadı ve eldeki kanıtlar bir intiharla da örtüşüyordu. Halley'in babası arkasında herhangi bir vasiyetname bırakmaksızın ve ikinci karısının müsrifliği sonucu serveti önemli ölçüde azalmış bir biçimde öldü.

Halley ile üvey annesi arasında her iki tarafın da mülkler üzerinde hak iddia ettiği oldukça pahalıya patlayan bir yasal mücadele başladı. Bu olaylar sonucunda Halley'in sefalet derecesinde bir fakirliğe düştüğü kesinlikle söylenemez; kendi malı mülkü zaten vardı ve karısı da beraberinde yüklü bir çeyiz getirmişti. Öte yandan yaşam koşulları 1686 yılında, yasalar maaşlı memurların üye olmasını yasakladığı için Kraliyet Derneğinden istifa ederek ücretli bir memuriyete başlamasını zorunlu kılacak ölçüde değişti. Geçici bir sıkışma olmuş olsa bile ancak paraya ihtiyaç duyması sonucunda bu tür bir eyleme girişmesi beklenebilir.

Halley'in özel yaşamı gibi tüm Avrupa da 1680'lerin ortasında bir altüst oluş yaşamaktaydı. Fransa'da Nantes Fermanı 1685'te iptal edilmiş, biraz daha uzakta da Türk orduları bu dönemde Viyana, Buda ve Belgrad kapılarına dayanmıştı. İngiltere'de II. Charles ölmüş ve ardından tahta katolik kardeşi II. James geçmişti. Tüm bunlar yaşanırken Halley'in, bugün bilim tarihinde en önemli kitap olarak değerlendirilen Isaac Newton'ın *Principia*'sıyla ilişkisi doğdu.

Daha önce 1684'ün Ocak ayında Kraliyet Derneğinde yapılan bir toplantının ardından Halley, Christopher Wren ve Robert Hooke ile gezegenlerin yörüngeleri konusunda bir tartışmaya girmişti. Gezegenlerin yörünge hareketlerinin arkasında kütleçekimin ters kare yasası fikrinin olduğu, o dönemde bile bilinmez değildi. Bu fikrin kökeni en azından Christiaan Huygens'in dairesel bir yörüngede hareket eden bir cisim üzerinde uygulanan dışa doğru (merkezkaç) kuvveti hesapladığı 1673 yılına ve Hooke'un da birazdan bahsedeceğimiz Newton'la yazışmalarında bu yönde yorumlara yer verdiği 1674 sonrasına dek uzanır. Wren de 1677 yılında Newton'a bu fikirlerden bahsetmiştir. Üç dernek üyesi Kepler'in hareket yasalarının, gezegenleri güneşin dışına "ittiren" merkezkaç kuvvetin gezegenlerin güneşten uzaklıklarının kareleriyle ters orantılı olması gerektiğine ve bu yüzden gezegenlerin yörüngelerinde kalabilmeleri için güneş tarafından merkezkaç kuvveti geçersiz kılmaya denk bir kuvvetle çekilmeleri gerektiğine işaret ettiği konusunda hemfikir olmuşlardır.

Peki, bu ters kare yasasının kaçınılmaz bir sonucu muydu? Bu yasa eşsiz bir biçimde gezegenlerin eliptik yörüngeler izlemesini *zorunlu* kılıyor muydu? Bunu matematiksel açıdan kanıtlamak onların sahip olduğu geleneksel tekniklerle korkunç şekilde zor-

du ve Halley ile Wren bu işin kendilerini aştığını itiraf etmeye hazırdılar. Ancak Hooke diğer ikisine kendisinin ters kare yasası varsayımından yola çıkarak gezegenlerin hareket yasalarının tümünü çıkarsayabileceğini söyledi. Diğerleri bu konuda kuşku duymaktaydı ve Wren, Hooke'a eğer ispatı iki ayda tamamlarsa 40 şilin değerinde bir kitap hediye etmeyi vaat etti.

Hooke ispata ulaşmayı başaramadı ve Halley cinayetin (veya intiharın) ardından babasının işlerini düzene koyma amaçlı karmaşık konulara boğulduğu için tartışma ortada kaldı. Halley'in 1684 yazında önce Peterborough'daki akrabalarını, ardından yola çıkmışken aynı yılın Ağustos ayında Cambridge'teki Newton'ı ziyaret etmesi muhtemelen bununla bağlantılı olsa gerektir. Elimizde bunun (bu yönde yaratılan mitlere karşın) Kraliyet Derneği adına resmi bir ziyaret olduğu yönünde herhangi bir kanıt yok, sadece ikinci dereceden bir kanıt olarak Halley'in aile işleri nedeniyle o bölgedeyken bu ziyareti gerçekleştirdiği gerçeği var. Halley'in Newton'la kuyrukluyıldız hakkında mektuplaşmış olduğu ise kesindir, 1682'de buluşmuş olmaları da olasıdır; dolayısıyla olanak doğduğunda Cambridge'i ziyaret etme fırsatını kullanması doğaldır. Her durumda Halley'in Newton'ı ziyaretinde ikilinin gezegen yörüngeleri ve ters kare yasası üzerine konuştuklarına şüphe yoktur. Tam olarak ne yaşandığını Newton daha sonra matematikçi arkadaşı (göçmen değil, Fransız protestanlarından) Abraham De Moivre'ye anlatır:

> 1684 yılında D^r^ Halley onu Cambridge'te ziyarete gelir, bir süre beraber vakit geçirdikten sonra D^r^ ona güneşe doğru olan çekim kuvvetinin ondan uzaklığın karesine ters orantılı olduğunu varsayarsak gezegenlerin sergileyeceği eğrinin ne olacağını düşündüğünü sorar. S^r^ Isaac ona derhal bunun elips olacağı cevabını verir, D^r^ sevinç ve hayrete kapılarak bunu nasıl bildiğini sorduğunda o hesapladım yanıtını verir, bunun üzerine D^r^ Halley ondan daha fazla ertelemeden hesaplamayı vermesini ister, S^r^ Isaac kâğıtlarına bakar ama bulamaz, ancak ona yeniden yapma ve ardından kendisine gönderme sözünü verir.[7]

[7] Joseph Halle Schaffner Koleksiyonundaki bir elyazmasından, Chicago Üniversitesi Kütüphanesi.

Newton'ın gelmiş geçmiş en büyük bilim insanı olarak bilinmesini sağlayan *Principia*'yı yazmasına bu karşılaşma vesile olmuştur. Öte yandan bu kitapta bahsettiği hemen hemen her şey yıllar önce yapılmış ve 1684'te Cambridge'te gerçekleşen bu mutlu karşılaşmaya dek kamuoyu değerlendirmesinden saklı tutulmuştur. Bunu bilim insanlarının fikirlerini basmak ve önceliği elde etmek için birbirleriyle yarıştığı günümüzde anlamak zor gelebilir; ancak Newton'ın yetişme tarzı ve geçmişine bakıldığında sahip olduğu bu gizemli ketumluk biraz daha anlaşılır hale gelir.

Newton'ın Gençliği

Isaac Newton baba tarafından, maddi anlamda durumunu düzeltmiş ancak herhangi bir entelektüel başarı iddiasına sahip olmayan bir çiftçi ailesinde dünyaya geldi. Dedesi Robert Newton 1570 yılları civarında doğdu ve kendisine Lincolnshire'daki Woolsthorpe'da bir çiftlik arazi miras kaldı. Bu çiftlikten o kadar zenginleşti ki 1623'te Woolsthorpe tımarını satın aldı ve derebeyi ünvanını elde etti. Modern kulaklarda tınısı pek etkileyici olmasa da, bu Newton ailesinin sosyal basamaklarda yükselmesi açısından önemli bir adımdı ve Robert'ın oğlu Isaac'ın (1606 doğumlu) o dönemin kayıtlarında "beyefendi" olarak tanımlanan James Ayscough'un kızı Hannah Ayscough'la evlenebilmesinde önemli bir rol oynadı. Nişan 1639 yılında yapıldı. Robert, Isaac'ı sahip olduğu tımarın beyliği dahil tüm mülkünün varisi ilan etti; Hannah da yıllık 50 pound değerinde bir mülkü çeyizi olarak yanında getirdi. Ne Robert Newton ne de oğlu Isaac hiç okuma yazma öğrenmediler ama Hannah'ın erkek kardeşi William Burton Coggles yakınlarındaki bir köyde yaşamayı tercih etmiş Cambridge mezunu bir rahipti. Isaac ile Hannah'ın evliliği Robert Newton'ın ölümünden altı ay sonra, 1642 yılında gerçekleşti; evlilikten altı ay sonra Hannah hamileyken Isaac öldü, Noel gününde doğan bebek de kaybettiği babasının adı olan Isaac ismiyle vaftiz edildi.

Birçok popüler tarih metninde Isaac Newton'ın 1642'de, tam da Galileo'nun öldüğü yılda doğmuş olması tesadüfüne dikkat çekilir. Aslında bu tesadüf kaynağını iki farklı takvim sisteminin kullanılmasından alan bir hataya dayanmaktadır. Galileo İtalya

ve diğer katolik ülkelerde kullanılmaya başlanmış olan gregoryen takvime göre 8 Ocak 1642 tarihinde öldü. Isaac Newton ise halen İngiltere'de ve diğer protestan ülkelerde kullanılmakta olan jülyen takvimi uyarınca 25 Aralık 1642'de doğdu. Bugün kullandığımız gregoryen takvime göre Newton 4 Ocak 1643'te doğmuş, jülyen takvime göre ise Galileo 1641'in tam sonunda ölmüştür. Her iki halde de, iki olay aynı takvim yılında gerçekleşmemiştir. Öte yandan Newton'ın doğum tarihini modern takvim uyarınca 4 Ocak 1643 olarak almanın doğurduğu gerçekten de dikkate değer bir tesadüf söz konusudur. Bu durumda *De Revolutionibus*'un basımından tam 100 yıl sonra doğmuş demektir ve bu Rönesansın parçası olduktan sonra bilimin ne kadar hızlı ilerleyerek kurumlaşmış olduğunun bir göstergesidir.

Daha önce bahsettiğimiz gibi İngiliz İç Savaşı çok sayıda kişinin yaşamını altüst etmesine karşın Lincolnshire'ın sakin yaşamı üzerinde sonraki birkaç yıl boyunca fazla bir etkide bulunmadı ve üç yıl boyunca Isaac Newton dul kalmış annesinin kendisinin üzerine titreyen ilgisinin hazzını yaşadı. Tam da yaşananların farkına varmaya başladığı 1645 yılında annesi yeniden evlendi ve Isaac anne tarafından büyükanne ve büyükbabasının yanına gönderildi. Bu kadar hassas bir yaşta deyimin gerçek anlamıyla ana kucağından koparılarak çok daha hoşgörüsüz bir çevrenin içerisine fırlatılmış olması onda yaşamı boyunca kanayacak bir yaraya sebep oldu. Hannah aslında bilinçli bir şefkat göstermeme amacı gütmekten ziyade sadece olanaklarını değerlendiriyordu.

O dönemde "beyefendilerin" ailelerinde gerçekleşen evliliklerin çoğu gibi (buna Hannah'ın ilk evliliği de dahildir) bu ikinci evlilik de bir aşk evliliği değil, daha çok ticareti andıran bir ilişkiydi. Hannah'ın yeni kocası 63 yaşında bir dul olan Barnabas Smith yeni bir eşe ihtiyaç duyuyordu ve Hannah'yı eldeki adaylar içerisinden seçti (Woolsthorpe'ye üç kilometre kadar uzaktaki North Witham bölgesinin dinsel ve idari yöneticiliğini yapan rektörüydü). Anlaşmanın ticari yanı annesinin yeni evinden uzakta yaşaması şartıyla rektörün belli bir toprak parçasını genç Isaac'ın üzerine geçirmesini içeriyordu. Böylece Hannah North Witham'a taşındı ve 1653 yılında Barnabas Smith ölmeden önce burada iki kız ve bir erkek çocuğu dünyaya getirdi. Isaac ise yalnız bir çocuk

olarak karakterini biçimlendiren sekiz yılını kendisine özel bir sevgi göstermeyen, kurallara bağlı ve sert davranan (1609 yılında evlenmiş olduklarına göre onlar da en az Hannah'ın yeni kocası kadar yaşlı olsalar gerek) yaşlı büyükbaba ve büyükannesinin yanında geçirdi.

Bunun kötü yanı çok açık; yaşadığı çocukluk Isaac'ın kendi iç dünyasını kimseye açmayan ve çok az arkadaş edinen oldukça yalnız bir birey olarak gelişiminde belirleyici bir rol oynadı. Öte yandan iyi yanı eğitim alması oldu.[8] Babası yaşıyor olsaydı Isaac Newton kesinlikle onun izinden giderek çiftçilikle uğraşırdı; ancak Ayscough ailesi açısından doğal olan, oğlanı okula göndermekti (elbette bu ayakaltında dolanmasından kurtulmanın bir yolu olarak da düşünülmüş olabilir). Annesi ikinci kez dul kalınca 10 yaşındaki Isaac tekrar anne evine dönse de tohum ekilmişti bir kez ve 12 yaşına geldiğinde bu kez Woolsthorpe'den yaklaşık 8 kilometre uzaktaki Grantham'da bulunan ortaokulda okumaya gönderildi. Oradayken eşinin Humphrey Babington adında bir erkek kardeşi olan Mr. Clark adlı bir eczacının aile evinde pansiyoner olarak kaldı. Humphrey Babington Cambridge'teki Trinity College'in bir üyesiydi ancak rektörlük yaptığı için zamanının çoğunu Grantham yakınlarındaki Boothby Pagnall'da geçiriyordu.

Isaac okulda fazla arkadaşa sahip olmamasına karşın iyi bir öğrenciydi, ayrıca maket yapımında (Hooke'un yeteneğini hatırlatır şekilde) alışılmadık bir beceri gösteriyordu. Yaptığı aletler arasında (onlara oyuncak demek yetersiz kalırdı) çalışan bir yel değirmeni maketinin yanı sıra; kayıtlara geçen ilk UFO paniğini yaratan, kâğıttan bir fener takılmış geceleyin uçabilen bir uçurtma da vardı. Klasikler, latince ve yunanca ağırlıklı düzgün bir

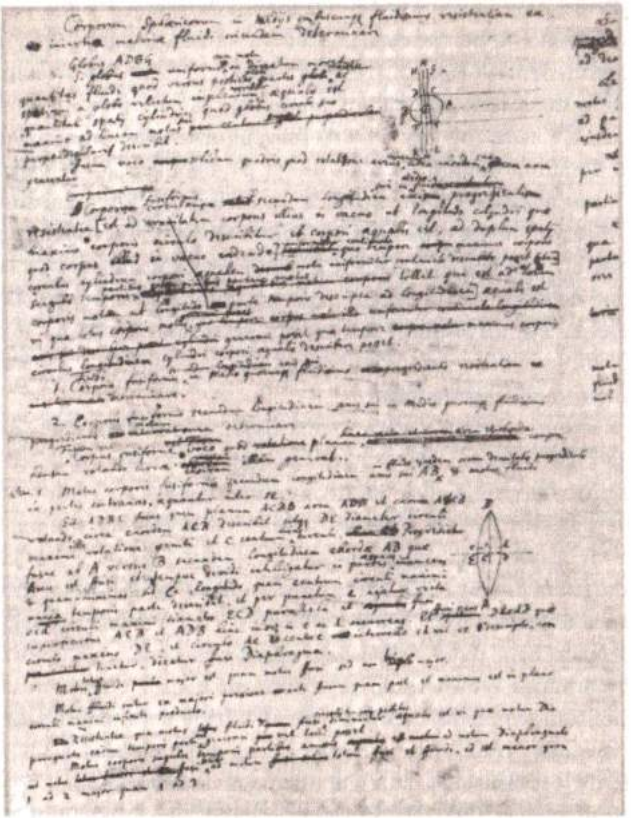
[8] Daha uzun vade açısından da mali güvence sağlama yönünden getirisi oldu; (annesi üzerinden) babasının mülkleri kendisine miras kaldığı gibi, Hannah'ın kendi ailesinden aldığı mirasın bir bölümünün yanı sıra Barnabas Smith'in azımsanamayacak mülklerinden de bir miras payı aldı. Isaac Newton'ın 21 yaşına geldikten sonra bir daha hiç para kaygısı gütmesi gerekmedi; ayrıca Hannah'la yaptığı evlilik sözleşmesinin gereği olarak Barnabas Smith'in ona devrettiği toprak gelirlerini de elde etti.

eğitim almasına rağmen Newton'ın annesi onun belli bir yaşa gelince aile çiftliğinin yönetimini devralmasını bekliyordu, bu yüzden de 1659 yılında toprağın nasıl yönetileceğini (pratik deneyim yoluyla) öğrenmesi için okuldan alındı. Sonuç felaket oldu. Tarlalarda okumak için yanında taşıdığı kitaplara çiftlik hayvanlarından daha fazla ilgi duyan Newton hayvanlarının başka çiftçilerin ürünlerine zarar vermesine izin verdiği için birkaç kez cezalandırıldı. Onun tarımsal görevler söz konusu oldu mu yaşadığı dalgınlıklara ilişkin çok sayıda öykü, geçen yıllar içerisinde ballandırılarak aktarıldıkları kesin olsa da günümüze dek ulaştı. Isaac (belki de biraz bilinçlice) bu alandaki kabiliyetsizliğini gösterirken, Hannah'ın Cambridge mezunu erkek kardeşi William, genç adamın yatkın olduğu yönde ilerlemesi ve üniversiteye gitmesine izin vermesi için kızkardeşini sıkıştırıyordu. Kardeşinin ikna ediciliği ile Isaac'ın çiftliğinde yarattığı kargaşanın bileşkesi, durumu gönülsüzce de olsa kabul etmesini sağladı ve 1660'da (Restorasyon yılında) Isaac Cambridge'e kabul edilmek için hazırlanmak üzere okula döndü. Humphrey Babington'un tavsiyesi (ve kuşku yok ki kısmen de etkisi) sayesinde 8 Temmuz 1661 tarihinde Trinity College'e yazıldı. O sırada 18 yaşındaydı; bugün insanların üniversiteye başlama yaşı bu olmasına rağmen 14 veya 15 yaşında yanlarında bir hizmetliyle üniversiteye başlamanın olağan olduğu 1660'larda Cambridge'e giren genç beyefendilerin çoğundan biraz daha yaşlıydı.

Bir hizmetliye sahip olma olanağından çok uzak olan Isaac bizzat başkasının yanında hizmetli olmak durumundaydı. Annesi halen boş yere masraf olarak gördüğü bu maceraya en alt harcama sınırından daha fazla bir ödeme yapılmasına müsamaha göstermiyordu, bu yüzden kendi yıllık geliri o dönemde 700 poundu aşmasına rağmen Isaac'a yılda sadece 10 pound gönderdi. O dönem bir öğrencinin (*subsizar* adı verilen) hizmetlisi olmak oldukça nahoş bir işti ve efendisinin lazımlığını boşaltmak gibi görevleri de içeriyordu. Sosyal açıdan da belirgin bir negatif çağrışıma sahipti. Newton bu açıdan şanslıydı (veya açıkgözdü diyelim); resmi olarak Humphrey Babington'un öğrencisiydi ama Babington nadiren okula uğruyordu ve Isaac'la efendi-uşak

ilişkisini çağrıştırmayan bir arkadaşlık kurmuştu. Buna karşın muhtemelen ikinci dereceden statüsü ve kesinlikle de içedönük yapısı nedeniyle Newton 1663 yılı başında Nicholas Wickins'le tanışıp dost oluncaya kadar Cambridge'te çok kötü bir dönem geçirmişe benziyor. Her ikisi de mevcut erkek oda arkadaşlarından memnun değildi ve aynı odayı paylaşmaya karar verdiler ve bunu sonraki 20 yıl boyunca en dostane şekilde sürdürdüler. Newton büyük olasılıkla bir homoseksüeldi; bu ilişkilerin fiziksel bir yön taşıyıp taşımadığı yönünde kanıt olmasa da (aksi yönde de kanıt yoktur) yakın ilişki kurduğu kişiler hep erkeklerden oldu. Bunun bilimsel çalışmaları açısından bir önemi yoktur ama bilinmezlerle dolu kişilik yapısını anlamak için bir başka ipucu niteliği taşımaktadır.

Newton'ın bilimsel yaşantısına başlaması her nasılsa Cambridge müfredatını bir kenara bırakıp istediğini (Galileo ve Descartes'ın çalışmaları dahil) okumaya başlamaya karar vermesiyle başladı. 1660'lı yıllarda Cambridge akademik yönden üstün bir başarı merkezi olmaktan çok uzaktı. Oxford'la karşılaştırıldığında oldukça geri kalmış durumdaydı ve Oxford'un aksine Greshamlılarla yakın ilişkide olmaktan da faydalanmış değildi. Derslerde hâlâ daha Aristoteles ezberletiliyordu ve Cambridge eğitimi ancak iyi bir rahip veya kötü bir doktor olmayı hedefleyenler için uygun sayılabilirdi. Ancak ileride neye dönüşeceğinin ilk ipucunu, 1663 yılında Henry Lucas'ın Cambridge'e bir matematik profesörlüğü kürsüsü için, üniversitedeki ilk bilimsel profesörlük (ve 1540'tan bu yana herhangi bir alanda açılan ilk yeni kürsü) için gereken bağışı yapması sağladı. Lucas matematik kürsüsünün ilk sahibi daha önce Yunanca profesörü olan (o dönemde Cambridge'te bilimin tuttuğu yer konusunda fikir veren bir durum) Isaac Barrow oldu. Bu atama, birincisi Barrow matematik dersleri verdiği için (1664 yılında verdiği ilk dönem dersleri Newton'ın bilime ilgisini canlandırmış olabilir) ve ikincisi daha önce bahsettiğimiz gibi beş yıl sonra kürsüden ayrıldığında olacaklar yüzünden iki açıdan önem taşımaktaydı.



18. *Newton'ın çalışmasından bir sayfa.*

Newton daha sonra bu konuda yazdıklarına göre 1663 ile 1668 yılları arasında geçen bu beş yılda kendisini şimdi üne kavuşturan çalışmaların çoğunu gerçekleştirdi. Hooke'la ünlü kavgasına sebep olan ışık ve renk konusundaki çalışmalarından zaten bahsetmiş oldum. Ancak çalışmalarının bağlam yönünden anlatılması gereken iki kilit konusu daha var: Newton'ın (kendisinin fluksiyonlar [akış] adını verdiği) kalkülüs olarak bilinen matematik tekniklerini icat edişi ve *Principia*'nın basımına götüren kütleçekim konusundaki çalışmaları.

Harekete geçiren şey tam olarak nedir bilinmez ama 1664 yılına gelindiğinde Newton artık Cambridge'te daha uzun süre kalmayı isteyen hevesli bir öğrenciydi. Bunu yapmanın yolu önce öğrencilerin alabileceği az sayıdaki burstan birine hak kazanmaktan ve bundan birkaç yıl sonra da okulda öğretim üyeliğini kazanmaktan geçiyordu. Belirlenmiş müfredat programını takip etmeyi başaramamasına rağmen artık okulun kıdemli öğretim üyelerinden biri olmuş Humphrey Babington'un etkisi sayesinde 1664 yılının Nisan ayında hedefindeki ilk temel adımı atmayı başardı. Burs kişisel geçimine ancak yetecek düzeyde bir gelir sağlamasına karşın alnına yazılı *subsizar* damgasını silme şansı verdi. Bununla da kalmadı, 1665 Ocak'ında otomatik olarak lisans derecesini aldıktan sonra (o dönemde Cambridge'e kapağı bir kez atmışsanız –çok sayıda öğrenci gibi– kendiniz okulu bırakmayı seçmemişseniz bitirme hakkı kazanmamanız olanaksızdı) 1668 yılında yüksek lisans derecesini alana dek Newton'a evde oturup istediği konuyu çalışma olanağı sağladı.

Kalkülüsün Gelişimi

Newton elindeki proje ne olursa olsun ona tüm bedeni ve ruhuyla sarılan takıntılı bir karakterdi. Çalışırken veya deney yaparken yemek yemeyi ve uyumayı unuturdu; optik konusunda çalışırken güneşe neredeyse gözü kör olacak uzunlukta bakmış ve oluşacak renkli görüntüleri incelemek için gözünün çeşitli kısımlarına çuvaldız (şişman, küt ve büyük gözlü bir iğne) batırmış, kendi bedeni üzerinde cidden tehlikeli deneyler yapmıştı. İster Kraliyet Darphanesindeki görevinde, isterse Hooke ve Gottfried Leibniz gibi kalkülüsün diğer mucitleriyle kavgalarında olsun, aynı takıntılı ruh hali sonraki yaşamında da sıklıkla karşımıza çıktı. Nasıl fikrin ilk olarak 1660'lı yılların ortasında Newton'dan çıktığı konusunda hiç kuşku yoksa da, (1646–1716 yılları arasında yaşamış) Leibnitz'in bir süre sonra (Newton'ın çalışmasından kimseye bahsetme zahmetine girmediği koşullarda) ondan bağımsız olarak aynı fikre ulaştığına hakeza Leibnitz'in daha anlaşılır bir versiyonla ortaya çıktığına ilişkin de hiç kuşku yoktur. Matematiksel ayrıntılara girme niyetinde değilim; kalkülüsteki anahtar nokta,

bir gezegenin yörüngesindeki konumu gibi zaman ilerledikçe değişkenlik gösteren şeylerin, bilinen bir başlangıç noktasından yola çıkarak tam olarak hesaplanmalarını sağlamasıdır. Newton-Leibnitz tartışmasının tüm ayrıntılarını ele almak usandırıcı olur; burada önemli olan on yedinci yüzyılın ikinci yarısında kalkülüsü geliştirmiş ve on sekinci ve sonraki yüzyılların bilim insanlarına değişimin gerçekleştiği süreçleri ele almak için gereken matematiksel araçları sağlamış olmalarıdır. Basit ifadesiyle modern fizik bilimi kalkülüs olmaksızın var olamazdı.

Newton'ın bu matematik yöntemlerini geliştirme yolundaki büyük sezgisi ve kütleçekim araştırmasının başlangıcı Cambridge'teki rutin hayatın veba tehlikesi nedeniyle kesintiye uğradığı bir dönemde gerçekleşti. Mezuniyeti üzerinden henüz fazla zaman geçmemişken veba salgınından korunmak amacıyla üniversite geçici olarak kapatılarak öğrenci ve eğitmenler dağıtıldı. Newton 1665 yazında Lincolnshire'a dönerek 1666 Martına dek orada kaldı. Ardından Cambridge'e dönüş güvenli gözüktü ama sıcak havaların başlamasıyla veba salgını bir kez daha patlak verdi ve Haziran'da tekrar şehir dışına çıkarak salgının sona erdiği 1667 yılının Nisan ayına dek Lincolnshire'da kaldı. Newton Lincolnshire'da geçirdiği zamanı Woolsthorpe ile bölge papazlığı yapan rektör Babington'un Boothby Pagnell'deki konutu arasında paylaştırdı, dolayısıyla ünlü elma olayının burada gerçekleştiğine (Newton'ın bu iddiası doğruysa) kuşku yoktur. Kesin olan şu ki, Newton'ın yarım yüzyıl sonra kaleme aldığı ifadeyle "o dönemde ben keşfetme çağımın doruğunu yaşamaktaydım ve matematik ve felsefeye daha sonra hiç ulaşamadığım ölçüde kafa yoruyordum." Bu esin döneminin ortasında, 1666 yılı sonunda Newton yirmi dördüncü yaşına giriyordu.

Newton'ın sonraki aktarımına göre bu veba yılları esnasında ağaçtan düşen bir elma görür ve eğer dünyanın kütleçekim kuvvetinin etkisi ağacın tepesine kadar uzanıyorsa, bunun aya kadar da uzanıp uzanamayacağını düşünür. Ardından yaptığı hesaplamalarla hem ayı yörüngesinde tutmak için gereken kuvvetin hem de elmanın ağaçtan düşmesini sağlamak için gereken kuvvetin, eğer kuvvet bir bölü dünyanın merkezinden uzaklığın karesi oranında azalırsa, her ikisinin de dünyanın kütleçekimiyle açıklanabileceği

sonucuna ulaşır. Newton'ın dikkatli bir biçimde işleyerek yaptığı ima, kendisinin ters kare yasasını 1666 yılında Halley, Hooke ve Wren arasındaki tartışmadan çok önce keşfetmiş olduğudur. Oysa Newton tarihi kendi çıkarları gereğince yeniden yazmanın ustalarından birisidir ve ters kare yasası onun hikâyesinde ortaya atıldığından çok daha tedrici bir biçimde ortaya çıkmıştır. Newton'ın o tarihlerdeki yazılı notlarında veba yıllarında ay ve kütleçekimiyle ilgili yaptığı hiçbir çalışma olmaması bunun yazılı kanıtıdır. Kütleçekim üzerine düşünmesini başlatan şey dünyanın kendi ekseni etrafında döndüğü fikrine muhalif olanların kullandığı, eğer dönüyor olsaydı bu ilelebet sürmez ve dünya merkezkaç kuvvet yüzünden uzağa uçar biçimindeki eski gerekçedir. Newton bu dışa dönük kuvvetin dünya yüzeyi üzerindeki etkinliğini hesapladı ve bunu kütleçekimin ölçülmüş olan etkinliğiyle karşılaştırdı. Sonuçta dünya yüzeyindeki kütleçekimin dışa dönük kuvvetten yüzlerce kez daha büyük olduğunu ve dolayısıyla da bu argümanın yanlış olduğunu gösterdi. Sonrasında Cambridge'e döndükten sonra (ama kesinlikle 1670'ten önce) yazdığı bir belgede bu kuvvetleri "ayın dünyanın merkezinden uzaklaşma gayretiyle" karşılaştırdı ve *dünya yüzeyindeki* kütleçekimin ayın kendi yörüngesinde hareket etmesine uygun düşen dışa dönük (merkezkaç) kuvvetten yaklaşık 4000 kat daha büyük olduğunu buldu. Bu dışa dönük kuvvetin dünyanın kütleçekim kuvvetini dengelemesi ancak kütleçekim bir ters kare yasasına uygun olarak azalırsa mümkündü, ancak Newton bunu o dönem açık bir şekilde ifade etmedi. Ama yine de Kepler'in yasalarından yola çıkarak yörüngedeki gezegenlerin "güneşten uzaklaşma gayretlerinin" güneşten uzaklıklarının karesiyle ters orantılı olduğunu not etti.

1670 yılında bu kadar ilerlemiş olması Newton'ın daha sonra ince ince işlediği efsane kadar etkileyici olmasa bile yine de çok etkileyicidir. Ayrıca bu dönemde henüz 30 yaşına ulaşmamışken ışık ve kalkülüs üzerine çalışmalarını esasen tamamlamış olduğunu hatırlayınız. Kütleçekim araştırması ise Newton yeni bir tutkuya, bu kez simyaya yelken açtığı için arka koltuğa atılmıştır. Sonraki iki on yıl boyunca Newton bugün bizim büyük saygı duyduğumuz tüm bilimsel çalışmalarına harcadığından çok daha fazla zaman ve emeği simyaya hasretti ama şüphesiz bu tamamen

çıkmaz bir yol olduğu için burada bu çalışmaya ayrıntılı bir yer vermiyoruz.[9] Trinity College'daki konumuyla ilgili ve alışılmışın dışındaki dinsel görüşleriyle bağlantılı olaylar gibi başka dikkat dağıtıcı gündemlere de sahipti.

1667 yılında Newton Trinity'de kıdemsiz bilim üyeliğine seçildi, 1668'de yüksek lisans sahibi olunca bu otomatik olarak kıdemli bilim üyeliğine çevrildi. Bu gelişme ona istediğini yapabileceği bir yedi yıl daha verirken aynı zamanda geleneksel dine bağlılık sözü vermesini de gerektiriyordu. Bilim üyeliğine kabul edilirken tüm yeni üyeler şu yemini etmek zorundaydı: "Çalışmalarımın gayesi olarak teolojiyi esas alacak ve bu kanunlarca buyrulan zaman geldiğinde kutsal emirlere uyacak, aksi halde kolejden istifa edeceğim." Sorun Newton'ın Ariusçu olmasıydı.[10] Bruno'nun aksine inançları yüzünden kazığa oturtulmaya hazır değildi belki ama kutsal emir gereği Teslis inancına sahip olduğuna yemin ederek geri adım atmaya da hazır değildi. On yedinci yüzyıl sonunda İngiltere'de Ariusçu olmak çok büyük bir suç değildi belki ama açığa çıkarsa da Newton'ı kamu görevleri üstlenmekten ve adını kutsal üçlemeden alan Trinity gibi bir üniversiteden mutlak surette uzaklaştırırdı. İçe dönük ve kapalı bir insan olmasının nedenlerinden bir diğeri de buydu. 1670'li yılların başında Newton belki de bir çıkar yol bulma arayışıyla uzun dönemli bir başka takıntı daha geliştirdi ve kapsamlı teoloji araştırmaları yapmaya başladı (simya çalışmaları da bir yandan sürdüğüne göre 30'undan sonra bilim alanında yeni şeyler üretmemesinin bir diğer açıklaması da budur). Yine de onu kurtaran tüm bu çabası değil, Henry Lucas'ın kendi adını taşıyan kürsü için ender rastlanan bir koşul öne sürmesi oldu.

Newton 1669 yılında henüz 26 yaşındayken Barrow'dan sonraki Lucas profesörü oldu. Üniversitenin tüm geleneklerine ay-

---

[9] Newton'ın yaşamındaki bu yöne odaklanan popüler bir aktarım için Michael White'ın kaleme aldığı *Isaac Newtbn: the last sorcerer [Isaac Newton: Son Büyücü]* kitabına bakınız.

[10] Newton dördüncü yüzyılda yaşamış olan İskenderiyeli Arius'un öğretisinin takipçisiydi. Ariusçuluk Tanrının tek olduğunu ve bu yüzden İsa'nın da gerçek manasıyla tanrısal olmadığını söylüyordu. Bu görüş Kutsal Teslis temelinde kurulmuş bir kilise açısından kâfirlikten başka bir anlam taşımıyordu.

kırı olarak öne sürülen koşul, bu kürsüye sahip olacakların kilisede Cambridge dışında ikamet etmelerini veya "ruhların iyi edilmesini" gerektiren bir makamı kabul etmelerini yasaklamasıydı. 1675 yılında bu koşulu gerekçe olarak kullanarak Newton (artık Trinity'nin dekanı olmuş) Isaac Barrow'dan tüm Lucas profesörlerinin kutsal emirleri yerine getirme gerekliliğinden hariç tutulması için krala başvurma izni kopardı. (Newton'ın yansıtmalı teleskobu ve ışık çalışması sonucu ün kazandığı) Kraliyet Derneğinin hamisi, aynı zamanda bilime büyük bir ilgi duyan II. Charles "bahsi geçen profesörlüğe seçilecek ve seçilmiş tüm âlim kişilere tam teşvik sunmak için" daimi muafiyet bağışladı. Newton güvenliğini sağlamıştı; kralın ilan ettiği muafiyet sayesinde hem kutsal emirleri yerine getirmek zorunda kalmayacak hem de üniversite bilim üyelerinin ilk yedi yıl bitince ayrılmaları kuralından muaf kalabilecekti.

Hooke ile Newton'ın Kavgası

Cambridge'teki geleceğiyle ilgili tüm bu sıkıntıların ortasında Newton Hooke'la 1675'te "Devlerin omuzlarında" sonuçlanacak olan ışık kuramı alanındaki öncelik tartışmasına girdi. Şimdi artık Newton'ın sinirli halinin nedenini anlayabiliriz; Cambridge'teki konumuyla ilgili duyduğu kaygı Hooke'a karşı nazik davranma endişesinden çok daha baskındı. İronik bir biçimde Newton kütleçekim konusundaki fikirlerinin devamını getirmekten alıkonmuş haldeyken 1674 yılında Hooke yörünge hareketi sorununun esasını çözdü. O yıl basılan bir bilimsel eserinde ay gibi bir cismi yörüngesinde tutmak için bazıları içe bazıları dışa doğru iten bir kuvvetler dengesi olması gerektiği fikrini bir kenara attı. Yörünge hareketinin arkasında, ayın doğrusal bir çizgide hareket etmesi eğilimiyle beraber onu dünyaya doğru çeken *tek bir* kuvvetin olduğunu fark etti. Newton, Huygens ve herkes hâlâ birbirine benzer ifadelerle bir "merkezden uzağa gitme eğiliminden" bahsediyordu ve ima edilen, Newton'ın o döneme kadar olan çalışmasında bile şeyleri dışa doğru hareket etme eğilimlerine rağmen tekrar yörüngelerine iten Descartes'ın türbülanslı burgaçlarına benzer şeylerin varlığıydı. Hooke bu burgaç fikrini de bir kenara atıp bugün "uzaktan etkime"

adını verebileceğimiz, kütleçekimin ay veya diğer gezegenleri çekmek üzere *boş* uzaya dek ulaşabileceği fikrini ileri sürdü.

1679 yılında, ilk tartışmalarının tozu dumanı hafifledikten sonra Hooke Newton'a yazarak (basılmış olan) bu fikirleri hakkındaki görüşünü istedi. Newton'ı (üzerine hiçbir yorum yapılmadan derhal Newton'ın sonraki tüm kütleçekim çalışmalarına giren) uzaktan etkime fikri ve yörüngenin kütleçekimin büktüğü düz bir doğru olduğu fikriyle tanıştıran kişi Hooke oldu. Newton konuya girme konusunda tereddütlüydü ve Hooke'a şöyle yazdı:

> Son birkaç yıldır felsefeden diğer çalışmalara yönelmek için o kadar çok çaba harcadım ki, sizin çalışmanıza zaman harcama konusunda da istekli değilim... Bu konulara kendimi hasretme hususunda geri kalmış olmam umarım size veya K. Derneğine bir nezaketsizlik olarak algılanmaz.

Buna rağmen Newton dünyanın dönme hareketini sınamak için bir yol önerdi. Geçmişte yeterince uzun bir kuleden bir cisim atılırsa dünyanın dönme hareketinin ortaya çıkacağı, çünkü cismin bu dönme nedeniyle arkada kalarak kulenin arkasına düşeceği öne sürülmüştü. Newton kulenin tepesinin tabanından daha hızlı hareket ediyor olması gerektiğine, çünkü dünyanın merkezinden daha uzak olduğuna, dolayısıyla da 24 saat içerisinde dolaşması gereken dairenin çevresinin daha büyük olduğuna dikkat çekti. Bu yüzden bırakılan cismin kulenin önüne düşmesi gerekiyordu. Ne anlatmak istediğini göstermek için yaptığı biraz gelişigüzel çizimde Newton düşen cismin izlediği yolu sanki dünya yokmuş gibi kütleçekim etkisiyle dünyanın merkezine doğru dönerek ilerleyen bir biçimde gösteriyor, ancak mektubu şu şekilde bitiriyordu:

> Ama yine de felsefeye ilgi göstermekten o kadar uzağım ki, bir tüccar bir başkasının ticaretiyle veya bir köy insanı öğrenmeyle ne kadar ilgiliyse benim de bu konulara ilgim o kadar az, bu yüzden bunun hakkında yazmak için harcadığım zamanı beni mutlu edecek başka işlere harcamam gerektiğini teslim etmeliyim.

O spirali çizmek Newton'ı istese de istemese de "felsefe" konusunda daha fazla mektuplaşmaya çekti. Hooke hatasına dik-

kat çekerek dünyanın içerisinden herhangi bir direnç olmadan geçebileceğini varsayarsak düşen cismin izleyeceği doğru yörüngenin bir tür daralan elips olacağını öne sürdü. Karşılık olarak Newton dünyanın içinde yörünge hareketi gösteren cismin herhangi türden bir yol boyunca aşamalı olarak merkeze inmeyeceğini, sonsuza dek yörüngede döneceğini ve izleyeceği yolun elipse benzeyeceğini ancak tüm yörüngenin zaman geçtikçe kayacağını göstererek Hooke'un tahminini düzeltti. Bunun karşılığında Hooke Newton'ın hesaplamasının "merkezden tüm yönlerde aynı güce sahip..." bir çekim kuvvetine dayalı olduğunu yazarak onu "ama benim varsayımımca çekim her zaman merkezden uzaklığın tersinin karesi oranında" diyerek ters kare yasasıyla cevapladı.

Newton bu mektuba cevap verme zahmetine girmedi ancak kanıtlar gösteriyor ki, felsefeye ilgi göstermekten o kadar uzakken onu tetikleyen şey 1680 yılında kütleçekimin ters kare yasasının gezegenlerin eliptik veya dairesel yörüngeler izlemesini gerektirdiğini *kanıtlamaktı* ve bu kuyrukluyıldızların güneşin etrafında eliptik veya parabolik bir yol izlemesi gerektiğine işaret ediyordu.[11] Halley 1684 yılında kapıda belirdiğinde yanıtının hazır olmasının nedeni işte buydu.

Newton'ın *Principia Mathematica*'sı: Ters Kare Yasası Ve Hareketin Üç Yasası

Sonrasında her şey tamamen pürüzsüz aktı diyemeyiz; ama Cambridge'teki karşılaşmanın ardından Halley'in tatlı sözleri ve cesaretlendirişi önce (Kasım 1684'te) Newton'ın ters kare yasası çalışmasını açıklayan dokuz sayfalık bir makalenin basımına,

[11] Aslında tüm anlatılanlarda matematiksel olarak en zor olan şey, kütleçekim kütlenin tümü tek bir noktada toplanmış gibi etki gösterirken, ters kare yasasında kullanılan dünyanın veya güneşin merkezinden uzaklıkları ölçmenin yine de doğru olduğunu kanıtlamaktır. Kalkülüs bunu görece kolaylaştırır ancak Newton diğerlerinin hesaplamaları anlayacakları dilden vermedikçe kabul etmeyeceklerini bildiği için basılı hale getirilen kanıtlarında kalkülüs kullanmaktan bilinçli olarak kaçınmıştır. Önce kalkülüsle yapıp sonra bunu eski moda matematiğe çevirip çevirmediğini bilen yok ama eğer böyle yapmışsa bu da neredeyse başlangıçtan itibaren eski moda yoldan yapmış olması kadar etkileyicidir.

ardından da üç ciltlik destansı çalışmasının 1687'de yayımlanmasına yol açtı. *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*'da [*Doğa Felsefesinin Matematiksel İlkeleri*] Newton bütün bir fiziğin temelini inşa etti; sadece evrendeki her şeyin hareket tarzını betimleyen kütleçekimin ters kare yasası ve hareketin üç yasasının anlamını tüm ayrıntılarıyla açıklamakla kalmadı, fizik yasalarının her şeyi etkileyen *evrensel* yasalar olduğunu da ortaya koydu. Ayrıca bizlere Newton'ın kişiliğinin yüzeye vurduğu bir ana daha tanıklık etme fırsatı tanıdı. Hooke (derneğin kendisine tanıdığı hak gereği gördüğü) el yazmasının kendisine yeterince referans vermediğinden şikâyet ettiğinde (Newton'ın yapabildiği gibi matematiksel yoldan ifade etme becerisine sahip olmasa da önemli noktaları daha önceden kavramış ve ifade etmiş olduğu için haklı bir şikâyetti bu) Newton önce üçüncü cildi baskıdan çekme tehdidinde bulundu, ardından baskıcılara yollamadan önce metnin üzerinden tekrar geçerek Hooke'a verilmiş tüm referansları tamamen kaldırdı.

Her şeyi uyumlu biçimde bir araya toplamakta izlediği yolun matematiksel görkemini bir kenara koyarsak, *Principia*'nın bu kadar büyük bir etki yaratmasının nedeni bilim adamlarının (fark etmeden de olsa) Kopernik'ten beri el yordamıyla aradıklarına ulaşmış olmasıydı: Dünyanın büyü, sihir veya kaprisli tanrıların aklına esenler uyarınca değil, esasen insanoğlu tarafından anlaşılabilir mekanik ilkelere göre işlediğinin farkına varılmıştı.

Newton'ın ve çok sayıda çağdaşının (ama kesinlikle hepsinin değil) her şeyin mimarı olarak Tanrıya biçtikleri bir rol hâlâ vardı, bu kendi yaratımının düzgün işlemesini sağlamak için hâttâ zaman zaman müdahale edebilen "eylemli" bir mimardı. Ama Newton'ın izinden gidenlerin çoğunun kafasında evrenin her nasıl başlamış olursa olsun bir kez kurulup işlemeye başladıktan sonra artık dış bir müdahaleye gereksinim duymadığı giderek berraklaşıyordu. Bu konuda sık kullanılan benzetme saat mekanizmasıydı. Newton zamanında kullanılan büyük bir kilise saatini gözünüzün önüne getirin; zamanı gösteren akrep ve yelkovanın haricinde, saatin içinden çıkarak yüzeyinde beliren tahta figürlerin oluşturduğu bir tabloda çanın üzerindeki küçük rüzgâr çanlarına çekiçle vuruluyor olsun. Yüzey hareketliliği çok karma-

şıktır, ama her şey basit bir sarkacın tik-takı sonucunda gerçekleşir. Newton bilim insanlarının gözünü yüzeydeki karmaşıklığına rağmen evrenin işleyiş ilkelerinin basit ve anlaşılır olduğu gerçeğine açmıştır. Bilimsel yöntem konusunda da net bir kavrayışa sahiptir ve (Fransız Cizvit Gaston Pardies'e) şöyle yazmıştır:

> Felsefe yapmanın en iyi ve en güvenilir yöntemi bana göre birincisi şeylerin özelliklerini özen ve dikkatle araştırmak ve bu özellikleri deneyimlerle saptamak, bundan sonra da daha yavaş biçimde onların açıklanması için hipotezlere doğru geçmektir. Çünkü hipotezler sadece şeylerin özelliklerinin açıklanmasında kullanılmalıdır, onların belirlenmesini sağlayacakları düşünülmemelidir; sadece bir dereceye kadar deneylerin zeminini oluşturabilirler.

Bir diğer deyişle bilim hayallerle değil, gerçeklerle ilgilenir.

Principia'nın yayımlanması bilimin gençlik dönemi hatalarının çoğunu bir kenara bırakıp dünyanın aklı başında bir biçimde araştırılmasına geçişle entelektüel bir disiplin olarak olgunluğa erişmiş olduğu ana işaret eder. Bu sadece Newton sayesinde olmadı. O döneminin bir adamıydı; her tarafta kaynaşan fikirleri açık bir biçimde kelimelere (daha zoru denklemlere) döktü, diğer bilim adamlarının ifade etmeye çalışıp da zorlandıklarını onlardan daha anlaşılır biçimde ifade etti. Bu kadar büyük bir ilgiyle karşılanmasının bir nedeni de budur; kitap büyük bir heyecan yarattı, çünkü böyle bir toparlama ve temel atmanın zamanı gelmiş, şartları olgunlaşmıştı. *Principia*'yı okuyan tüm bilim insanları C. P. Snow'un *The Search* [*Arayış*] kitabında anlattığı anı yaşamış olsalar gerek: "Tesadüfî olgular karmaşasının bir sıraya ve düzene girdiğini gördüm... 'Ama doğru' dedim kendi kendime. 'Bu çok güzel. Ve doğru."

Newton *Principia*'nın yayımlanması sonucunda Kraliyet Derneği çevresinin çok ötesinde başlı başına üne sahip bir bilim insanı haline geldi. Newton'ın arkadaşı olan felsefeci John Locke kitap hakkında şöyle yazıyordu:

> Eşsiz Bay Newton doğanın bazı alanlarına uygulanan matematiğin, olgular tarafından doğrulanan ilkelere dayanarak bizi deyim yerindeyse akıl almaz evrenin belli

bazı bölgelerinin bilinmesinde ne kadar uzaklara dek götürebileceğini gösterdi.

Aynı Newton 1687 yılında bilim adamı olmayı bıraktı (o yılın sonunda 45 yaşında olacaktı ve felsefeye olan ilgisini yitirmesinin üzerinden uzun zaman geçmişti). *Opticks*'inin on sekizinci yüzyılın başında basıldığı doğrudur; ama bu eski bir çalışmaydı, Hooke ölene dek beklemişti ve onun yorum yapma veya ışık konusundaki kendi çalışmasının hakkını isteme şansı olmadığı bir zamanda nihayet basılabilirdi. *Principia*'nın sağladığı toplumsal konum Newton'ı başka bir kamusal kimlik edinmeye cesaretlendiren etmenlerden biri olabilir; her ne kadar yaşam öyküsünün devamının bilimle doğrudan pek az ilgisi varsa da, bilimsel çalışmaları haricinde neyi ne kadar başardığından kısaca bahsetmeye değer.

Newton'ın Sonraki Yaşamı

Newton'ın politikada ilk sahneye çıkışı 1687'de, *Principia*'nın tamamlanıp basım öncesi Halley'in elinden geçtiği sırada oldu. II. James 1685'te kardeşinin ardından tahta geçmiş ve hükümdarlığına yaptığı temkinli başlangıcın ardından 1687'de ayağına dolanan ağırlıkları atmaya başlamıştı. Bu kesitte Cambridge Üniversitesi üzerindeki katolik etkisini arttırmaya çalıştı. O dönemde artık Trinity'de kıdemli üye olmuş olan Newton (belki de katolik bir yönetim altında bir Ariusçu olarak yaşayabileceklerinden duyduğu korkunun da etkisiyle) Cambridge'te atılan adımlara karşı oluşan muhalefetin liderlerinden biri ve duruşlarını savunmak için kötü şöhretli Hâkim Jeffreys'in karşısına çıkmak zorunda kalan dokuz üyeden bir tanesiydi. Şanlı Devrim olarak adlandırılan 1688 Devriminde James 1688'in sonunda tahttan uzaklaştırılıp yerine 1689'un başından itibaren (I. Charles'ın torunu) Orangeli William ve (II. James'in kızı) karısı Mary geçince,[12] Newton üni-

[12] William ve Mary aslında tahtı, çok sayıda kişi tarafından olumlu karşılanıp görece kansız geçmesine karşın, İngiltere'nin tam manasıyla işgal edilmesi ve Londra'nın zorla zaptedilmesiyle aldılar. Ancak tarih zafere ulaşanlar tarafından yazılır ve eğer ayaktakımından yana sorun çıkmasın diyorsanız "şanlı devrim" kulakta "işgal" kelimesinden daha iyi bir tını bırakır. (Aslında bu adı hak eden) "Devrimin" en önemli özelliği İn-

versitenin Londra'ya yolladığı iki parlamento üyesinden biri oldu. Parlamentoda hiç aktif olmamasına ve 1690 yılının başında parlamento (William ve Mary'nin iktidarı ele geçirmesini yasallaştırma görevini yerine getirdikten sonra) kendisini feshettiğinde yeniden aday olmamasına karşın Londra yaşamının ve büyük olaylara katılmanın tadı, Newton'ın Cambridge'te olmaktan duyduğu memnuniyetsizliği iyice arttırdı. 1690'ların başında kendisini simya çalışmalarına vurdu; 1693 yılındaysa yıllar boyu aşırı çalışmasının, aykırı dinsel inançlarını gizlemesinin gerilimi ve (büyük ihtimalle) Nicholas Fatio de Duillier isimli (genellikle Fatio olarak tanınan) İsviçreli genç bir matematikçiyle üç yıldır sürdürdüğü yakın arkadaşlığın sona ermesi sonucunda büyük bir sinir krizi yaşadı. Sağlığına kavuştuktan sonra derhal Cambridge'ten ayrılmanın bir yolunu bulmaya çalıştı ve 1696'da kendisine Kraliyet Darphanesinin müdürlüğü önerildiğinde hemen bu teklifin üzerine atladı. (Öneriyi yapan Charles Montague 1661 yılında doğmuş eski bir Cambridge öğrencisiydi ve Newton'ı tanıyordu, o sırada Maliye Bakanı olmasına rağmen 1695 ile 1698 yılları arasında Kraliyet Derneğine başkanlık etmeye de vakit bulmuştu.)

Aslında müdürlük darphane hiyerarşisinde ikinci sıradaki işti ve arpalık olarak değerlendirilmeye uygundu. Ancak esas o dönemdeki Darphane Üstadı kendi atamasını tam bir arpalık olarak değerlendirdiği için Newton kumandayı ele alma şansı buldu. Kendisine özgü takıntılı tarzıyla görevi devraldı, büyük bir sahte para basımı olayını açığa çıkardı, kalpazanlara karşı sert önlemler alarak vahşi ve soğukkanlı bir acımasızlıkla mücadele etti (ceza genellikle asılarak idam oluyordu; Newton yasaların hedefe uygun uygulandığından emin olmak için üstüne bir de yargıç oldu). Darphane Üstadı 1699'da öldüğünde Newton onun yerini aldı ve böylece darphanenin uzun tarihinde bir müdür sadece bir kez bu şekilde terfi etmiş oldu. Newton'ın darphanedeki büyük başarısı (büyük olasılıkla o dönemde Lord Halifax olmuş ve ileride de Halifax Kontu olacak olan Montague'nin teşvikiyle) tekrar parlamentoya girme konusunda cesaret kazanmasına neden

giltere'deki politik güçler dengesindeki ibreyi kraldan uzaklaştırıp (William ve Mary'nin o olmasa hükümdar olamayacakları) parlamentonun lehine çevirmiş olmasıdır.

oldu. 1701'de bunu başardı ve II. William'ın öldüğü (Mary ondan önce 1694 yılında vefat etmişti) ve parlamentonun feshedildiği 1702 Mayıs'ına kadar hizmet etti. William'ın ardından tahta II. James'in ikinci kızı Anne geçti ve kraliçe öncesinden başlayarak on iki yıllık hükümdarlığı boyunca Halifax'ın büyük etkisi altında kaldı. 1705 yılındaki seçim kampanyası sırasında bu şerefe nail olmanın oy kullananların desteğini arttıracağı düşüncesiyle Halifax'ın koruması altındaki Newton'ı ve Halifax'ın kardeşini şövalye ilan etti.

Bu onlara pek fayda sağlamadı; Halifax'ın partisi bir bütün olarak ve Newton bireysel olarak seçimi kaybetti. Artık altmışlı yaşlarında olan Newton bir daha da aday olmadı. Bu hikâyeyi çok sayıda kişinin Newton'ın şövalyeliğini bilimsel çalışmaları nedeniyle, bazılarının da darphanedeki çalışmalarının bir ödülü olarak aldığını düşünmesi yüzünden aktarmaya değer bulduk. Gerçekte bu daha çok Halifax'ın 1705 yılındaki seçimleri kazanma amacıyla siyasal fırsatçılıkla giriştiği kirli oyunların bir parçasıydı.

Hooke'un Ölümü ve Newton'ın *Opticks*'inin Basımı

Öte yandan Newton tırmanacağı son büyük basamağı bulduğu için politikanın dışında kalmış olmaktan mutluydu. Hooke Mart 1703'te ölmüştü ve Hooke hayatta olduğu sürece esasen onun yarattığı dernekten uzak kalan Newton aynı yılın Kasım ayında Kraliyet Derneği Başkanlığına seçildi. *Opticks* [*Optik*] 1704 yılında basıldı ve sonraki yirmi yıl boyunca Newton Derneği meşhur kılı kırk yaran titizliğiyle yönetti. Nezaret etmesi gereken işlerden biri 1710 yılında Gresham College'daki dar konutlardan Crane Court'taki geniş yerleşkelere taşınma işi oldu. Bu taşınmanın çok daha önce yapılmış olması gerektiği açıktı; taşınmadan hemen önce Gresham College'a gelen bir ziyaretçi bu durumu şöyle anlatıyordu: "Sonunda derneğin genellikle toplandığı odayı görebildik. Oldukça küçük ve acınası durumdaydı; içindeki en iyi şey en dikkat çekenleri Boyle ve Hooke'nkiler olan dernek üyelerinin portreleriydi."[13] Gresham College'dan Crane Court'a götürülmesi

[13] Conrad von Uffenbach, *London in 1710* içerisinde

gereken çok sayıda portre vardı ve bu işle ayrıntılara obsesif düzeyde titizlik gösteren Sir Isaac Newton ilgileniyordu. İçlerinde bir daha hiç bulunmamak üzere kaybolan bir tek Hooke'un portresi oldu; hâttâ elde onun hiçbir portresi kalmadı. Newton eğer Hooke'un tarihteki rolünün önemini azaltmak için bu kadar ileri gitmişse, Hooke gerçekten de etkileyici bir bilim insanı olmalı.

Kraliyet Derneğini çalışır hale getiren kişi öncelikle Hooke'tu, Newton ise onu iki yüzyıl boyunca dünyada en önde gelen bilimsel dernek olacak biçime sokan kişi oldu. Yine de Newton yıllar geçtikçe ve şöhreti büyüdükçe olgunlaşıp yumuşamadı. Dernek Başkanı olarak bu kez, kimse onun elindeki verilere ulaşamazken her şey tekrar tekrar kontrol edilinceye kadar yeni yıldız kataloğunu yayımlama konusunda tereddütlü davranan ilk Kraliyet Gökbilimcisi Flamsteed'le eğitici olmayan bir başka tartışmaya daha karıştı. Oysa hiç hoş olmayan kavgacı karakterine rağmen Newton'ın darphanedeki veya dernekteki başarıları bir bilim insanı olmasa dahi onu önemli bir tarihi kişilik yapmaya yeterdi.

Newton'ın Londra'daki eviyle yeğeni Catherine Barton ilgileniyordu (bu uşaklara ne yapacaklarını söylemek anlamına geliyordu; Newton artık çok zengin bir adamdı). Catherine, Newton'ın 1693 yılında ölerek ailesini muhtaç durumda bırakmış olan Robert Barton'la evlenmiş üvey kızkardeşi Hannah Smith'in 1679 yılında doğmuş kızıydı. Newton ailesine karşı hep cömert davrandı, Catherine de çok güzel bir kadın ve harika bir ev idarecisiydi. Hooke'un yeğeniyle ilişkisi hakkında yayılan pis dedikodulara karşın herhangi bir uygunsuzluk yaptığına dair bir ipucu yoktur; ama Catherine, kendisiyle ilk kez tahminen 1703 yılında kırklı yaşlarının başında henüz dul kalmışken karşılaşan Halifax'ın gönlünü fethetmiştir. Halifax 1706 yılında hazırladığı vasiyetnamede 3000 pound para ve sahip olduğu tüm mücevherleri "kendisine karşı uzun zamandır hissettiği büyük sevgi ve yakınlığın küçük bir simgesi olarak" Catherine'e bıraktı. Aynı yılın sonraki aylarında onun için yıllık 300 pound tutarında (Kraliyet Gökbilimcisinin aldığı ücretin üç katı) bir maaş bağlattı. 1713 yılında (I. George'un[14] krallığı esnasında başbakan olmadan bir yıl önce) va-

[14] İngiltere elinde Stuartlar bittiği için kral olarak Hanover hanesine yüzünü dönmek durumunda kaldı; Anne'nin 17 çocuğu olmasına karşın

siyetini değiştirerek Catherine'e bu kez 5000 pound (Flamsteed'in yıllık gelirinin 50 katı) ve bir ev (aslında sahibi o değildi ama önemli değil) "kişiliğine karşı uzun zamandır hissettiği içten sevgi, yakınlık ve saygının bir simgesi ve onun muhabbetinden aldığı zevk ve mutluluğun küçük bir karşılığı olarak" bıraktı.

Halifax 1715'te öldüğünde açıklanan vasiyetindeki ifade seçimi özellikle Newton'ın can düşmanı Flamsteed açısından epey bir eğlence kaynağı oldu. Aralarında geçen eğer muhabbetten fazlasıysa bile bunu hiç bilemeyeceğiz. Ancak bırakılan mirasın olağanüstü cömert olduğunu görmek oldukça kolay. Newton 28 Mart 1727 tarihinde elli beş yaşında öldüğünde annesinin ikinci evliliğinden gelen sekiz kız ve erkek yeğenine miras olarak aralarında eşit paylaşılmak üzere 30.000 pounddan biraz fazla bir para bıraktı. Dolayısıyla Catherine çok zengin amcasından kalan mirastan çok daha fazlasını muhabbet becerisi karşılığında Halifax'tan almış oldu.

On sekizinci yüzyılda diğer bilimciler halen daha *Principia*'yı hazmetmeye uğraşırlarken, Newton'ın çalışmasının zorluklarını aşıp sunduğu fırsatları gerektiği gibi kullanan ilk kişi Edmond Halley oldu. Halley *Principia*'nın doğumuna yardımcı olmakla kalmadı, aynı zamanda bilimsel açıdan ilk Newton sonrası bilim insanı oldu. Hooke ve Newton, her ikisi de yeni yüzyılda yaşamış olmalarına rağmen yaptıkları bilim açısından tamamıyla on yedinci yüzyıl kişilikleriydi. Genç Halley ise geçişi de yaparak en iyi çalışmalarından bazılarını yeni yüzyılda, Newton devriminden sonra gerçekleştirdi. Bu yol boyunca, göreceğimiz gibi Hooke ve Newton'ın toplamından bile daha fazlasını yaşamına sığdırmayı başardı.

---

bunlardan sadece biri hayatta kalabildi ve o da 1700'de öldü. George I. James'in torununun oğluydu, neredeyse tek kelime İngilizce bilmiyordu ve hükümdarlığının (1714–1727) büyük bir bölümü boyunca Hanover'de yaşadı. Öte yandan artık ülkeyi parlamento yönettiği için kimin kral olduğu fazla önem taşımıyordu.

6
Genişleyen Ufuklar

Edmond Halley – Venüs geçişleri – Bir atomun boyutlarını hesaplama çabası – Halley yer manyetizması konusunda çalışmak için deniz yolculuğuna çıkıyor – Kuyrukluyıldızın döneceğini tahmin ediyor – Yıldızların bağımsız hareket ettiklerini kanıtlıyor – Halley'in ölümü – John Ray ve Francis Willughby: Flora ve faunanın doğrudan araştırılması – Carl Linnaeus ve türlerin adlandırılması – Comte de Buffon: Histoire Naturelle ve dünyanın yaşı hakkında düşünceler – Dünyanın yaşı hakkında başka düşünceler: Jean Fourier ve Fourier analizi – Georges Couvier: Karşılaştırmalı Anatomi Dersleri; soyların tükenmesi hakkında yorumlar – Jean-Baptiste Lamarck: Evrim konusunda düşünceleri

Newton'dan sonraki yüzyılda insanoğlunun evrendeki yerinin kavranışında yaşanan en temel değişiklik, uzayın enginliğinin ve geçmiş zamanın süresinin devasa büyüklüğünün giderek daha fazla anlaşılmasıydı. Genel olarak bilimin Newton'ın fiziği sistemleştirmede ve evrenin (veya o günlerde ifade edildiği üzere dünyanın) yasalara dayalı, düzenli doğasını göstermede izlediği yolun doğruluğunu kabul etmesi anlamıyla, bazı yönlerden bu yüzyıl bir arayı kapatma anlamı taşıyordu. Bu fikirler bilimin özü olan fizikten onunla açıkça bağlantılı astronomi ve jeoloji gibi alanlara, ama aynı zamanda (yavaş yavaş) canlıların ilişkileri ve yaşama biçimlerinin canlı dünyanın işleyişinde dayandığı yasaların, özellikle de evrim yasası ve doğal seçilim kuramının keşfedilmesinde (bugünden geriye baktığımızda) öncü görevi gördüğünün kanıtlandığı biyolojik bilimlere doğru yayıldı. Kimya da on sekizinci yüzyıl ilerledikçe daha bilimsel ve daha az mistik hale geldi. Tüm bunlar bilimin açıklamaya çalıştığı alanların devasa biçimde genişlemesi çerçevesinde gerçekleşti.

Edmond Halley

Newton'ın (veya Hooke'un, Halley'in, Wren'in) kütleçekimin evrensel ters kare yasasındaki en önemli şey, bir ters kare yasası olması veya kesinlikle ilk kimin tarafından düşünüldüğü değil, onun *evrensel* olmasıdır. Bu yasa evrende her şeyde geçerlidir ve bu evrenin tarihinde her zaman böyle olmuştur. Bilim dünyasını bu gerçekle tanıştıran kişi (ve zamanın sınırlarını genişleten ilk kişilerden biri) en son *Principia*'nın basımına aracılık edişine şahit olduğumuz Edmond Halley'di. Yaptığı muazzam bir işti. Newton, Hooke gibi kişilere kızdığında onu yatıştıran, baskıcılarla uğraşan, bilimsel kanıtları okuyan ve bununla da kalmayıp o dönemde kendi mali durumu kötü olmasına karşın kitabın basımı için gereken parayı ödeyen oydu. Mayıs 1886'da (o sırada Samuel Pepys'in başkanlığındaki) Kraliyet Derneği kitabı kendi yayınevi adı altında, parasını kendisi ödeyerek basmayı kabul etti. Ama üstlendiği yükümlülüğün gereğini yerine getiremedi. Parasızlık gerekçesinin Newton ile Hooke arasındaki üstünlük çekişmesinin alevlenmesinden kaynaklı taraf tutmak istemeyen derneğin politik bir mazereti olduğunun ileri sürüldüğü oldu; ancak derneğin maddi durumunun Newton'a verdiği sözü tutmasına izin vermemesi daha olası gözüküyor. Kraliyet Derneğinin mali durumu, kuruluşundan sonraki on yıllar boyunca (başkanlık döneminde Newton derneği doğrudan düzene sokuncaya dek) zaten hep sallantılı olmuş ve ellerindeki kıt kaynak yakın zamanda Francis Willughby'nin *History of Fishes* [*Balıkların Tarihi*] kitabının basımı için harcanmıştı. Kitap neredeyse hemen hiç satış yapmadı (1743'te halen daha dernek deposunda kopyaları duruyordu) ve bu durum derneği öyle zor duruma soktu ki, 1686'da Halley 50 poundluk maaşı yerine kitabın 50 kopyasını aldı. Halley'in şansına *History of Fishes*'ın aksine *Principia* (Latince ve oldukça teknik dille yazılmış olmasına rağmen) gayet iyi sattı ve bu kitaptan bir miktar kar bile elde etti.

Newton'dan farklı olarak Halley on yedinci yüzyıl sonunda taht kavgalarıyla boğuşan siyaset alanında herhangi bir rol üstlenmedi. Dışarıdan tamamen apolitik bir izlenim veriyordu ve bu konudaki bir yorumu da şöyleydi:

> Kendi adıma ben kral kimse ondan yanayım. Korunmam sağlanıyorsa memnunum. Korunmamız için epey bir para ödediğimizden gayet eminim, öyleyse neden bunun faydasını görmeyelim?

Politikadan uzak durarak bilimsel çalışmalarıyla ve dernekteki yönetsel görevleriyle ilgilenen Halley, sonraki birkaç yılda neredeyse Hooke'un en yaratıcı dönemindeki başarılarına erişen düzeyde fikirler ortaya attı. Bu fikirler içerisinde Nuh Tufanının olası nedenlerinin araştırılması da vardı. Bu araştırma onu Yaradılış tarihi olarak kabul gören MÖ 4004 tarihinin (1620 yılında Başpiskopos Ussher tarafından İncil'deki tüm nesillerin geriye doğru sayılmasıyla ulaşılan tarihin) sorgulanmasına götürdü. Halley, İncil'de anlatıldığı üzere bir tufanın gerçekleştiğini kabul etti ama bugün erozyonla dünya yüzeyinde gerçekleşen değişikliklerle karşılaştırma yoluyla bunun söylenenden 6000 yıl daha önce yaşanmış olması gerektiğini iddia etti. Denizin zamanında tatlı su olduğunu ve tuzluluk oranının nehirler ona karadan mineraller taşıdıkça giderek arttığını varsayarak deniz tuzluluk oranını analiz etme yoluyla dünyanın yaşını tahmin etmeye çalıştı ve yine bu uzunlukta bir zaman ölçeğine ulaştı. Görüşleri onun –artık ateşte yakılması sonucunu doğurmayıp sadece akademik atamalarda sorun yaşayacağı anlamına gelse de– kilise otoritelerince kâfirlikle suçlanmasına yol açtı. Halley yer manyetizması konusuyla da ilgilendi ve dünyanın farklı yerlerindeki manyetizma değişikliklerinin ilk başta doğru biçimde haritalanmışlarsa yön bulmada araç olarak kullanılabilecekleri fikrine ulaştı. Atmosferik basınç ve rüzgârlardaki değişimler üzerine de çalıştı ve (1686'da) içinde ilk meteorolojik çizelgenin de yer aldığı alizeler ve musonlar hakkında bir makale yayımladı. Aynı zamanda pratik bir adamdı ve kendi geliştirdiği, insanların 10 fantom (yaklaşık 18 metre) derinlikteki deniz yüzeyinde iki saat boyunca çalışmasını sağlayan bir dalgıç çanıyla kraliyet deniz kuvvetleri için deneyler gerçekleştirdi. Bu arada yaşam sigortası primlerinin hesaplanmasına bilimsel temel sağlayan ilk mortalite tablolarını da hazırlayarak yayımladı.

Venüs Geçişleri

Zamanın sınırlarını genişlettikten sonra Halley'in evrenin boyutlarının anlaşılmasına ilk katkısı, dünyanın değişik noktalarından görülen Venüs'ün güneşin önünden geçişinin gözlemlenmesinin üçgenleme ve ıraklık açısı tekniklerindeki bir değişimle güneşe uzaklığı ölçmek için nasıl kullanılabileceği hakkında 1691 yılında yazdığı makaleyle geldi. Bu Venüs geçişleri, nadir görülen ama öngörülebilir olaylardı ve Halley 1716'da konuya tekrar dönerek bundan sonraki ilk geçişlerin 1761 ve 1769 yıllarında olacağını öngördü ve gerekli gözlemlerin nasıl yapılacağına ilişkin ayrıntılı açıklamalarda bulundu. Öte yandan 1691 ile 1716 yılları arasında Halley'in hayatında çok önemli olaylar yaşanmış durumdaydı.

Halley'in Venüs geçişleri hakkındaki ilk makalesini yazdığı yılda (Oxford'daki) Savile Astronomi Kürsüsü boşaldı. Halley akademik bir mevki sahibi olmak için can atıyordu ve dünyanın yaşı konusundaki görüşlerine kilise otoritelerinin karşı çıkması olmasa, bu kürsü için ideal bir aday sayılırdı. Halley kürsüye aday oldu, ama fazla bir iyimserlik taşımadığını bir arkadaşına yazdığı mektuptan anlıyoruz: "Bana karşı, dünyanın sonsuz zamanlı olduğunu savunmak suçunu işlemediğimi gösterene dek geçerli olacak bir şerh konulmuş." Gerçekten de kürsü Isaac Newton'ın himayesindeki David Gregory'ye verildi. Yine de Gregory'nin iyi bir aday olduğunu ve atamanın Halley'in sıra dışı dinsel görüşleri nedeniyle değil, liyakat esasına göre yapılmış gibi göründüğünü samimiyetle söyleyebiliriz.

Bir Atomun Boyutlarını Hesaplama Çabası

Oxford'un ne kaçırdığını görmek için Halley'in bu dönemde yaptığı çalışmalardan sadece birini seçmek bile yeterli olur. Halley aynı boyutta ama farklı malzemelerden yapılmış cisimlerin farklı ağırlıklarda olması, örneğin bir altın öbeğinin aynı boyutta bir cam öbeğinden yedi kat daha ağır olması olgusunu araştırdı. Newton'ın çalışmalarının işaret ettiği esaslardan biri, bir cismin ağırlığının ne kadar madde içerdiğine (kütlesine) bağlı olduğuydu; bu yüzden tüm cisimler kütleler denklemlerde birbirini götürdüğü için aynı ivmeyle yere düşüyordu. Buradan ilerleye-

rek Halley (aynı büyüklükteki) altının, cama göre yedi kat fazla kütle içerdiğini ve bu yüzden camın en az yedide altısının boş uzay olması gerektiğini öne sürdü. Bu onu atom fikri üzerinde düşünmeye ve atomların boyutlarını ölçmek için bir yol bulmayı denemeye sevketti. Bunu altın yaldızlı gümüş elde etmek için bir gümüş telin ne kadar altınla kaplanması gerektiğini bularak başardı. Bunu yapmak için kullanılan teknikte bir gümüş külçesinden çevresi altınla kaplı bir tel çıkartılıyordu. Kullanılan altın parçasının boyutlarının ve elde edilecek telin çap ve uzunluğunun biliniyor olmasından yola çıkarak gümüşü çevreleyen altının sadece bir santimetrenin 1/53.800'ü kalınlığında olması gerektiğini kanıtladı. Bunun atomların tekil bir katmanı olduğunu varsayan Halley, bir tarafı bir bölü 254 santimetre uzunluğunda olan bir altın küpünün 2433 milyondan fazla atom içereceğini hesapladı. Yaldızlı gümüş telin altından yüzeyi, hiçbir gümüş gözükmeyecek kadar mükemmel olduğu için, atomların gerçek sayısının bu devasa tahmini rakamdan bile çok daha büyük olduğunu biliyordu. Tüm bu bulgularını 1691 yılında (Kraliyet Derneğinin *Philosophical Transactions*'ınında) yayımladı.

Halley Yer Manyetizması Konusunda Çalışmak İçin Deniz Yolculuğuna Çıkıyor

Akademik beklentileri açısından hayal kırıklığına uğrayan Halley kendisini teşvik eden Kraliyet Derneğinin zengin üyesi, arkadaşı Benjamin Middleton'la beraber sonraki birkaç yıl boyunca kendisini meşgul edecek yeni bir plan yaptı. 1693 yılında denizde yön bulmayı geliştirmek için yeni bir yol bulma amacıyla dünyanın değişik bölgelerinde yer manyetizmasını ölçecekleri uzun bir keşif gezisine çıkmak için Amiralliğe öneride bulundular. Robert Hooke günlüğüne aynı yılın 11 Aralık tarihini düşerek Halley'in kendisine "Middleton'ın gemisiyle keşfe gitmekten" bahsettiğini yazar. Modern gözle bakıldığında bu ifade bizlerde "neyi keşfetmeye?" sorusunu uyandırır, ancak elbette Hooke bu ifadeyi "araştırmaya gitmek"le aynı anlamda kullanır. Teklifin tam olarak nasıl formüle edildiği bir yana, Amirallik bunu coşkuyla karşıladı ve Kraliçenin (II. Mary) doğrudan emriyle pink olarak bilinen türde

küçük bir gemi bu görev için özel olarak inşa edildi ve 1 Nisan 1694'te tamamlandı. (Orangeli William 1688'de İngiltere'yi işgal ederken filosunda altmış pink bulunuyordu.) Güney Atlantik'in iç kısımlarına doğru yapılacak bir yolculuk için (başlangıçta tüm dünyanın dolaşılması düşünülüyordu!) *Paramore* adı verilen gemi sadece 16 m uzunluğunda, en geniş yerinde 5,5 m enindeydi, su kesimi 2,9 m kadardı ve 89 ton taşıyabiliyordu.

Elimize ulaşan tarihi belgelerde ağır aksak da olsa geminin ihtiyaçlarının tamamlanmasıyla uğraşıldığı sonraki iki yılda, neden projenin hayata geçmesinin geciktiğinden pek fazla bahsedilmiyor. Halley bu dönemde kuyrukluyıldızlarla ilgilenmeye başladığı, Newton'la konuyla ilgili mektuplaşmaya girdiği ve çok sayıda kuyrukluyıldızın ters kare yasasına uyumlu şekilde güneş etrafında eliptik yörüngeler izlediğini gösterdiği için bu bilim açısından bir talih olarak değerlendirilebilir. Tarihi belgeler üzerinde çalışarak 1682'de görülen kuyrukluyıldızın bu tip bir yörünge izlediğinden ve daha önce 75 veya 76 yıllık bir zaman aralığıyla üç kez görülmüş olduğundan şüphelendi. O dönemde bu düşüncelerini yayımlamadı; bunun nedeni büyük oranda Flamsteed'in 1682 yılında görülen kuyrukluyıldıza ilişkin en doğru gözlemlere sahip olması ve bunları kimseye (özellikle de artık konuşmadığı Halley'e) göstermemesiydi. O dönemde Flamsteed'le arası iyi olan Newton verileri vermesi için onu ikna etmeye çalıştı ama Flamsteed mektuba verdiği yanıtta Halley'in "düşüncesiz davranışlarıyla kendi kendisini mahvettiğini" ve yaptıklarının "bir mektup[ta bahsetmek] için haddinden fazla kirli ve çok" olduğunu söyledi. Halley'in çağdaşları Pepys ve Hooke'dan daha fazla düşüncesiz veya "kirli" olduğuna ilişkin herhangi bir kanıt yok ama Flamsteed'in kendi yaş ölçütlerine göre bile tutucu ve ayrıntıcı olduğunun göstergeleri çoktur.

1696 yılında *Paramore* keşif yolculuğu bu kez başlamaya hazır gibi olur ama son anda nedeni açıklanmayan bir aksilik daha yaşanır. 19 Temmuz'da Deniz Bakanlığı Halley'den geminin tayfası olarak on beş erkek, iki genç, kendisi, Middleton ve bir uşağın listelendiği bir mektup alır ve bu hepsinin yolculuğa başlamaya hazır olduklarının bir göstergesidir. Bundan sonrasında Middleton'ın bahsi bir daha geçmez ve Ağustos'ta gemi tekrar kıyıya, yüzer ha-

vuza çekilir. Ertelemenin nedeni muhtemelen Middleton'un projeden ayrılması (ölmüş olabilir) veya Fransa'yla bir başka savaşa daha girilmiş olmasıydı; her neyse, Halley'in boşta kalmasından faydalanan Newton oldu. Kraliyet Darphanesinin Müdürü olarak Newton o esnada para birimi reformuna nezaret etmekteydi ve Halley'i Chester'a Darphane Denetçi Muavini olarak atadı. Bir iyilik yapma amacı güdüldüğü açıktı; yine de bu iş, her ne kadar para birimi reformunun tamamlandığı 1698'e dek dayansa da Halley'e sıkıcı geldi.

Bu arada Kraliçe Mary ölmesine rağmen "keşfetme" yolculuğu için duyulan resmi arzu bilakis arttı ve gemi III. William'ın himayesinde bir Kraliyet Donanması aracı olarak silah ve donanma mürettebatı taşıyarak yelken açmaya hazır hale geldi. Keşif gezisinin yönetimi yine Halley'de olacaktı ve bu amaçla Kraliyet Donanmasında amir ve yarbay (kaptanlık yapan albaydan bir alt rütbe) olarak ataması yapıldı ve geminin komutası (Fahri Kaptan rütbesiyle) kendisine verildi. Bir Kraliyet Donanması gemisinde gerçek kaptan olarak aktif bir yetki alan tarihteki tek kara adamı oldu. Uzun donanma tarihinde başka birkaç kişiye daha (bilim insanları dâhil) yönetsel amaçla veya onursal rütbe biçiminde geçici yetkiler verilmiş olsa da, içlerinden hiçbiri gerçek bir deniz aracına komuta etmedi.[1] 15 Ekim'de Halley'e yıl boyu sürecek yolculuğun ayrıntılı sefer görev emirleri geldi (bu şaşırtıcı da olmadı, çünkü hepsinin taslaklarını Amirallik için hazırlayan oydu), ayrılmadan hemen önce de İngiltere'ye gemi yapım tekniklerini incelemek amacıyla gelmiş (o sıralarda yirmili yaşlarının sonunda olan) Çar Büyük Peter'le* tanışma fırsatını yakaladı.

---

1 Halley'in denizde tecrübesi (en azından kayıklarda) vardı elbette, ayrıca 1680'lerin sonunda Thames'e girişleri araştırma çalışmalarına da katılmıştı, dolayısıyla tam manasıyla bir kara adamı sayılmazdı. Her şeye karşın tarihi kayıtlarda daha önceki yaşantısında bu yönde edindiği deneyimlerin ayrıntıları hemen hiç yoktur.

* Rusya'yı modernleştirerek Avrupa'nın ve dünyanın kaderinde söz sahibi devletlerin arasına soktuğu düşünüldüğünden Büyük Peter olarak anılır. Boyu 2 metrenin üzerinde olan I. Peter, gemilerde en alt rütbede çalışmayı sevdiği için olsa gerek Osmanlı kaynaklarında "Deli Petro" olarak tanınsa da, Prut Savaşında Osmanlının karşısına dayanıklı büyük gemilerle çıktıktan sonra Büyük Petro adıyla anılmaya başlanmıştır –çn.

Peter gemi yapımını Deptford'daki doklarda çalışarak öğrenmiş pratikten gelen bir öğrenciydi. Verdiği vahşi partilerle epey bir zarara uğrattığı John Evelyn'in evinde kalıyordu. Halley ona oradaki birkaç akşam yemeğinde, Peter'in en sevdiği oyun olan insanları dekoratif ağaç çitleri arasında el arabasında ittirme oyunu da muhtemelen dahil olmak üzere eşlik etti. Peter evden ayrıldıktan sonra Hazine Evelyn'e zararın tazmini için 300 pounddan fazla bir ödeme yapmak zorunda kaldı, bu kralın *Paramore*'u Güney Atlantik'e bir yıllık yolculuğa çıkarmak için ödediği paranın yarısına denk düşüyordu.

20 Ekim 1698'de başlayan bu yolculuğun öyküsü başlı başına bir kitap eder. Halley'in üsteğmeni deneyimli donanma subayı Edward Harrison[2] (affedilir olmasa da) anlaşılır bir biçimde, kırk ikinci yaşını doldurmak üzere olan bir kara adamının kumandası altına girmeyi reddetti. 1699 yılı ilkbaharında gemi Karayipler'deyken işler o hale geldi ki, Harrison görevi bırakarak kamarasına çekildi ve gemiyi yönlendirmekte Halley'i tek başına bıraktı; amacının kaptanın kendisini aptal durumuna düşürmesi olduğu açıktı. Halley bu duruma düşmedi ve büyük bir soğukkanlılıkla gemiyi 28 Temmuz'da tekrar eve ulaştırdı. Bazı ticari işlere girdikten ve dernekteki yazmanlık görevinden ayrıldıktan sonra 16 Eylül'de bu kez Harrison olmadan yeniden denize açıldı ve 52° güneye (Güney Amerika'nın ucuna yakın bir hizaya) kadar inerek manyetik gözlemler gerçekleştirdi ve 27 Ağustos 1700 tarihinde Plymouth'a zaferle döndü.

Kraliyet Derneği üyesi olarak eski yerini alsa da Halley henüz donanma ve devlet işleriyle uğraşmaya bir son vermemişti. 1701 yılında Manş Denizinin dalgalarını incelemek için *Paramore*'u aldı, ancak bugün görülüyor ki esas amacı Fransız limanlarına girişlerin gizlice araştırılması ve savunmalarının tespit edilmesiydi. 1702 yılında, artık Kraliçe Anne'in tahtta olduğu dönemde Halley Avusturya'ya görünürde Adriyatik'teki (Avusturya İmparatorluğu güney yönünde bu kadar genişlemişti) liman güçlendirme çalışmalarında tavsiyeler vermek üzere elçi olarak gönderildi. Bu ve bunu izleyen diğer yolculuğunda Halley yol boyunca hafiften casusluk yapmışa benziyor (Ocak 1704'te gizli servis fonundan

[2] Saat ustasıyla bir akrabalığı yok.

kendisine ne olduğu özenle belirsiz bırakılan hizmetleri için mütevazı bir ödeme yapıldı). İkinci gezisinde de Hanover'de müstakbel I. George ve onun veliahtıyla akşam yemeği yemiştir.

Kuyrukluyıldızın Döneceğini Tahmin Ediyor

Halley bu ikinci diplomatik görevinden dönmeden hemen önce Oxford'daki Savile geometri profesörü öldü. Bu sefer Halley'in onun yerini alması, Flamsteed'in ona "şimdi bir deniz kaptanı gibi konuşuyor, küfrediyor ve brandy içiyor" itirazına rağmen yüksek mevkilerdeki dostları ve kraliyete hizmet siciliyle kesindi. Nihayetinde gerçekten de bir *deniz kaptanıydı* ve Oxford'da kendisine Kaptan Halley denmesinden, en azından 1710'da biraz gecikerek Dr Halley ünvanı onun yerini alıncaya dek büyük keyif duydu. 1704'te Savile kürsüsüne atandı ve bir yıl sonra (Flamsteed'den daha iyi verileri elde edebilme umudundan vazgeçerek) en çok tanındığı çalışmasını içeren kitabı *A Synopsis of the Astronomy of Comets*'i [*Kuyrukluyıldızlar Astronomisinin Özeti*] yayımladı. Bu kitapta 1682'de görülen kuyrukluyıldızın Newton yasalarına uyarak "1758 yılı civarında" geri döneceğini öngördü. 1705 yılı sonrasında Halley çok aktif biçimde bilim çalışmalarını sürdürse de sonraki tüm başarılarının içerisinde özellikle bir tanesi öne çıkar. Bu başarı ismini ilk duyurduğu konuya, yıldızların konumları araştırmasına dönmesinden kaynaklanır.

Yıldızların Bağımsız Hareket Ettiklerini Kanıtlıyor

Halley'in St. Helena'ya ilk keşif gezisinden bu yana kariyeri bahsettiğimiz tüm bu dönemeç ve yol ayrımlarını yaşarken, Flamsteed ise Kraliyet Greenwich Gözlemevinin kuruluş amacı olan, yön bulmaya yardımcı olmak için daha kesin astronomik yıldız tabloları hazırlama doğrultusunda harıl harıl çalışmasını sürdürdü. Esas itibarıyla hiçbir şey basılmadı ve Flamsteed kendisine kraliyet tarafından sadece sembolik bir ödenti ayrıldığı ve kendi aletlerini işe koşmak zorunda kaldığı için verilerin mülkiyetinin kendisinde olduğunu ve bu verileri canı istediği müddetçe elinde tutabi-

leceğini iddia etti[3]. 1704'te Kraliyet Derneğinin başkanı olarak Newton, Flamsteed'i ölçümlerinin bazılarını vermeye ikna etti ve yeni bir yıldız kataloğunun basımına başlandıysa da bu girişim Flamsteed'in itirazı ve verilerin mülkiyetinin kendisinde olduğu iddiası yüzünden durduruldu. Durum ancak kraliyet otoritesiyle çözüme kavuşabilirdi ve 1710 yılında Kraliçe Anne Newton'ı ve onun seçeceği diğer Kraliyet Derneği üyelerini Flamsteed'in şu ana kadar elde ettiği tüm verileri isteme yetkesine sahip ve Flamsteed'in ulaşacağı yıllık sonuçların her yılın son altı ayı içinde iletileceği bir Gözlemevi Mütevelli Heyeti olarak davranmaya yetkili kıldı[4]. Flamsteed bile olsanız kraliçenin emirlerine karşı gelemezsiniz. Halley tüm malzemeyi düzene sokmakla görevlendirildi ve sonuç 1712 yılında Flamsteed'in yıldız kataloğunun ilk versiyonunun basılması oldu. Tartışmalar burada sonlanmadı ve sonunda Flamsteed'in de öyle veya böyle onay verdiği daha kesin bir versiyon 1725 yılında Flamsteed'in ölümünden altı yıl sonra dul eşi tarafından basılarak yayımlandı. Katalog 3000 yıldızın konumunu 10 yay saniye kesinliğinde veriyordu ve kendi türünde o döneme dek basılanlar içerisinde en iyisiydi; normal bir insanın hayattayken basılmış olduğunu görmekten gurur duyacağı bir şeydi.

Yine de bundan çok daha öncesinde Halley, Flamsteed'in eski bulgularıyla çalışma fırsatı buldu ve Flamsteed'in yıldız konumlarını MÖ ikinci yüzyılda Hipparkos'un bir araya getirdiği çok daha sınırlı bir katalogta yer alanlarla karşılaştırdı. Yunanlarca elde edilen yıldız konumlarının çoğunun Flamsteed'in daha kesin biçimde ulaştığı konumlarla uyuştuğunu ama birkaç durumda Flamsteed'in ölçtüğü konumların yaklaşık 2000 yıl önce ölçülenlerden antiklerin hatasıyla (özellikle de diğer konumlar açıkça doğruyken Yunanların kullandığı tekniklerin hata kapsamı içerisinde) açıklanamayacak ölçüde farklı olduğunu buldu. Örneğin Arcturus (parlak ve rahatlıkla gözlemlenebilen bir

[3] Bu özel araştırmacıların insan genlerinin patentine "sahip oldukları" yönündeki, bir ağacı veya güneşi patentleyebilmek kadar saçma olan iddiasını hatırlatıyor.

[4] Flamsteed'in işi ne kadar ağırdan aldığının bir göstergesi de gözlemevinin II. Charles tarafından kurulmuş, onun ardından William ve Mary gelmiş olmasına karşın tıkanmayı ancak Anne'nin çözebilmiş olmasıdır.

yıldız) on sekinci yüzyılda, Yunanların 2000 yıl önce kaydettiği konumdan dolunay genişliğinin iki katı (bir yay derecesinden fazla) daha uzakta görülmüştü. Buradan çıkan tek sonuç, bu yıldızların Hipparkos'un zamanından bu yana gökyüzü boyunca fiziksel olarak hareket etmiş olduklarıydı. Bu kristal küre fikrinin tabutuna çakılan son çiviydi; yıldızların Satürn'ün yörüngesinden (Uranüs ve Neptün'ün henüz daha keşfedilmemiş olduğunu hatırlayın) biraz daha büyük bir küreye bağlı küçük ışıklar olarak kavranmasının yanlış olduğunun ilk doğrudan gözlemsel kanıtıydı. Yıldızların birbirlerine göreli hareket etmelerinin kanıtlanması, aynı zamanda uzaya dağılmış üç boyutlu yıldızların bizden farklı uzaklıklarda olduklarının kanıtlanmasıydı. Bu, yıldızların bize çok küçük ışık noktacıkları olarak görünecek kadar devasa uzaklıktaki başka güneşler oldukları fikrinin doğruluğunu gösterdi; ancak en yakın yıldızların uzaklığının doğrudan ölçülebilmesi için henüz daha bir asırdan fazla bir zamana ihtiyaç vardı.

Halley'in Ölümü

Flamsteed 1719'da öldüğünde 63 yaşındaki Halley Kraliyet Gökbilimcisi olarak onun yerini aldı (resmi olarak ataması 9 Şubat 1720'de yapıldı). Flamsteed'in zamanında satın aldığı ve dul eşinin kaldırdığı aletlerin yenilerini (bu kez devlet kaynaklarının yardımıyla) edindikten sonra, Halley bu yaşlılık döneminde ay hareketlerinin on sekiz yıllık tam bir döngüsünün de dahil olduğu (nihayet, ama taşınabilir kronometrelerin gelişimi yüzünden yön bulma sorununun çözümü için çok geç bir zamanda) bütünlüklü bir gözlem programını hayata geçirdi. Yaşlılık döneminde zorluk çekmemesinin bir nedeni de, üç yıldan fazla hizmet etmiş eski bir donanma subayı olarak donanmada aldığı maaşın yarısına denk bir emeklilik geliri elde etmesi oldu. Karısı 1736 yılında ölmesine ve bu dönemde Halley hafif bir felç geçirmesine rağmen, seksen beşinci doğum gününden kısa bir süre sonra 14 Ocak 1742'de ölümüne dek gözlem çalışmalarını kesintisiz biçimde sürdürdü. Halley öldükten sonra bile en büyük gözlemlerinden ikisi başkaları tarafından hayata geçirilecekti.

Bugün Halley kuyrukluyıldızı olarak bilinen cisim, öngörüldüğü gibi tam beklendiği zamanda kendisini tekrar gösterdi. Bugün gökbilimciler kuyrukluyıldızın geçiş tarihi olarak güneşe en yakın olduğu 13 Nisan 1759 tarihini kabul etseler de, ilk kez tekrar görülmesi 1758 yılı Noel gününde oldu. Bu Newton'ın *Principia*'da ortaya koyduğu kütleçekim kuramının ve mekanik yasalarının muzaffer bir doğrulamasıydı ve Newton'ın başarısına mührü, tıpkı 160 yıl sonra bir tam güneş tutulmasının Albert Einstein'ın genel görelilik kuramına basacağı mühür gibi vuruyordu. Halley'in öngördüğü Venüs geçişleri 1761'de ve 1769'da bir kez daha dünya üzerindeki altmıştan fazla gözlem istasyonunda gözlemlendi. Onun yarım yüzyıl önce ortaya koyduğu teknik güneşe olan uzaklığı ölçmek için kullanıldı ve bugünkü ölçüm olan 149,6 milyon kilometreye oldukça yakın, 153 milyon kilometrelik çarpıcı bir sonuca ulaşıldı. Böylelikle Halley bilime son büyük katkısını ölümünden yirmi yedi yıl, *Catalogue of the Southern Stars*'la astronomi sahnesine ilk çıkışından doksan bir yıl, doğumundan 113 yıl sonra gerçekleştirmiş oldu; bunun kayıtlara geçen en uzun "aktif" başarı dönemlerinden biri olduğu kesindir. Dünyayı, fizik evren üzerine çalışmalardan çıkarsanmış olan ve yakın zamanda canlılar dünyasında türlerin çeşitliliğinin kökenlerinin anlaşılmasında kilit öneme sahip olacak uzay ve zamanın uçsuz bucaksız gerçekliğinin anlaşılmasının kıyısına kadar taşıdı.

1731 yılında Newton'ın ölümünün üzerinden sadece dört yıl geçmiş ve Halley gayet etkin bir kraliyet gökbilimcisiyken Erasmus Darwin, Charles Darwin'in büyükbabası olarak evrimin hikâyesindeki rolünü oynamak üzere hayata gözlerini açtı. Evrimi tartışmak için sahneyi doğru düzgün kurmak istiyorsak önce on yedinci yüzyıla uzanmamız gerekiyor, hikâyeyi başlatmak için balıklar konusundaki kitabı Kraliyet Derneğini kazara çaresiz bir mali duruma sürüklemiş ve Halley'i *Principia*'nın baskı parasını üstlenmek zorunda bırakmış olan doğa bilimci Francis Willughby'nin çalışması uygun bir seçim gibi görünüyor.

John Ray ve Francis Willughby: Flora ve Faunanın Doğrudan Araştırılması

Willughby'nin kitabında iki acayiplik vardı. Birincisi kitap 1686'da basıldığında o öleli on dört yıl oluyordu, ikincisi kitabın yazarı o değildi. Kitabın yine de Willughby'nin adıyla çıkmasının ardında, doğanın bilimsel araştırmasının temellerini oluşturmakta herkesten çok pay sahibi olan on yedinci yüzyılın en büyük doğa bilimcisi John Ray'le kurduğu ortaklık yatıyordu. Ray, Newton'ın fizik dünyayı düzene soktuğu gibi doğa dünyasını düzene sokan kişi olarak zaman zaman Newton'ın biyolojideki dengi biçiminde adlandırıldı; ancak onun konumu diğerlerinin daha sonra biyolojik dünyanın işleyişine ilişkin kuramlarına ve modellerine temel oluşturacak gözlemleri yapan kişi olarak daha çok Tycho'ya benzetilebilir[5]. Willughby'nin hikâyedeki yeri Ray'in arkadaşı, mali destekçisi ve çalışma ortağı olmasından kaynaklanır ve hikâyemiz esasen Ray'in Essex'deki Black Notley köyünde 29 Ekim 1627 tarihinde doğmasıyla başlar. Ahalinin önemli ama varlıklı olmadığı kesin üyelerinden biri olan köyün nalbandı Roger Ray'in üç çocuğundan biridir; annesi Elizabeth ise hasta köylüleri iyileştirmek için bitkiler kullanarak şifacılık yapan bir kadındır. Soyisimleri bölge kayıtlarında Ray, Raye ve Wray şeklinde farklı biçimlerde yazılmıştır. John da Cambridge Üniversitesine girişinden soyadını Ray biçiminde değiştirdiği 1670 yılına dek Wray olarak tanınır; bunun nedeni üniversiteye kayıt olurken "W"nin yanlışlıkla eklenmesi ve onun o dönem bu hataya işaret edemeyecek kadar çekingen olması olabilir.

Her şeye rağmen Cambridge'e girmiş olması, annesinden ayrılmış veya babasının ölmüş olmasının travması hariç, bazı yönlerden Isaac Newton'ın çocukluk yıllarını hatırlatır. Ray köy okulunda öğretilebileceklerin çok daha fazlasını kavrayabilecek zeki bir

[5] Charles Darwin elbette Newton'ın biyoloji bilimindeki karşılığı için daha uygun bir aday olurdu. Darwin'in dev çalışmasının Newton'ın ölümünden yaklaşık 150 yıl sonra basılmış olması, on yedinci yüzyılın sonunda fizik biliminin biyolojinin ne kadar ilerisinde olduğunun (kısmen psikolojik nedenlerle, insanların kendilerini bilimsel araştırmaya uygun birer nesne olarak kabul etmekten çekinmeleri sebebiyle) net bir göstergesidir.

çocuktu ve Black Notley'in iki rektörünün becerilerine gösterdikleri ilginin faydasını gördü. Bunlardan ilki Thomas Goad 1638'de öldü, onun yerini alan Joseph Plume bir Cambridge mezunuydu ve muhtemelen Ray'in Braintree'deki ikinci kademe okula gönderilmesini sağlayan da o oldu. "Gramer okulu" türündeki bu okul klasikler haricinde fazla bir eğitim sunmuyordu; Ray burada öylesine sağlam bir Latince temeli edindi ki Latincesi birçok konuda İngilizcesinden akıcıydı ve sonrasında hemen hemen tüm bilimsel çalışmalarını bu dilde kaleme aldı. Braintree'de Ray bir başka din adamının daha, Trinity College mezunu olan Braintree papazının[6] dikkatini çekti. Onun sayesinde Ray 1644 yılında 16½ yaşındayken Cambridge'e gidebildi.

Ailesinin üniversite eğitiminin parasını ödemesi katiyen mümkün değildi ve bu bazı sorunlara sebep oldu. Ray 12 Mayıs 1644'te görünüşe göre Samuel Collins'in aracılık ettiği bir çeşit burs sözüyle Trinity College'e subsizar olarak resmen kabul edildi. Bu plan suya düşmüş olsa gerek ki, bazı ipler çekildi ve Ray 28 Temmuz'da Catherine Hall'e geçti. Bunun nedeni Braintree papazının çekebileceği iplerin o makam sahibine bağışlanan bir vasiyete bağlı olması ve bunun "Cambridge Üniversitesinde, sadece Catherine Hall ve Emmanuel College'da umut veren fakir öğrencilerin burslu" bakımını sağlamasıydı. Trinity'de Ray "Ray, John, Sizar" olarak kayda geçerken, Catherine Hall'e "Wray, burslu" olarak kabul edildi. Sıra bir yere yerleşebilmenin rahatlığını yaşamaktan adının doğru yazılışına gelmemiş olsa gerek.

İç Savaş ve onunla bağlantılı çok ağır sorunlar yaşanırken Cambridge'te her şeyin sorunsuz geçmesi düşünülemezdi. Bölge kesin bir biçimde parlamenter (püriten) hizbin elindeydi ve kralcılar (hâttâ yeterince püriten olmayan kraliyet karşıtları) üniversitedeki konumlarını kaybetme tehlikesini göze almak zorundaydı. 1645'te Catherine Hall'un akademik yöneticisinin başına gelen de bu oldu ve kısmen bunun doğurduğu olayların bir sonucu olarak (ve aynı zamanda Catherine Hall'un o dönemin akademik dünyasında fazla başarılı olmamasından kaynaklı) Ray 1646'da Trinity'ye subsizar olarak tekrar geçiş yaptı. Artık sıra dışı ba-

[6] Papazın ismi Samuel Collins'di; ama bir dönem Cambridge'teki King's College'in müdürü olan ünlü Samuel Collins değildi.

şarıya sahip bir burslu öğrenci olarak tanınırlık kazanmıştı ve Trinity de onu kabul etti. Burada yine eski okulunun (Peterhouse) akademik yöneticisi görevden alındıktan sonra Trinity'ye transfer olan bir başka öğrenciyle, (geleceğin Lucas profesörü) Isaac Barrow'la arkadaş oldu. Barrow kralcı (bu yüzden Cambridge'te sadece Restorasyondan sonra öne çıktı), Ray ise püritendi; ama ikisi iyi arkadaş oldu ve aynı odalarda kaldılar.

Ray eğilim itibarıyla bir püriten olmasına karşın kör bir biçimde resmi parti çizgisini takip etmiyordu ve bu sonraki yaşamını önemli biçimde etkileyecekti. Püriten kilisesine üye olmanın dışa karşı göstergelerinden biri, presbiteryanizmin nişanesi olarak Akit olarak bilinen bir dizi dinsel fikri onaylamaktı. 1638'de İskoçyalı kilise adamlarınca imzalanan orijinal Akit, İskoçya'da İngiltere Kilisesinin Katolikliğe fazla yakın olarak görülen uygulamalarının I. Charles ve Canterbury Başpiskoposu William Laud tarafından dayatılması yönündeki girişimleri reddetmiş ve İskoçya Kilisesinin presbiteryen ilkelerine ve reforme edilmiş inancına onay (veya yeniden onay) vermişti. Parlamentonun İngiliz Kilisesini presbiteryen çizgi doğrultusunda (akitle uyumlu şekilde) reforme edeceğinin sözünü vermesiyle birlikte bu dinsel sözleşmenin kabul edilmesi, İskoçların İngiliz İç Savaşının ilk aşamasında parlamentoya verdikleri desteğin temel şartıydı; bu (başka şeylerin yanı sıra) esasen piskoposların lağvedilmesi anlamına geliyordu.[7] Birçok kişi samimi dinsel inançları doğrultusunda dinsel sözleşmeyi resmi bir biçimde onayladı; çok sayıda başkası yetkili mercilerle sorun çıkmaması için biçimsel olarak imza attı. Ray gibi bazıları da Püriten hedeflere sempati duyuyor olsalar bile resmi olarak hiç imzalamadı. Barrow gibi başka bazıları da kariyerlerini mahvedecek olsa dahi ilkesel olarak imza atmayı reddettiler.

Reform sürecinin Ray için ilk kişisel sonucu 1648'de mezun olup sonraki yıl (Barrow'un üyeliğe seçildiği günle aynı gün) Trinity üyesi olmasına rağmen kendisine dinsel merasim yapılmaması oldu. Diğer kurumlar gibi Trinity de piskoposlar olmaz-

[7] İç savaşın gelişiminde içerisine düştüğü felaket derecede karman çorman durumda İskoçların taraf değiştirmesinin nedeni, daha sonra hem I. Charles hem de II. Charles'ın Akiti kabul etmeleridir ama bunun bilim tarihiyle pek bir ilgisi yoktur.

sa birisinin dinen görev üstlenebilmesinin mümkün olmayacağı görüşündeydi. Dolayısıyla Ray her zaman papazlığa atanma ve hayatını dinsel çalışmalara adama eğiliminde olan biri olmasına rağmen, bu gereklilik iptal edilmiş oldu. Sonraki on yılı aşkın süre boyunca Ray sırasıyla Yunanca, matematik ve beşeri bilimler dersleri verdiği öğretim görevlisi pozisyonları, bunların yanı sıra üniversite yönetiminde çeşitli idari görevler üstlendi. Babası 1665 yılında öldüğünde (diğer kardeşleri genç yaşta ölmüşe benziyorlar) artık annesi için Black Notley'de mütevazı bir ev yaptırabilecek ve dulluğunda ona bakabilecek bir maddi düzeye ulaşmıştı. Okul görevleri kapsamında öğretim üyelerinin istedikleri konuyu çalışma özgürlüğü vardı, o da botanikle ilgilenmeye başladı. Bitkiler arasındaki farklılıklar onu büyüledi ve etrafta farklı türlerin birbirlerinden nasıl ayrıldıklarını kendisine öğretebilecek birisini bulamayınca, isteyen öğrencilerin yardım için kaydolmalarını duyurarak kendi sınıflandırma şemasını oluşturmaya koyuldu. Willughby de sahneye işte bu dönemde çıktı.

Francis Willughby John Ray'den çok farklı bir kökenden geliyordu. Warwickshire'daki Middleton Hall'da aristokrasinin alt düzeyde bir üyesi olan Sir Francis Willughby'nin oğlu olarak 1635 yılında dünyaya geldi. Annesi ilk Londonderry Kontunun kızıydı ve genç Francis hayatında hiç para problemi yaşamadı. Mali kaygıları olmayan ama zeki bir beyne ve doğal dünyaya ilgiye sahip Willughby, zamanının muhiti geniş beyefendi amatör bilim adamlarına örnek teşkil eden birisi haline geldi; hâttâ 25 yaşında Kraliyet Derneğinin kurucu üyelerinden biri oldu. 1652'de Cambridge'e geldi ve kısa süre içerisinde Ray'in doğabilimciler çevresinin bir üyesi ve kendisinden daha yaşlı bu adamın samimi bir dostu oldu. Ray'in bitkilere duyduğu ilgi dışa doğru ilk meyvesini 1660'da (Willughby yüksek lisans derecesini aldıktan bir yıl sonra) üniversiteyi çevreleyen bölgenin bitki yaşantısını betimleyen *Cambridge Catalogue*'unun[8] [*Cambridge Kataloğu*] basılmasıyla verdi. Kariyeri seçkin bir Cambridgeli akademisyen olmaya doğru ilerlerken Restorasyon dönemiyle birlikte her şey değişti.

---

[8] Kitaplarının çoğu Latinceyle yazılmış olmalarına karşın referanslar genellikle İngilizce adlarıyla verilmiştir.

Trinity'deki otoriteler bütün olup bitenlerin ardından 1658 yılında tekrar öğretim üyelerinin törenle papaz ünvanı almalarına karar verince işler değişmeye başladı. Ray 1659'da Cheadle'da yaşaması önerildiğinde bile ağırdan alarak ayak sürümeye devam etti. Sadece biçimsel bir icap gereği gerekli yeminleri etmeyi ahlaka aykırı buldu ve bu yeminlerde söylendiği gibi kendisini Tanrının yoluna adamayı gerçekten isteyip istemediğine karar vermek için bir vicdan muhasebesi yapma zamanının verilmesini istedi. 1660 yazında, Restorasyon döneminde halen daha karar verememiş olan Ray Willughby'yle birlikte Kuzey İngiltere ve İskoçya'nın flora ve faunasını* incelemek üzere yolculuk yapmaktaydı.[9] Cambridge'e döndüğünde püriten meslektaşlarının çoğunun işten çıkartılıp yerlerine kralcıların atanmış ve kendisinin tüm içeriksiz biçimler gibi hakir gördüğü eski kilise ritüellerinin piskoposlarla birlikte geri getirilmiş olduğunu gördü. Cambridge'teki konumunu kaybedeceği düşüncesiyle bir süre kendisini geri çekti ancak onu değerli bir öğretim üyesi olarak değerlendiren üniversite geri dönmesini istedi; en nihayetinde o hiçbir zaman imza atan Akitçilerden biri olmamıştı. Kendisini üniversiteye nit hissettiği için geri döndü ve aynı yılın sonu gelmeden Lincoln Piskoposu tarafından papazlık makamına atanarak takdis edilme gerekliliğini yerine getirdi. 1661 yılında gelen Kirkby Lonsdale'de zengin bir hayat sürme önerisini reddederek kariyerine üniversitede devam etmeyi tercih etti.

Ardından her şey ters gitmeye başladı. I. Charles iç savaş sırasında siyasal menfaatleri gereği Akit'e bağlılık sözü vermiş olmasına rağmen artık iktidarda olan oğlunun bu söze sadık kalmaya hiç niyeti yoktu. Başkalarının da böyle bir yeminle kendilerini bağlamaları için herhangi bir neden görmüyordu; 1662 yılında tüm rahiplerin ve üniversite kürsüsü sahiplerinin Akit'e ettikleri yeminin yasadışı olduğunu ve bu tür bir yemin edenlerin buna bağlı olmadıklarını deklare eden İntizam Yasası çıkartıldı. Çoğu

flora ve fauna: bitki ve hayvan türleri, belirli bir bölgedeki bitki ve hayvan varlığı –çn.

* Bu yolculuğun ve ülkede farklı meslektaşlarıyla yaptığı benzer araştırma gezilerinin sonuçları 1670 yılında *English Catalogue* adıyla yayımlandı.

insan gönülsüzce de olsa İntizam Yasasının gereğini yetirdi. Ray ise yeminlere önemli bir anlam yüklüyordu ve buna kralın (veya bir başkasının) bu tarzda müdahale edebilmesini kabul edemezdi. Kişisel olarak Akit'e imza atmamış olmasına rağmen buna imza atanların hatalı davrandıklarını, yeminlerinin yasadışı olduğunu ve bağlayıcı olmadığını resmi olarak açıklamayı reddetti. Kralın emirlerine uymayı reddeden Trinity'deki tek öğretim üyesi, tüm üniversitede ise sadece on iki öğretim üyesinden biriydi (sıkı Akit savunucularının zaten 1660'da işten çıkarıldıklarını hatırlatalım). 24 Ağustos'ta tüm görevlerinden istifa etti ve işsiz bir rahip haline geldi. Bir papaz olarak laik bir görev üstlenemezdi; resmi kiliseyle uyumsuzluğu yüzünden de papazlık yapamazdı. Tüm umutlarını yitirmiş bir halde annesinin Black Notley'deki evine geri döndü, onu aç bilaç yaşamaktan kurtaran tek şey dostu Willughby'nin yardımlarıydı.

1662 yılında Ray, Willughby ve Ray'in eski öğrencilerinden Philip Skippon bu kez İngiltere'nin batısına doğru uzun bir keşif yolculuğuna çıkarak vahşi doğa hakkındaki flora ve fauna çalışmalarını geliştirdiler. Canlı türlerinin fiziksel formları ve yaşam biçimlerinin anlaşılmasında çevresi ve habitat adı verilen doğal yetişme ortamları içerisinden doğrudan bilgi edinilmesinin esas olduğu ve sınıflandırma şemalarının sadece korunmuş müzelik numunelere dayanmayıp gözlemlenmiş alan davranışlarını dikkate alması gerektiği fikrinin öncülüğünü yaptılar. Bu yolculuk esnasında Ray'in o dönem başka bir görevi olmadığı için kıta Avrupasına beraberce, Ray bitki yaşamına odaklanırken Willughby'nin kuşları, yırtıcı hayvanları, balıkları ve böcekleri inceleyeceği genişletilmiş bir yolculuk yapmaya karar verdiler (o günlerde böcek kavramı kuş, yırtıcı hayvan veya balık olmayan her şeyi kapsayacak şekilde kullanılıyordu). Başka bir Trinity'li Nathaniel Bacon'la üye sayısı arttırılan ekip 1663 yılı Nisan ayında Dover'dan elbette Ray'in harcamaları diğer üyelerce karşılanarak denize açıldı. Yolculukları Kuzey Fransa, Belçika, Hollanda, Almanya'nın bazı bölgeleri, İsviçre, Avusturya ve İtalya'yı kapsadı; Willughby ve Bacon burada diğerlerinden ayrılarak 1664 yılında eve döndüler. Willughby 1665'te Kraliyet Derneğine keşif gezisinin bu ilk bölümüyle ilgili bir rapor sundu. Ray ve Skippon bu arada Malta ve

Sicilya'ya gittiler, İtalya'nın merkezinden yolculuklarına devam ederek bir süre Roma'da kaldılar (burada Ray daha sonra Derneğin sonuçlarını yayımlayacağı bir kuyrukluyıldızın gökbilimsel gözlemini gerçekleştirdi) ve Kuzey İtalya, İsviçre ve Fransa üzerinden 1666 yılı ilkbaharında tekrar İngiltere'ye döndüler. Ray ve Skippon yolculukları ve geçtikleri ülkelerle ilgili ayrıntılı kayıtlar tuttular ama öncelikli amaçları doğadaki canlıların araştırılmasıydı ve bu gezi Ray'in ün kazanacağı muhteşem kitaplarının ham verilerini sağladı. Ray açısından bu Avrupa yolculuğunun Charles Darwin'in *Beagle*'la çıktığı yolculuğun dengi olduğu söylenir ve Darwin gibi Ray'in de elindeki tüm veri ve numuneleri düzenlemesi ve bunlardan sonuçlar çıkarabilmesi için yıllar gerekmiştir. Ama sonunda bu beklemeye değecek bir sonuca ulaşıldı.

Ray İngiltere'ye döndüğünde kafasında doğadaki canlı yaşamın kapsamlı bir resmi ve elinde kendisinin ve yolculuk arkadaşlarının gerçekleştirdiği çizimler, topladıkları numuneler ve yaptıkları diğer gözlemlerden oluşan dev bir birikim vardı. Kraliyet Derneğinin çiçek açtığı İngiltere'de bilim açısından bereketli bir dönem yaşanıyordu ve Ray'in okuyup arayı kapatması gereken (ve onun büyük bir istekle saldırdığı) şeyler arasında Hooke'un *Micrographia*'sı ve Boyle'un ilk dönem çalışmaları yer alıyordu. Öte yandan yerleşerek malzeme ve fikirlerini düzene sokabileceği bir üsse sahip değildi. İzleyen birkaç ay çeşitli arkadaşlarında kaldı ve 1666/1667 kışını koleksiyonlarını Willughby'yle birlikte belli bir düzene soktukları Middleton Hall'da geçirdi (Sir Francis öldüğü için Willughby artık evin reisiydi). Ray ve Willughby 1667 yazında tekrar İngiltere'nin batısına seyahat ettiler ve Ray sonraki birkaç yıl boyunca başka bazı keşif gezilerine daha çıktı; bu arada evdeki konumuna resmiyet kazandırarak Willughby'nin Middleton Hall'daki özel din görevlisi oldu. 1667 sonunda Kraliyet Derneğine üye seçildi ama olağandışı koşulları göz önüne alınarak kayıt ödemesinden muaf tutuldu.

40 yaşına ulaşan Ray (Willughby ondan sekiz yaş küçüktü) topladığı malzeme birikimini düzenlemek ve canlılar dünyasının bir derlemesini sunan bir dizi kitabı Willughby'yle birlikte basmak için geniş olanaklara sahip bir yaşam sürdürebileceği, güvenli bir yer bulmuş görünüyordu. Willughby 1668'de yüklü bir miras sahi-

bi olan Emma Barnard'la evlendi ve o dönemdeki birçok çift gibi hızla ardı ardına çocuk yaptılar; Francis, Cassandra ve (ağabeyi 19 yaşında ölünce tüm mülkü miras olarak alan ve daha sonra Kraliçe Anne tarafından Lord Middleton yapılan) Thomas. 1669 yılında Ray'le beraber Chester'ı ziyaretleri sırasında Willughby yüksek ateşli bir hastalığa tutuldu. Sağlığı neredeyse 1670 yılı ortasına dek bozuk kaldı; 1671'de eski haline dönmüş gibi göründü ancak 1672'de tekrar ciddi biçimde hastalanarak 3 Temmuz tarihinde otuz yedi yaşındayken öldü. Ray, Willughby'nin vasiyetnamesinde yer alan beş kişiden biriydi; Willughby ona yıllık 60 poundluk bir gelir ve iki oğlunun eğitiminin sorumluluğunu bıraktı (kızların eğitime ihtiyacı olmadığı doğal kabul görüyordu). Ray bu sorumlulukları ciddiye aldı ve başka keşif gezilerine çıkmadı, Middleton Hall'e yerleşerek kendini Willughby'nin ve kendisinin yaptığı önceki çalışmaların sonuçlarını yazmaya adadı.

Konumu göründüğü kadar rahat değildi çünkü Willughby'nin dul eşi Ray'den hoşlanmıyor ve ona kaybettiği kocasının dostundan çok bir hizmetli gibi davranıyordu. Başlangıçta bunun doğurduğu gerilim, ona karşı çok daha iyi niyetli olan Willughby'nin annesi Lady Cassandra'nın etkisiyle hafifliyordu; ancak o 1675'te ölünce Emma Willughby hareket özgürlüğü kazandı ve kısa zaman içerisinde Ray'in "iğrenç bir biçimde hırslı" diye tanımladığı çok zengin bir adam olan Josiah Child'la evlendi. Ray artık Middleton Hall'de kalamazdı ve taşınmak zorunda kaldı. Hâlâ Willughby'nin kendisine bıraktığı yıllık 60 poundluk gelire sahipti ama Willughby'nin Middleton Hall'deki koleksiyonuna ulaşma olanağı yakın bir gelecekte gözükmüyordu ve planladıkları yayın programını hayata geçirmesi kolay olmayacaktı.

Öte yandan Ray'in koşulları, sanki geleceği görmüş gibi 1673 yılında Middleton malikânesinden bir kızla evlendiğinde değişmişti; Margaret Oakley bir hizmetçi değil, çocuklardan muhtemelen mürebbiye olarak bir biçimde sorumlu bir "hanımefendiydi". Kendisinden 24 yaş küçüktü ve ilişkileri aşk evliliğinden ziyade pratik bir düzenlemeydi (Isaac Newton'ın annesinin ikinci evliliği gibi); yine de hemen çocukları olmamasına karşın mutlu oldular. Ray 55 yaşına geldiğinde Margaret ikiz kız çocukları doğurdu, hemen ardından onları iki başka kız daha izledi.

Middleton Hall'dan çıkarıldıktan sonra Ray'ler önce Black Notley'in yakınındaki Sutton Coldfield'da yaşadılar. 1679 yılında Ray'in annesi ölünce annesini yerleştirdiği eve kendileri geçti ve yıllık 60 poundun yanı sıra çevredeki arazilerden gelen yıllık yaklaşık 40 poundla geçimlerini sağladılar (arazinin aileye nasıl geçtiğini tam olarak bilmiyoruz). Bu para ailenin geçimini ve (sonraki birkaç yılda gelen iş tekliflerini geri çeviren) Ray'in biyoloji alanını derleyip toparlayacak muhteşem kitap dizisini tamamlayacağı sonraki çeyrek yüzyılda istediği konuda kesintisiz çalışabilme özgürlüğünü sağlamaya yetti. Ray (İngiliz dili ve lehçeleri üzerine kitaplar dahil) çok sayıda başka kitap yazmasına karşın biz bunlardan sadece en önemlilerine değineceğiz.

Ray her zaman samimi bir alçakgönüllükle Willughby'nin (hem entelektüel hem mali) yardımı olmadan hiçbir başarıya ulaşamayacağını düşünürdü. Bu yüzden önceliği, canlı yaşamın incelenmesinde yaptıkları dostça işbölümü uyarınca, yaşasaydı Willughby'nin sorumluluğunda olacak olan kuşlar ve balıklar üzerine kitapların basımını sağlamaya verdi. Kuşlar hakkındaki kitap esasen Ray Middleton Hall'u terk etmek zorunda kaldığında tamamlanmıştı ve 1677 yılında Francis Willughby'nin *Ornithology*'si [*Kuşbilim*] olarak basıldı. Ray balıklar hakkında da (kendi başına ve Willughby'yle beraber) kapsamlı bir çalışma yapmış olmasına rağmen 1675'te bu başlıkta yapılacak henüz daha çok iş vardı ve ancak 1679'da Black Notley'e yerleştikten sonra bu proje üzerine çalışmaya tekrar dönebildi. Middleton Hall'de topladıkları malzemeye ulaşımda yaşadığı güçlüklere karşın bu çalışmayı tamamladı. *Ornithology* gerçekte Ray ve Willughby'nin ortak bir çalışması olarak görülebilirdi ama *History of Fishes*'ta [*Balıkların Tarihi*] Willughby'nin (örnek toplamasına karşın) çok az emeği vardı ve aslında Ray'in yazdığı bir kitap olarak değerlendirilmeliydi. Buna karşın 1686'da Kraliyet Derneğine 400 pounda malolarak harika çizimlerle basılan *History of Fishes* Francis Willughby'nin adıyla yayımlandı.

Ray işbölümünde Willughby'nin bıraktığı boşlukları doldururken bir yandan da ilk aşkı botanik üzerine çalıştı ve muazzam *History of Plants* [*Bitkilerin Tarihi*] kitabının ilk cildini 1686'da, onu izleyen ikinci cilti 1688'de ve üçüncüsünü 1704'te yayımladı.

Kitap 18.000'den fazla bitkiyi akrabalıkları, biçimbilim, dağılım ve yaşam alanları yönünden sınıflandırıyor, farmakolojik kullanımlarını listeliyor ve bitki yaşamlarının tohum çimlenmesi süreci gibi özelliklerini betimliyordu. Hepsinden daha önemlisi sınıflandırmanın temel birimi olarak temele türleri yerleştiriyordu. Terimin modern anlamıyla tür kavramını ortaya atan kişi Ray'di; bir türün üyeleri bizzat Ray'in ifadesiyle "asla başka bir türün tohumundan doğmazdı". Daha dinsel bir ifade kullanırsak köpekler köpeklerden, kediler kedilerden peydahlanır; kedi ve köpekler bu yüzden birbirinden ayrı türlerdir.

Ray *History of Plants*'in üçüncü cildinin yayımlanmasından bir yıl sonra 17 Ocak 1705'te 77 yaşındayken hayatını kaybetti. Taslak halinde bıraktığı son büyük çalışması *History of Insects* [*Böceklerin Tarihi*] ölümünden sonra 1710 yılında basıldı. Willughby'nin erken ölümüne, yaşadığı mali sorunlara, son yıllarında bozulan sağlığına ve ayrıca kâğıda döktüğü başka çalışmalara rağmen uzun yıllar önce Willughby'le beraber önlerine koydukları biyolojik dünyanın bir düzene sokulması zorlu görevini tek başına tamamlamıştı.

Canlılar dünyasının incelenmesini daha önce var olan karmaşadan kurtarıp bir düzene ve mantığa kavuşturarak botanik ve zooloji çalışmalarını bilimsel bir uğraş haline getiren kişi olma sıfatını en çok hak eden kişi Ray oldu.[10] Fizyoloji, morfoloji ve anatomiye dayalı net ve açık bir türüne göre sınıflandırma sistemi icat etti ve bu sayede büyük oranda Ray'in kendi adıyla ve Willughby'in imzasıyla basılan çalışmalara yaslanmasına karşın (bu borcu her zaman teslim etmeksizin) kendisinden daha fazla ün kazanan Linnaeus'un çalışmasının taşlarını döşedi. Derin bir dinsel inanca sahip olmasına karşın Ray Kutsal Kitap'taki yaradılışa ilişkin açıklamaları, sadece (türlerin sabit olmadığı ve nesiller geçtikçe değişebileceğini öne sürmenin kıyısına geldiği) canlılar dünyasındaki çeşitlilik yönünden değil, aynı zamanda bir zamanlar yaşamış yaratık ve bitkilerin kalıntıları olarak ilk tanımlayanlarından biri olduğu fosiller üzerine çalışmalarında

[10] Ray'den önce bitkiler ve hayvanlar alfabetik sıraya göre "sınıflandırılıyor" ve bunların içerisinde tek boynuzlu at gibi mistik yaratıklar da yer alıyordu. Bu kelimenin sözlük anlamıyla bir karmaşa sayılmaz belki ama bilimsel olmadığı kesin!

kendi gözleriyle gördüğü kanıtlarla da bağdaştırmakta zorlandı. 1661 gibi erken bir tarihte o zamanlar verilen isimle "yılan taşları" konusunda notlar aldı ve 1660'larda Hooke'un ve (daha kısa olan) Steno'nun öncü çalışmalarının ardından yazılarında tekrar tekrar bu konuya döndü. Bugün fosilleşmiş türlerin canlı formlarının olmayışının, zamanında tüm türlerin yeryüzünden silindiğine işaret edip edemeyeceği konusunda kafa yordu ve yüksek dağlardaki kayalarda balık fosillerinin var olmasının bundan çok uzun zaman önce dağların yukarı yükseldiğine işaret edip edemeyeceği fikrini tartıştı (ve reddetti).[11] 1663 yılı gibi erken bir zamanda Bruges'da yazarken "500 yıl önce deniz olan yerlerde" bulunan toprağa gömülmüş bir ormandan bahsediyor ve şöyle diyordu:

> Tüm eski çağ kayıtlarından yıllarca önce bu yerler topraktı ve ormanla kaplıydı; denizin şiddetine uğradıktan sonra nehirler dünyayı dize getirince ve çamur ağaçları kaplamaya yetince, bu sığlıkları doldurup tekrar düz toprağa çevirinceye dek suyun altında varlıklarını sürdürdüler... bu eski zamanda denizin dibi o kadar derindeydi ve burada kendilerini denize boşaltan bu büyük nehirlerin tortusundan ortaya çıkan dünya yüz ayak kalınlığındaydı ki... bu alışılageldik kayıtlara göre dünyanın 5600 yılı bile bulmayan yaşını göz önüne aldığımızda son derece gariptir[12].

Ray'in şaşkınlığı, jeolojik zamanın süresinin gerçek büyüklüğünü kavrama yolunda bir yandan kanıtları gözleriyle görüp öbür yandan kendilerini bunun sonuçlarını kabul etmeye hazır hale getiremeyen insanların ne kadar zorlandıklarını tam anlamıyla göstermektedir. Tekrar jeoloji tarihine girmeden önce Ray'in çalışmasının Linnaeus yoluyla, başarılı bir evrim kuramının esas habercisi olan canlılar dünyasının bilimsel kavranışının gelişmesine nasıl yol açtığını görmeliyiz.

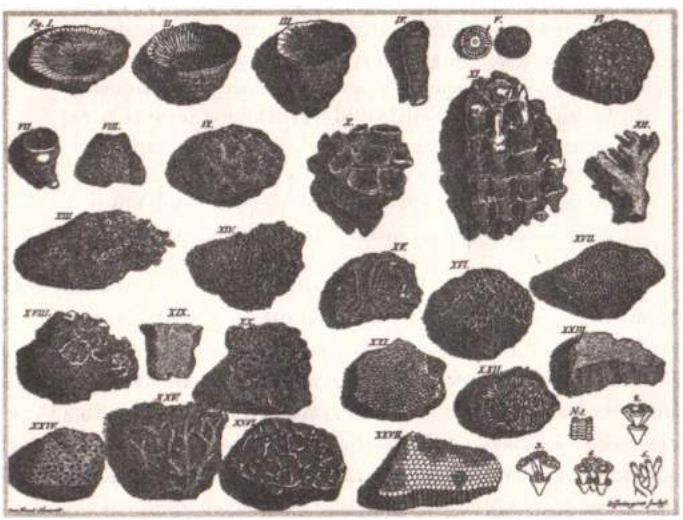
---

[11] 1660'larda kafaların doğa ve yaşamın kaynağı konularında ne kadar karışık olduğunu anlamak için Francesco Redi'nin (1626–1698) sineklerin yumurtlamasından uzak tutulmuş et parçalarıyla gerçekleştirdiği dikkatli deneylerle kurtların çürümüş etlerden birdenbire kendiliğinden doğmadıklarını ispatlamasının ancak 1668 yılında mümkün olabildiğini belirtelim.

[12] Ray'in *Observations* [*Gözlemler*] kitabı, Raven'den alıntılanmıştır.

Carl Linnaeus ve Türlerin Adlandırılması

Carl Linnaeus bu kitapta çalışmalarını anlattığımız bilim insanları içerisinde ismini latinceden anadiline çeviren tek kişidir. Bunun nedeni daha önce babasının soyadını latinceleştirmiş olmasıdır; Nils Ingemarsson ismiyle tanınan bir rahip olan babası tarlasında yetişen büyük bir ıhlamur ağacından yola çıkarak Linnaeus adını soyadı olarak almıştır. Taşıdığı önem konusunda abartılı bir düşünceye sahip gösterişçi biri olan (Carolus olarak da bilinen) Carl'ın bu şatafatlı ismi değiştirmesinin tek nedeni, 1761'de (geçmişi 1757 yılına dayanan) bir soyluluk ünvanına layık görülmesinin ardından Carl von Linné haline gelmesidir. Gelecek nesiller ise onu sadece Linnaeus olarak hatırlamışlardır.[13]



19. *Carl Linnaeus'un* Såsom Naturforskare Och Läkare, *1746 kitabından bir sayfa.*

[13] Linnaeus'un ölümünden sonra basılan ve bir sonraki kuşaktaki algısını yaratan en az dört otobiyografik anı kitabı yazmış olması, kendisine aşırı değer verdiğinin bir göstergesidir. Bazı yaldızlanmış başarılarına ihtiyatla yaklaşmakta fayda var ama bilimsel çalışmalarının tuttuğu yer bu tip bir parlatmaya gerek duyulmayacak kadar açıktır.

Linnaeus İsveç'in kuzeyindeki Kuzey Råshult'ta 23 Mayıs 1707 tarihinde doğdu. Ailesi zengin değildi ve Linnaeus'ın babasının izinden giderek rahiplik yapması bekleniyordu. Bu plana o kadar az ilgi ve eğilim gösterdi ki öğretmenlerinden biri müdahale edip genç adamın tıp alanında ilerleyebileceğini söylemese, babası onu bir ayakkabıcıya çırak olarak vermek üzereydi. Birkaç haminin maddi yardımlarıyla Linnaeus 1727'de Lund Üniversitesinde başlayıp 1728'den 1733'e dek Uppsala'da sürdürdüğü tıp eğitimini tamamlamayı başardı. Küçüklüğünden beri bitki yetiştirmeye ilgi duyardı; üniversitede botanik üzerine yaptığı okumalar tıp öğrencilerinin alması gereken ders müfredatının çok ötesine uzandı. Fransız botanikçi Sébastian Vaillant'ın (1669–1722) 1717 yılında ileri sürdüğü, bitkilerin cinsel olarak çoğaldıkları ve hayvanların üreme organlarına denk düşen şekilde erkek ve dişi parçalara sahip oldukları yönündeki yeni fikir onu çok etkilemişti. On sekizinci yüzyılda bunun farkına varılışındaki yenilikçi cesaret, bitkilerin cinsel çoğalması fikrini ilk kabul eden ve kullananlardan biri olan Linnaeus'un dahi tozlaşmada böceklerin rolünü daha tam olarak anlayamamış olduğu olgusundan çıkarsanabilir.

Bir yandan tıp çalışmalarını sürdüren Linnaeus, çiçekli bitkilerin üreme organları arasındaki farklılıkları bitkilerin sınıflandırılma ve kataloglanmasında bir araç olarak kullanma fikrini geliştirdi. Her şeyin listesini yapan (pul koleksiyoncularının ilk örneği) takıntılı bir katalogcu olduğu için bu adımı atmak onun için doğaldı. Profesör olduğunda öğrencilerle yaptığı botanik gezilerini askeri bir disiplinle örgütlerdi; hâttâ öğrenciler "botanik üniforması" adını taktıkları özel hafif kıyafetler giyerlerdi. Her zaman saat 07.00'de başlar, 14.00'de öğle yemeği arası ve 16.00'da kısa bir mola verirlerdi; aralarda profesör tam olarak her yarım saatte bir sunum yapardı. Bir arkadaşına yazdığı mektupta Linnaeus "sistematik olarak düzenlenmemiş hiçbir şeyi anlayamadığından" bahsetmişti.[14] Birçok kişiye bu gurur değil kaygı duyulacak bir bozukluk olarak görünebilir ama Linnaeus burada anormal derecede takıntılı davranışlarını yönlendirebileceği en doğru kanalı bulmuştu. Çok geçmeden bu yeteneğinin farkına varıldı.

[14] Frängsmyr içerisinde, Sten Lindroth'tan alıntılanmıştır.

Uppsala'da 1730'dan itibaren profesörlük yapan Olaf Rudbeck'in yerine üniversitenin botanik bahçelerinde gösterimler gerçekleştirdi ve 1732'de Uppsala Bilim Derneği onu o dönem halen daha gizemli kuzey toprakları içerisinde yer alan Lapland'a yerel gelenekleri araştırmak ve botanik numuler toplamak üzere kapsamlı bir keşif gezisine gönderdi.


CAROLI LINNÆI
Naturæ Curioſorum *Dioſcoridis Secundi*
SYSTEMA
NATURÆ
IN QUO
NATURÆ REGNA TRIA,
SECUNDUM
CLASSES, ORDINES, GENERA, SPECIES,
SYSTEMATICE PROPONUNTUR.
Editio Secunda, Auctior.
STOCKHOLMIÆ
Apud GOTTFR. KIESEWETTER,
1740.

20. Systema Naturae*'nin* [Doğa Sistemi] *kapak sayfası, 1740.*

Linnaeus 1735'te Hollanda'daki Hardewijk Üniversitesinde tıp alanında yüksek lisansını tamamlamadan önce 1734 yılında Linnaeus başka bir keşif gezisine, bu kez İsveç'in orta bölgelerine yapılan bir botanik gezisine çıktı. Ardından Leiden Üniversitesine geçti, 1738'de İsveç'e döndü ve 1739'da (bir doktorun kızı olan) Sara Moraea'yla evlendi. Uppsala'da tıp eğitmenliği kürsüsüne atandığı 1741 yılına dek Stockholm'de doktorluk yaptı. 1742'de

de botanik kürsüsüne geçerek yaşamının sonuna dek bu kürsüde kaldı. 10 Ocak 1778 tarihinde Uppsala'da öldü. Tüm kusurları bir yana Linnaeus çekici bir adam ve sevilen bir öğretmendi; öğrencileri onun sınıflandırma konusundaki görüşlerini, yaşarken ve ölümünden sonra birçok yere taşıyarak yaydılar. Fikirleri konusunda en çarpıcı yön, hepsine esas itibariyle öğrenciyken ulaşmış olması ve Hollanda'ya vardıktan hemen sonra 1735 gibi erken bir tarihte bu fikirlerini olgun biçimiyle *Systema Naturae* [*Doğa Sistemi*] içerisinde yayımlamış olmasıydı. Çalışma çok sayıda gözden geçirme ve yeniden basım yaşadı; bugün Linnaeus'un adıyla hatırlanan en büyük yenilik olan ve ilk kez 1753'te çıkan kitabı *Species Plantarum*'da [*Bitki Türleri*] karşımıza çıkan her türün iki kelimelik bir isimle sınıflandırıldığı ikili sistem, 1758 yılında (Halley kuyrukluyıldızının dönüş yılında) yayımlanan onuncu baskının I. cildinde ayrıntılarıyla açıklandı. Başka bazı kavramların yanı sıra *memeliler, primatlar* ve *Homo sapiens* kavramlarının biyolojiye hediye edilerek tanımlandığı kitap, bu onuncu baskıydı.

Türlere iki kelimelik isimler verme fikri aslında tamamen yeni değildi ve eski çağlardaki metinlerde de görülürdü ama Linnaeus'un yaptığı bunu kesin temel kurallara sahip sistematik bir kimlik saptama yöntemine çevirmekti. Bizzat Linnaeus'un, öğrencilerinin ve onlardan da önce gelen Ray gibilerinin gerçekleştirdiği alan araştırmaları olmasa, türleri ayırıcı özelliklerine göre tanımlama ve sınıflandırma çabaları olmasa, tüm bunların hiçbir anlamı olmazdı. Çeşitli kitaplarında Linnaeus yaklaşık 7700 bitki türü ve 4400 hayvan türünü betimleyerek hepsine ikili sistemi uyarınca isim verdi. Canlılar dünyasındaki her şey Linnaeus tarafından, daha geniş sınıflandırmalar olan âlem ve sınıftan daha alt ayrımlar olan takım ve familyalara ve en nihayet türlere dek bir tür akrabalık ilişkileri hiyerarşisi içerisinde düzenlendi. Yıllar içerisinde isimlerden bazıları değişmiş ve bazı türler elde edilen yeni kanıtlar ışığında yeniden düzenlenmiş olsa da, esas mesele Linnaeus'un zamanından başlayarak bugüne dek herhangi bir biyolog bir türden bahsettiğinde (örneğin *Canis lupus*, yani kurt dediğinde) meslektaşlarının hangi türden bahsedildiğini kesin olarak anlayabilmeleridir. Anlamamışlarsa bile gidip bu türün bütün standart metinlerde yer alan özelliklerine

bakabilir, hâttâ bu türün doğa tarihi müzelerinin bodrum katlarında korunmuş numunelerini görebilirler.[15] Bu sistemin etkisi, eskiden bilimin evrensel dili olan latincenin günümüzde ayakta kalmış son kalıntısı olarak varlığını bu alanda sürdürebilmesinde de görülebilir. Botanikçi ve zoologların sonraki kuşaklarının Avrupa'nın ötesindeki dünyayı keşfettikçe buldukları yeni türler de aynı şekilde bu adlandırma sistemiyle sınıflandırılarak yer aldılar ve on dokuzuncu yüzyılda türler ile evrim yasaları arasındaki ilişkilerin açıklık kazanmaya başlaması için gereken ham malzemeyi sağladılar.

Onun tüm kataloglandırma çalışmasını acımasızlık ederek basit bir pul toplama çalışmasına indirgemek ve önemsizleştirmeye çalışmak mümkündür. Oysa Linnaeus insanoğlunun doğadaki yerine bakışını sonsuza dek değiştirecek cesur bir adım atmıştır. O (o günlerde insan türüne verilen ismiyle) "erkeği" ["*man*"] biyolojik bir sınıflandırma sistemine dahil eden ilk kişidir. İnsanın şeylerin biyolojik şemasına nasıl uyacağına karar vermesi için belli bir zaman geçmesi gerekti çünkü elbette on sekizinci yüzyılda insanı hayvanlarla aynı biçimde sınıflandırma düşüncesi büyük tartışma kopartacak bir fikirdi. Bu sınıflandırmanın (orijinal Linnaeus sisteminin ötesine geçerek ulaştığı) bugünkü son hali bizim canlılar dünyasındaki konumumuzu tam olarak şöyle belirtir:

Âlem [Kingdom]	Hayvanlar [Animalia]
Şube [Phylum]	Kordalılar [Chordata]
Altşube [Subphylum]	Omurgalılar [Vertebrata]
Sınıf [Class]	Memeliler [Mammalia]
Takım [Order]	Primatlar [Primata]
Aile/Familya [Family]	Büyük İnsansılar [Hominidae]
Cins [Genus]	İnsan [Homo]
Tür [Species]	Anatomik Olarak Modern İnsan [sapiens]

[15] Bu koleksiyonların en önemlilerinden biri Linnaeus'un topladığı malzemelerden oluşuyordu. Ölümünden sonra bunu Londra merkezli Linnaeus Derneği'nin kuruluşuna yardımcı olan zengin İngiliz botanikçi James Smith satın aldı. Smith 1828 yılında ölünce koleksiyonu bu kez o dönem çok büyük bir meblağ olan 3150 pounda, ödemesi 33 yıl süren bir borcun altına girerek dernek satın aldı ve halen de sahibidir.

Bugünkü sınıflandırmaya göre bizim türümüz olan *Homo sapiens* bir cinsin tek üyesi olması yönüyle diğerlerinden ayrı bir yere sahiptir; *Homo* cinsi sadece bir üyeye sahiptir. Linnaeus ise daha farklı bir değerlendirme yapmıştı ve onun *Homo sapiens*' i diğer hayvanlardan çok uzak bir yere yerleştirmediği için mahkûm edilmemesi gerekir; *Homo* cinsinin içerisine kuyruklu insanlar hakkındaki mitlere ve halk içerisindeki tevatürlere dayanarak "troglodytler" vb yerleştirdi. *Homo* diye ayrı bir cins olup olmaması gerektiği üzerine de düşündü. 1746'da basılan *Fauna Svecica* [*İsveç Faunası*] adlı kitabına yazdığı önsözde "bir doğa tarihçisi olarak insanı bilimsel ilkeler temelinde bir insansı maymundan ayırmayı sağlayan özelliklerin henüz tespit edilmemiş olması gerçeği"nden bahseder ve 1747 yılında meslektaşı Johann Gmelin'e bu yaklaşımına getirilen eleştirilere yanıt olarak şu ifadeleri içeren bir mektup kaleme alır:

> Sana ve tüm dünyaya insanlarla insansı maymunlar arasında doğa tarihi ilkelerine uyan cinse özgü hangi farklılıklar olduğunu soruyorum. Benim bildiğim bir tane fark bile yok... İnsana maymun veya maymuna insan deseydim tüm teologlar başıma üşüşürdü. Kimbilir belki de bilim kanunları gereği her şeye rağmen bunu yapmalıyım[16].

Başka bir deyişle Linnaeus insan, şempanze ve goril DNA'ları arasındaki benzerlikler üzerine yapılan modern çalışmalarla doğruluğu kanıtlanmış olan insanın insansı maymunlarla aynı cinse ait olduğu inancını taşıyordu. Sınıflandırma DNA kanıtları kullanılarak bugün sıfırdan yapılacak olsa gerçekten de insan muhtemelen *Pan sapiens* adıyla bir şempanze olarak sınıflandırılabilir. *Homo sapiens*'in bir cinsin tek üyesi olarak sürdüğü biricik ve ayrıcalıklı saltanatın nedeni, tarihi bir tesadüften ve Linnaeus'un teologların gazabına uğrama korkusundan kaynaklanmaktadır.

Linnaeus dinsel inanca sahip ve kesinlikle Tanrıya inanan birisiydi. Çağdaşlarının çoğu gibi o da doğanın sınıflandırmasını yaparken Tanrının eserini görünür kıldığını düşündü. Mevcut türlerin Tanrının başlangıçta yarattığı türlerle sayıca aynı olduğu

[16] Frängsmyr içerisinde, Gunnar Broberg'ten alıntılanmıştır.

düşüncesini birden fazla yerde tekrarladı.[17] Yine de bunlar onu, dünyanın yaşı konusunda Kutsal Kitap'ın on sekinci yüzyılda kabul gören genel yorumunun doğruluğunu kabul etme konusunda şüphe duymaktan uzak tutmadı.

Linnaeus 1740'larda İsveç'te Baltık Denizi'ndeki su seviyesinin azaldığı[18] yönünde yapılan bir keşfin ardından alevlenen bir tartışma vesilesiyle bu konuya girdi. Bu olguyu doğru dürüst ilk araştıran ve deniz seviyesinde gerçekten de bir değişiklik olduğuna ilişkin ikna edici kanıtlar elde eden ilk kişilerden biri günümüzde adını verdiği sıcaklık ölçeğiyle tanınan Anders Celsius'tu (1701–1744). Celsius'un "sulardaki alçalmaya" getirdiği açıklama, Newton'ın *Principia*'nın üçüncü cildinde işlediği, suyun bitkilerin hareketi nedeniyle katı maddeye dönüşebileceği şeklinde bir fikre dayanıyordu. Buna göre bitki malzemesi esasen çevreden toplanan sıvılardan oluşuyordu[19] ve bitkiler öldüklerinde nehirlerce denizlere ve göllere taşınarak dibe yerleşip yeni kayalar oluşturan katı maddeler halini alıyorlardı. Linnaeus bu fikri geliştirerek yabani yüzey otlarına suları (Sargasso Denizi'ndeki gibi) hareketsiz tutmada ve tortulaşmayı arttırmada büyük rol biçen daha ayrıntılı bir model oluşturdu; ancak bu modelin ayrıntılarına girmemize gerek yok, çünkü baştan aşağı yanlıştı. Önemli olan bu araştırmaların Linnaeus'u dünyanın yaşı üzerine düşünmeye sevk etmiş olmasıydı.

1740'lı yıllarda var olan denizlerden uzakta da fosillerin olduğu gayet iyi biliniyor ve bunların bir zamanlar yaşamış yaratıkların kalıntıları olduğu genel kabul görüyordu. Bu fikir, adını Nicolaus Steno olarak Latinceleştirmiş olan ve genellikle sadece

---

[17] Yine birden fazla kez "aynı türün tohumlarınca üretilen bitkilerdeki çeşitlilik kadar çok sayıda varyasyonun olduğunu" yazarak birbirleriyle özdeş iki bireyin var olmadığını ima etti ve Darwin'in evrimin gizini çözmekte kullandığı anahtarlardan birini bulmanın kıyısına kadar geldi. Frängsmyr içerisinde, Gunnar Eriksson'dan alıntılanmıştır.

[18] Bugün aslında karanın yükselmiş olduğunu biliyoruz. En son Buz Çağı sırasında buzun ağırlığı bölgenin sert kabuğunun dünya yüzeyinin altındaki sıvı katmanlara batmasına sebep oldu ve yaklaşık 10.000 yıl sonra bugün hâlâ bu ağırlığın serbest kalmasından kaynaklı karanın artçı sıçramaları gerçekleşiyor.

[19] Doğru değil elbette; bitkiler esasen havadan gelen karbondioksitten oluşur.

Steno olarak tanınan Danimarkalı Niels Steensen'in (1638–1686) çalışmasından sonra rağbet görmeye başladı. 1660'lı yılların ortasında köpekbalıklarının özel diş yapısı ile fosil kalıntıları arasında bağlantı kurarak bugün en iç bölgelerdeki kaya katmanlarında bulunan bu fosillerin köpekbalıklarına ait olduğunu tespit etti. Steno dünya tarihinde kaya katmanlarının farklı zamanlarda birçok kez sular altında kaldığını öne sürdü ve on sekizinci yüzyılda (hâttâ on dokuzuncu yüzyılda) onun birçok takipçisi bu süreci Kutsal Kitap'taki Tufan (veya bir dizi tufan) olayıyla bağlantılandırdı. Linnaeus kutsal kitaplardaki Tufan anlatımlarının doğruluğunu kabul etti ama (bir tufanın 200 günden az sürdüğü) bu kadar kısa sürede gerçekleşen bir olayın canlıları bu kadar iç bölgelere sürükleyemeyeceğini ve bulundukları zamandaki gibi tortullaştırmış olamayacağını savundu. "Tüm bunları birdenbire gelen ve birdenbire geçen bir tufana atfeden kişi gerçekten de bilime yabancıdır" diye yazdı "ve kördür, eğer bir şey gördüğü varsa bunu da başkalarının gözleriyle görüyordur."[20] Bunun yerine tüm dünyanın başlangıçta suyla kaplı olduğunu, daha sonra bu suların çekilerek yerini karaların aldığını ve fosillerin bir zamanlar dünyayı denizlerin kapladığına kanıt olarak geride kaldığını savundu. Tüm bunların o dönemdeki Kutsal Kitap âlimlerinin 6000 yılla sınırladığı tarihten çok daha fazla bir zamanı gerektirdiği açıktı ama buna Linnaeus'un dili varmadı.

Başpiskopos James Ushher'in 1620'da hesapladığı Yaradılış tarihi olan MÖ 4004 yılının hem bilim hem de tarih yönünden sorgulanmasının zemini on sekizinci yüzyılda zaten vardı. O sırada esasen Fransız Cizvit misyonerlerin çalışmaları sonucu Çin hakkında bilgiler Avrupa'ya ulaşmaya başlamış ve tarihteki ilk imparatorun Çin tahtına İsa'nın doğumundan 3000 yıl önce geçtiği öğrenilince Çin tarihinin daha da gerilere gidebileceği anlaşılmıştı. Bazı teologlar Ussher'in kronolojisini Çin tarih kayıtlarıyla uyumlulaştırma çabasına girseler de, Linnaeus bu konuda "kutsal metinler izin vermiş olsa, dünyanın Çinlilerin zannettiğinden de yaşlı olduğuna" ve "eski zamanlarda doğanın karaları oluşturduğuna, birbirinden ayırdığına, tekrar oluşturduğuna

[20] Frängsmyr'den alıntılanmıştır.

memnuniyetle inanacağını" yazdı.[21] Bu kadar sözünü etmesine karşın Linnaeus'un dili bir türlü İncil'in standart teolojik yorumunun yanlış olduğunu söylemeye varmıyordu. Fransa'da onun tam çağdaşı Georges Louis Leclerc, gelecek kuşaklarca bilinen ismiyle Comte de Buffon ise bu hayati adımı atıyor ve dünyanın yaşını tespit etmeyi hedefleyen ilk gerçek bilimsel deneyleri gerçekleştiriyordu.

Comte de Buffon: *Histoire Naturelle* ve Dünyanın Yaşı Hakkında Düşünceler

(Uyum gereği benim de kullanacağım ismiyle) Buffon, 7 Eylül 1707'de Burgonya bölgesindeki (o zaman da şimdiki gibi bölge başkenti olan) Dijon'un kuzeybatısındaki Montbard'da doğdu. Baba tarafından ailesi birkaç kuşak öncesinden beri köylüydü ama Buffon'ın babası Benjamin-François Leclerc tuz vergisi toplanmasında yerel yönetimde görev alan küçük dereceli bir memurdu. 1714 yılında dayısı kızkardeşine, Buffon'un annesine büyük bir miras bırakarak öldü. Leclerc parayla bütün Buffon köyünü, Montbard yakınında büyük araziler, Montbard ve Dijon'da çeşitli mülkler satın aldı ve kendisinin Dijon'daki yerel parlamentoya üye tayin edilmesini sağladı. "Yeni zengin" kelimesinin Fransızcası olan "nouveau riche" kavramı onun için icat edilmiş olabilir; Buffon tüm yaşamı boyunca (muhtemelen sade bir kökene sahip olmasının getirdiği bir duyarlılıkla) hep gösterişçi bir şekilde sosyal merdivende tırmanma peşinde koştu. Aile Dijon'a yerleşti ve Buffon Cizvit Kolejine kaydoldu; buradan (matematik ve astronomi eğitimi de almış olmasına karşın) hukuk alanında yetkinlik kazanarak 1726 yılında mezun oldu.

Buffon'un sonraki birkaç yıldaki yaşamı hakkında sadece en genel hatlarıyla bilgiye sahibiz. Tıp ve muhtemelen botanik eğitimi aldığı ama resmi herhangi bir vasıf kazanmadan ayrıldığı (daha sonra bunun nedeninin bir düello olduğunu söylemiştir ama bunun insanları etkilemek için uydurduğu bir hikâye olduğu kesin gibi gözüküyor) Angers'te bir miktar zaman geçirdiği görülüyor. Belli bir noktada İngiltere'den gelen iki gezginle, (o dönem-

[21] Age.

de yirmi yaşına yaklaşan) ikinci Kingston Dükü ve onun yol arkadaşı/eğitmeni Nathan Hickman'la yolları kesişti. Buffon Grand Tour'da onlara katıldı. Bu gezi gerçekten büyüktü; Dük yanında bir hizmetli ordusu ve birkaç vagonluk malla seyahat ediyor ve sürekli muhteşem mekânlarda haftalar ve aylar boyunca konaklıyordu. Bu, genç Buffon'un ilham almakta zorlanmayacağı türden bir yaşam tarzıydı ve aradan fazla zaman geçmeden dileklerini hayata geçirme şansı elde etti. 1731 yazında Buffon yol arkadaşlarından ayrılarak annesinin ciddi biçimde hasta düştüğü Dijon'a geri döndü. Annesi 1 Ağustos'ta öldü, Buffon Lyon'da tekrar İngiliz dostlarıyla buluştu ve buradan hep birlikte İsviçre üzerinden İtalya'ya geçtiler. 1732 yılı Ağustos ayında Buffon tekrar Paris'e döndü ama sonrasında yaşamı dramatik bir değişikliğe uğradı ve o yılın sonundan sonra Montbard ve Paris arasındaki normal yolculuklar haricinde bir daha hiç seyahat etmedi.

Buffon'un yaşamındaki dönüm noktası, babası 30 Aralık 1732'de yeniden evlenip Buffon'a annesinden kalan pay dahil bütün aile servetini üzerine geçirmeye kalkışınca gerçekleşti. Leclerc'in ilk evliliğinden beş çocuğu olmasına rağmen, annelerinin öldüğü yıl olan 1731'de ikisi (yirmili yaşlarının başında) ölmüş, hayatta kalan oğlanlardan biri keşiş, hayatta kalan tek kız çocuğu da rahibe olmuştu. Bu durumda 25 yaşına gelmiş Buffon ile babası miras kavgasında karşı karşıya kalmışlardı. Sonuç olarak Buffon aile servetinin önemli bir bölümünü, ayrıca Montbard'daki ev ve araziler ile Buffon köyünü üzerine aldı. Sonuncusu özellikle önemliydi; çünkü Grand Tour sırasında herhalde Kingston Dükünün dostu olarak gerçek isminin yeterince etkileyici olmadığı düşüncesiyle, imzasını Georges-Louis Leclerc de Buffon biçiminde atmaya başlamıştı. Babasıyla bir daha hiç konuşmadı ve 1734'ten sonra Leclerc ismini adından çıkartarak sadece Buffon olarak imza atmaya başladı.

Çok rahat ve tembel bir yaşam sürebilirdi. Servetini anlamak için (Kingston Dükü düzeyinde olmasa da) bir beyefendinin konumuna uygun bir hayat sürmek için ihtiyaç duyduğu paranın yıllık yaklaşık 10.000 livre olduğu koşullarda, Buffon'un yıllık geliri yıllık yaklaşık 80.000 livreyi buluyordu. Buna rağmen Buffon miras kalan servetinin üzerine yatmadı. Sahip olduğu mülkleri başarılı

ve karlı biçimde yönetti, Burgonya yollarının kenarına dikilecek ağaçlar için bir ağaç fidanlığı yaptırdı, Buffon'da bir demir dökümevi kurdu ve başka bazı işlere yatırımlar gerçekleştirdi. Tüm bunların yanı sıra doğa tarihine olan ilgisini birçok insan için kendi başına tam zamanlı bir kariyer gerektirecek düzeyde geliştirdi. Tüm bunları gerçekleştirmek ve doğal tembelliğe teslim olmamak için Buffon her sabah saat 5'te kendisini zorla yataktan kaldırmak ve uyanmasını kesin olarak sağlamaktan sorumlu bir köylüyü işe aldı. Sonraki yarım yüzyıl boyunca giyinir giyinmez çalışmaya başlayacak, 09.00'da kahvaltı için (her zaman iki bardak şarap ve bir küçük yuvarlak ekmek) ara verecek, saat 14.00'e dek çalışacak, ardından zevkli bir öğle yemeği, misafirler ve rastgele gelmiş ziyaretçilerle eğlenme,[22] kısa bir uyku ve uzun bir yürüyüş, saat 17.00 ile 19.00 arası son çalışma, ayrıca bir akşam yemeği yemeksizin 21.00'da yatış programını uygulayacaktı.

Bu çok sıkı biçimde çalışmaya adanmışlık, fiziksel olarak Buffon'un nasıl olup da bilim tarihinde en anıtsal ve etkileyici çalışmalardan biri olan ve 1749 ile 1804 arasında tam 44 cilt olarak yayımlanan (son sekiz cilt Buffon'un 1788'deki ölümünün ardından elindeki malzeme kullanılarak basılmıştır) *Histoire Naturelle* [*Doğa Tarihi*] kitabını üretebildiğine açıklık kazandırır. Bu tüm doğa tarihini kapsayan ilk çalışmaydı ve kitapları popüler çoksatanlar arasına sokacak açık ve anlaşılır bir dille yazılmıştı. Yeni baskılar yaparak çeşitli dillere çevrildi ve hem Buffon'un servetine servet ekledi hem de on sekizinci yüzyılın ikinci yarısında bilime olan ilgiyi arttırdı. Buffon doğa dünyasının anlaşılmasına herhangi bir büyük özgün katkı yapmadı (hâttâ bir açıdan, Linnaeus'un türler konusundaki görüşlerine karşı çıkarak gelişimi yavaşlatmış olabilir) ama çok zengin bir materyali bir araya topladı ve bunlara diğer araştırmacıların sıçrama tahtası olarak kullanabileceği, insanları doğa bilimci olma yönünde cesaretlen-

[22] Bu ziyaretçilerden biri olan Thomas Jefferson'un aktarımı şöyle: "Akşam yemeği saatine dek çalışmasını sürdürmek ve hiçbir bahaneyle ziyaretçi kabul etmemek Buffon'un ilkesiydi ama evinin kapısı her zaman açıktı ve bir uşak herkese çok kibar muamele gösterir ve tüm yabancıları ve dostları akşam yemeğine davet ederdi... Onunla yemek yedik ve o her zaman yaptığı gibi bize yine sıra dışı bir sohbet yeteneği olduğunu kanıtladı." (Fellows ve Milliken'den alıntılanmıştır.)

dirici bir biçim verdi. Hikâyesi bununla da kalmadı; bir de tüm bunların üstüne (veya yanı sıra diyelim) 1739'dan itibaren Jardin du Roi, yani kralın Paris'teki botanik bahçelerinin baş denetçisi (veya bakıcısı) oldu.

Buffon'un bu göreve getirilişi *ancien régime*'in nasıl işlediğinin tipik bir örneğiydi. Aristokratlarla bağlantıları vardı (özellikle Kingston Düküne eşlik ederken Paris'te geçirdiği zaman sayesinde), en azından bir beyefendiydi (ve bir aristokrat havasına sahipti), bağımsız geliri vardı (kilit bir etmen çünkü devlet neredeyse iflas etmiş durumdaydı ve onun maaşının tümünü vermekten bile uzaktı, hâttâ zaman zaman harcamaları karşılamak ve bahçelerin etkili biçimde işleyişini sağlamak için kendisinin para koyması gerekiyordu) ve (bir de tüm bunların üstüne) işinde iyiydi.

1730'lu yıllarda Buffon matematik alanındaki (Académie des Sciences'ın *Mémoires*'ında çıkan) çalışmaları ve ağaçlandırmayı desteklemeyi ve Fransız donanmasındaki gemiler için daha yüksek standartta ahşap sağlamayı amaçlayan ormancılık alanındaki deneyleriyle bilim çevrelerinin dikkatini çekti. 1734'te Académie'ye katıldı ve onun hiyerarşik yapısında yükselerek Haziran 1739'da 31 yaşındayken ortak üye oldu. Bundan sadece bir ay sonra Jardin'in baş denetçisi beklenmedik şekilde öldü ve makam için esas adaylardan diğerinin İngiltere'de olmasıyla Buffon'un bağlantıları onun hızla 41 yıl boyunca sahip olacağı bu makama atanıvermesini sağladılar. Bilim yöneticiliği ve bilimi popüleştirme açısından devasa bir önem ve etkiye sahip olmasına rağmen[23] bizi burada ilgilendiren Buffon'un bilimde özgün fikirlerin gelişimine olan katkısıdır ve bunları hızlıca ele alabiliriz.

Kişisel yaşamını daha da hızlı ele almak mümkün. Buffon 1752 yılında 44 yaşındayken 20 yaşındaki Marie-Françoise'yla evlendi. Çiftin doğan kız çocuğu bebekken öldü, ardından 22 Mayıs 1764'de bu kez bir erkek çocukları oldu. İkinci çocuğun doğumundan sonra Marie-Françoise'in sağlığı iniş çıkışlarıyla 1769 yılın-

[23] Popüleştirme açısından yeteneğini çok açık biçimde gösteren olay, söylentiye göre Yunanlar Sirakuza'da Roma donanmasını yenerken Arşimet'in yaptığı gibi, güneş ışınlarının sıralanan bir dizi aynayla 60 metre uzaktaki odunlara odaklanması sağlandığında ateş yakılmasının mümkün olduğunu halkın önünde göstermesidir.

daki ölümüne dek sürecek şekilde bozuldu. Buffonet ismi takılan oğlan, ihtiyatsız bir atlı ve serseri olarak ancak orduda subaylık yapmaya (o da elbette kendi yeteneğiyle değil, rüşvetle) yetecek bir entelektüel kapasiteye sahip olmasıyla babası için tam bir hayal kırıklığı ve üzüntü kaynağı oldu. Buna karşın Buffon oğlunun kendisinden sonra Jardin'in başına geçmesi için gerekli ayarlamaları yaptı; ancak Buffon ciddi biçimde hasta düşer düşmez yetkililer hızla bunun önünü kapattılar. Buffon'a 1972 Temmuzunda Comte [Kont] ünvanı verildi. Ünvan Buffonet'ye miras kaldı ama o buna uygun yaşamadı, en sonunda da Fransız Devrimi sonrasındaki terör dönemi kurbanlarından biri olarak 1794'te giyotinle öldürüldü.

Buffon'un bilime (tamamen özgün olmasa da) en sıra dışı katkısı, dünyanın bir kuyrukluyıldızın güneşe çarpması sonucu ondan kopan malzemelerden meydana geldiğini ileri sürmesiydi (bu fikri Newton'ın "kuyrukluyıldızlar yer yer güneşe düşer"[24] şeklindeki bir yorumuna dayanarak ileri sürmüştü). Bu fikir, dünyanın başlangıçta eriyik halde biçimlendiğini ve giderek yaşamın var olabileceği noktaya dek soğuduğunu öne sürüyordu. Şüphesiz bunun teologların yaradılıştan bu yana geçen süre için tahmin ettikleri 6000 yıldan çok daha uzun bir zaman alacağı açıktı. Bunu Newton da *Principia*'da ifade etmişti:

> Dünyamıza eşit bir kırmızı-sıcak demirden küre, ki bu yaklaşık 12.200 km çapındadır, ancak bu sayıya eşit günde veya 50000 yıldan fazla bir sürede soğuyacaktır.

Böyle bir kürenin ne kadar sürede soğuyacağını hesaplamaya çalışmamış ve sadece gelecek kuşaklara yol göstermekle yetinmişti:

> Bazı görünmeyen nedenlerle ısının devamlılık süresinin çapınkinden daha küçük bir oranda artabileceğinden şüpheleniyorum ve doğru oranın deneylerle araştırılmasından mutlu olurum.

Buffon bu ipucundan faydalandı. Düzenlediği deneyde farklı boyutlarda demir topları kıpkırmızı olana dek ısıttı, ardından do-

[24] Fellows ve Milliken'den alıntılanmıştır.

kunulduğunda derinin yanmayacağı kadar soğumalarının ne kadar sürdüğünü gözlemledi. Görece kaba ve hazır bir teknikten faydalanarak da dünya boyutlarında bir topu soğutmanın ne kadar süreceğini hesapladı. Deneyin tam olarak kesin veriler sağladığı söylenemez ama dünyanın yaşının hesaplanmasına dönük İncil'e hiç başvurmaksızın gerçek ölçümlerden yapılan bir çıkarsama olması açısından ciddi bir bilimsel denemeydi. Bu, onu bilimde bir dönüm noktası haline getiriyordu. *Histoire*'da Buffon şöyle yazdı:

> [Newton'ın] dünyanın bugünkü sıcaklığına düşmesi için 50.000 yıl gerektiği saptamasının yerine, yanmasının durduğu noktaya kadar soğuması için gerekli süre 42.964 yıl ve 221 gündür.

Verilen sayının sahte kesinliğine takılmayın. Devamında Buffon (elde ettiği sonuçları yuvarlayarak) dünyanın en az 75.000 yaşında olması gerektiğini hesaplar. Bunun bugünkü tahminimiz olan 4,5 milyar yıldan bu kadar uzak olması da aklınızı karıştırmasın. Bu bağlamda önemli olan ulaşılan sayının Kutsal Kitap âlimlerinin çıkarttığı yaştan on kat fazla olması ve bilim ile teolojiyi on sekizinci yüzyılın ikinci yarısında doğrudan karşı karşıya getirmesidir.[25] Buffon'un dünyanın yaşına ilişkin tahmini, Fransız bilim insanlarının bir sonraki kuşağının üyesi Jean Fourier'inkiyle karşılaştırıldığında çok daha değersiz kalır. Ama ne yazık ki kendi hesabı Fourier'yi o kadar şaşkınlığa düşürür ki ulaştığı sonucu hiç yayımlamaz.

Dünyanın Yaşı Hakkında Başka Düşünceler: Jean Fourier ve Fourier Analizi

1768 ile 1830 yılları arasında yaşamış olan Fourier bugün en çok matematik alanındaki çalışmalarıyla tanınıyor. Oysa kendisi, bu kitapta yaşamını ve eserlerini anlatmak için yeterince yer bulama-

[25] Buffon fikirlerini "felsefi spekülasyonlar" olarak sunarak geleneksel formülü kullanan Kilise yetkilileriyle karşı karşıya gelmekten kaçındı. Galileo buna başvurmuşsa, o neden yapmasın? En azından dışa karşı, yaşamının sonuna dek dini gerekleri yerine getiren bir Katolik olarak kaldı ve dini merasimle defnedildi.

dığımız kişilerden birisidir. Bir de bunların yanı sıra Napoléon'a Mısır'da bilimsel danışman olarak hizmet etmiş, ardından bu ülkenin yarısını 1798 ile 1801 yılları arasında idare etmiş, Napoléon yönetimindeki Fransa'nın mülki idaresinde çeşitli görevler üstlenmiş ve imparatorluğa hizmetlerinden dolayı önce baron daha sonra da kont ilan edilmiştir. XVII. Louis'nin yeniden tahta geçirilmesi için girişilen kalkışma sonrasında hayatta kalmış ve Mısır'da kaptığı bir hastalık sonucunda ölmeden önce Fransız biliminde egemen bir konum kazanmıştır. Çalışmasının esası, zamanla değişen olgularla başa çıkmak için matematik teknikleri geliştirmiş olmasında yatar; örneğin şiddetli bir sesteki basınç değişimlerinin oluşturduğu karmaşık örüntüyü ayrıştırarak tekrar orijinal sesi elde etmek için birbirine eklenebilen bir dizi basit sinüs dalgasına indirgemiştir. Fourier analizi teknikleri bugün hâlâ bilimsel araştırmanın en ön cephesinde, örneğin yıldızların veya kuasarların değişkenliğini ölçmeye çalışan gökbilimciler tarafından kullanılıyor. Fourier bu teknikleri matematiğe duyduğu saf sevgiden dolayı değil, kafasını kurcalayan bir olguyu, ısının sıcak bir cisimden soğuk bir cisme akışını matematik olarak tarif etmek için duyduğu gereksinim sonucu geliştirdi. Fourier, Buffon'dan daha ileri giderek ısı akışını betimleyen matematik denklem kümeleri geliştirdi (çok sayıda deneysel gözleme dayanarak elbette) ve bu denklemleri dünyanın soğuması için ne kadar sürenin gerekeceğini hesaplamak için kullandı. Buffon'un üzerinden atladığı bir etmeni de hesaba kattı. Dünyanın katı kabuğu eriyik haldeki iç yapısını saran yalıtkan bir battaniye işlevi görerek ısı akışını sınırlandırır ve böylece bugün bile yüzey bu kadar soğuk olmasına karşın, çekirdek eriyik halde kalır.[26] Fourier'in yaptığı hesaplama sonucunda ulaştığı rakamı bir yerlere yazmış olması gerekir, ancak yazdığı kâğıdı imha etmiş gibi gözüküyor. Sonuç olarak gelecek kuşaklara bıraktığı şey dünyanın yaşını hesaplamak için (1820'de yazılmış) bir formül oldu. Bunu kullanarak konuyla ilgili herhangi bir bilim insanı uygun ısı akış sayılarını yerleştirerek dünyanın yaşı sonucuna ulaşabilir. Bunu yaptığınızda Fourier'in formülü size *100*

[26] Çekirdeğin bugün bile bu kadar sıcak olmasının esas nedeni aslında radyoaktivite sonucu serbest kalan enerjidir; buna daha sonra geleceğiz.

milyon yaş sonucunu verir; bu Buffon'un tahmininden bin kattan fazla uzun ve modern zamanlardaki en iyi tahminden sadece 50 kat kısadır. 1820 yılında bilim tarihin doğru zaman ölçeğini tespit etme açısından artık doğru yolda ilerliyordu.

Buffon'un diğer katkılarıysa, on dokuzuncu yüzyılın sonunda bilimin fosil kemiklerden gelen, dünya üzerindeki yaşamın eskiliğinin kanıtlarının artan ağırlığıyla baş etmekte ne kadar zorlandığını gösteriyor. Buffon yaşamın yaratılmasından sadece ısının sorumlu olduğunu öne sürdü ve görünüş itibarıyla mantıklı olan adımı atarak dünyanın geçmişte daha sıcak olduğu için canlılara daha uygun olduğunu, bu yüzden (bugün mamutlara ve dinozorlara ait olduğu bilinen) eski çağlardan kalma kemiklerin bu kadar büyük olduğunu ileri sürdü. Buffon'un *Histoire*'ında birçok yerde de evrim fikrinin eski bir versiyonu yatar; bu tip fikirler Charles Darwin'in çalışmasından çok önce tartışılırdı, onun kilit önemdeki katkısı, göreceğimiz üzere evrimin *mekanizmasını* (doğal seçilim) bulmak oldu. Yine de Buffon'un 1753 gibi erken bir tarihte (artık modası geçmiş bir fikir olan bazı türlerin diğerlerine göre "daha yüksek" veya "daha alçak" olduklarını söylese de) *Histoire*'ın IV. cildinde şunları ifade ettiğini görmek şaşırtıcıdır:

> Bitki ve hayvan familyaları olduğunu, dolayısıyla eşeğin, at ailesinden olabileceğini ve birinin diğerinden ortak bir atanın dejenerasyonu sonucu farklılaşabileceğini bir kez kabul ettik mi, maymunun da insan familyasından olduğunu ama dejenere bir insan olduğunu ve tıpkı eşekle at gibi maymun ve insanın ortak bir ataya sahip olduklarını kabul etmeye meyil gösterebiliriz. Bu durumda bunu, ister hayvan ister bitki olsun her familyanın tek bir kökenden kaynaklandığı, nesiller ilerledikçe ataların bazıları nedeniyle daha yüksek, bazıları nedeniyle daha alçak oldukları düşüncesi izler.

Canlıların tek tek akıllı bir Yaratıcı tarafından tasarlandıklarına karşı çıkan en net (ve özlü) gerekçelendirmelerden birini de yapar. Domuz, der:

> Özgün, özel ve mükemmel bir plan gereği biçimlenmişe benzemez; gereksizliği çok açık olan parçalara veya

> hiçbir biçimde kullanamadığı parçalara sahiptir, ayaklarındaki kemikler mükemmel bçimlenmiştir ama yine de kendisine hiçbir fayda sağlamaz. Doğa bu yaratıkların biçimlenmesinde kendisini nihai bir amaca adamaktan çok uzaktır.

Çeviri olmasına karşın bu alıntılar Buffon'ın yazdıklarının neden bu kadar popüler olduğu hakkında bir fikir verir; Fransa'da ne yazdığından bağımsız olarak güzel stili nedeniyle önemli bir edebiyat kişiliği olarak değerlendirilir.

Buffon gündelik yaşam alanında cinsel üremenin nasıl gerçekleştiği konusundaki tartışmaya da katıldı. Burada üç düşünce okulu vardı. Biri gelecek nesillerin tohumunun dişinin içerisinde depolandığını ve erkek partnerin tek katkısının bunun yaşama geçmesini tetiklemek olduğunu ileri sürüyordu. Diğeri tohumun erkekten geldiğini ve dişinin rolünün sadece bunu beslemek olduğunu söylüyordu. Birkaç kişi de her iki partnerden gelen katkının da olmazsa olmaz olduğunu öne sürüyor, bir bebekte "babasının gözleri" ve "annesinin burnu" olmasının böyle mümkün olduğunu söylüyorlardı. Buffon da bu üçüncü görüşe taraf oldu ama savunduğu korkunç derecede karmaşık model yüzünden bunun ayrıntılarına girmiyoruz.

Büyük bir kişi (ve bilim insanı) olan Buffon böbrek taşlarıyla ilgili uzun ve acılı bir hastalığın ardından 16 Nisan 1788'de Paris'te öldü. Onun toplumu devrimle altüst olmanın eşiğindeydi ama bilimde devrim zaten gerçekleşmiş ve etkisi (Fourier'in çalışmasının örnek oluşturduğu üzere) politik kalkışmaların ortasında kalsa bile on dokuzuncu yüzyılda hız kazanacaktı. Dünya üzerindeki yaşamın anlaşılması açısından bir sonraki büyük adım yine Paris'te, Buffon'un 1780'lerde bıraktığı yerden 1790'larda devam eden Georges Cuvier tarafından atılacaktı.

Georges Cuvier: *Karşılaştırmalı Anatomi Dersleri*; Soyların Tükenmesi Hakkında Yorumlar

Cuvier 23 Ağustos 1769'da İsviçre sınırında, o zaman bağımsız bir prensliğin başkenti ancak şimdi Fransa'nın parçası olan Montbéliard'da doğdu. Montbéliardlılar Fransızca konuşmaları-

na karşın genelde Luteryendiler ve kuzeydeki Alman devletleriyle birçok kültürel bağa sahiptiler; küçük komşularını içlerinde eritmeyi hep denemiş olan Fransızlara karşı derin bir soğukluk duymaktaydılar. Cuvier'in doğduğu dönemde Montbéliard son birkaç yüzyıldır politik olarak Württemberg Grandüküne bağlıydı ve ailesinin bir kolu tarafından grandük adına yönetiliyordu. Bu, Montbéliard'ın ihmal edilmiş bir bölge olmaktan ziyade, yetenekli genç erkekler açısından prenslikten çıkarak geniş Avrupa diyarına açıldıkları sık kullanılan ve rahat bir geçiş yolu işlevi görmesi anlamına geliyordu. Cuvier'in babası bir Fransız alayında paralı subay olarak hizmet etmiş, oğlu doğduğu dönemdeyse yarım maaş karşılığı emekli olmuş bir askerdi. Aile maddi sıkıntı çekse de (kocasından yaklaşık 20 yaş genç olan Cuvier'in annesinin kendisine ait bir parası yoktu) Fransız bağlantısı Cuvier'e babasının alay komutanı ve kendisinin vaftiz babası olan Comte de Waldner şahsında oldukça kuvvetli bir potansiyel koruyucu sağlamıştı. Bu göstermelik bir ilişkinin ötesindeydi ve genç Cuvier çocukken Waldner malikânesini sıkça ziyaret ederdi.

1769'un başında eski askerle karısının ilk çocuğu Georges adlı oğlan dört yaşındayken ölmüştü; yeni bebek doğduğunda Jean-Leopold-Nicholas-Frédéric adını aldı ve bir süre sonra (vaftiz babalarından biri olan) Dagobert ismi de bu listeye eklendi. Ancak çocukluğunda hep ölen ağabeyinin adıyla çağrıldı ve yetişkinliğinde de imzasını hep Georges olarak attı. Tarihe de Georges Cuvier ismiyle geçti. Ailesi bütün ihtiras ve umutlarını ona bağladı, verebilecekleri en iyi eğitimi verdiler; ancak dört yıl sonra başka bir oğlan çocuğu daha, Frédéric doğunca bu ilgi bir miktar azaldı.

12 yaşından başlayarak Cuvier bir papaz olan ve Buffon'un *Histoire Naturelle*'inin basılmış tüm ciltlerinin koleksiyonuna sahip amcası Jean-Nicholas'ın evini sıkça ziyaret etmeye başladı. Kitap Georges'i büyüledi ve kitabın başında saatler geçirmekle kalmayıp kendi numunelerini toplamak için gezintilere de çıktı; ama o dönemde bir doğabilimci olarak geçimini sağlayabileceği düşünülmüyordu. Cuvier'in ailesinin ona çizdiği kariyer planı geleneklere uygun şekilde bir luteryen papaz olarak saygın ve güvenli bir geleceğe yürümesiydi. Tübingen Üniversitesinde burslu

okuma başvurusu geri çevrildiğinde ailesi eğitim giderlerini karşılayamayacak ölçüde fakirdi. Aile fakir olmasına karşın Comte de Waldner üzerinden torpil yapabilecek bağlantılara sahipti ve tam bu dönemde Württemberg Grandükü Charles-Eugéne de Montbéliard valisi Prens Frédéric'e bir ziyarette bulunuyordu. Genç adamın düştüğü zor durumdan haberdar edilen Dük ona kendisinin 1770'de Stuttgart'ta kurduğu ve 1781'de İmparator II. Joseph tarafından üniversite statüsü verilen yeni akademide ücretsiz bir yer sağladı. Cuvier 1784 yılında on beş yaşındayken bu yeni üniversitede okumaya başladı.

Akademi, o dönemin parçalı Almanya'sındaki çok sayıdaki devlette yönetici olarak görevlendirilecek genç erkek memurların eğitimi amacıyla kurulmuştu. Üniformalar, sıkı davranış kuralları ve harfi harfine uyulan yasaklarla askeri bir kurum gibi yönetiliyordu ancak hem mükemmel bir eğitim sağlıyor hem de en azından ilk başlarda, bu eğitimin ardından yaşam boyu garantili bir iş olanağı sunuyordu. Herkesin bundan çok memnun olduğu da söylenemezdi. Friedrich Schiller 1782'de akademiden mezun olmuş ve ömür boyu sürecek bir iş istemediği için derhal otoritelerle ters düşmüştü. Bir şair ve oyun yazarı olmak istiyordu ancak alayda görevli bir cerrah[27] olarak kariyer yapmaya zorlandı; 1784 yılında Cuvier yeni yaşamına dört elle sarılırken o Charles-Eugéne'in etkisi altındaki alaydan kaçıyordu. Cuvier 1788'de mezun olurken bu kez durum tersine dönmüştü. Akademi (ve Almanya'da kurulan benzer kurumlar) o derece başarılı olmuştu ki, artık ortalık ihtiyaç fazlası yönetici adaylarıyla dolmuş ve Cuvier de çok sayıda çağdaşı gibi yaşam boyu sürecek bir iş yerine kendi kaynaklarına mahkûm olmuş durumdaydı. İşin kötüsü hiçbir mali kaynağa da sahip değildi ve ne yapacağını kara kara düşünürken kısa vadeli bir çözüm yolu olarak Normandiya'da Caen'deki bir ailenin yanına eğitmen olarak yerleşti. Montbéliard'dan başka bir genç erkek, Georg-Friedrich Parrot daha iyi bir iş bulmuş ve yerini alması için aileye hemşerisini tavsiye etmişti.

---

[27] Bu durum akla ister istemez elinde bir neşterle hastasına doğru eğilen bir cerrahın çalışmaya başlamadan önce "biliyor musun, aslında ben şair olmak istiyordum" diyerek sırrını açtığı Pythonesk [Monty Pythonvari absürd mizah-çn.] bir sahneyi getiriyor.

Fransa'da o dönem, doğruluğu şüpheli Çin lanetinde dendiği gibi ilginç zamanlar yaşanıyordu. Şans eseri başlarda Normandiya Paris'teki siyasal çalkantıların uzağındaydı ve Cuvier Caen'deki botanik bahçelerine ve üniversitenin kütüphanesine giriş olanağı kazanarak (Stuttgart'ta geliştirdiği ve üniversitede edindiği arkadaşlarına yazdığı mektuplarda da bahsettiği) botanik ve zoolojiye olan ilgisini canlandırma şansı buldu. Cuvier, Marquis d'Héricy ve ailesinin yanında oğulları Achille'in özel öğretmeni olarak çalıştı. Aile Caen'de bir eve ve iki mütevazı şatoya sahipti; bunlardan sadece birini, Fiquainville'deki şatoyu yazlık ev olarak kullanıyorlardı.

Fransız Devriminin resmi yıldönümü 1789'da Bastille'in özgürleştirilmesi anısına 14 Temmuz olarak kabul edilse de, Ulusal Meclis'in o yıl gerçekleşen kalkışmaya yanıt olarak yaptığı sınırlı reformlar, kraliyet ailesinin başarısız kaçma girişiminde bulunduğu 1791'e dek devrimin gelişimini belli ölçüde yavaşlattı. Aynı yıl açlığın tetiklemesiyle Normandiya da karıştı, üniversite kapandı, sokaklarda isyan başladı. Marquise d'Héricy ve daha alt düzeyde de olsa kocasının, reformcuların bazı taleplerine sempatiyle yaklaşmadıkları söylenemez; ama aristokrasi üyesi oldukları için açık bir tehlike altındaydılar ve Marquise, Achille ve Cuvier güvenlik nedeniyle kalıcı olarak Fiquainville'deki yazlık konuta taşındılar. Marquis sıklıkla kendilerini ziyaret etse de, Marquis ve Marquise bu dönemde resmi olarak birbirlerinden ayrıldılar (Marquis'nin kaderi ne olursa olsun aile mülklerinin bir bölümünü kendi adına koruma amaçlı bir taktik de olabilir). Fransa'da cumhuriyet ilan edildiğinde kırsalda sakin bir hayat süren Cuvier yüzlerce türü tanımlama ve betimlemede Linnaeus'un izinden giderek sahada çalışan gerçek bir doğabilimci olma fırsatına sahipti. Bu ona türlerin nasıl sınıflandırılması gerektiği ve farklı hayvan ve bitki türleri arasındaki ilişkiler konusunda kendi fikirlerini geliştirme cesareti verdi. Önde gelen Fransız dergilerinde makaleler yayımlamaya başladı ve Paris'teki önde gelen doğa tarihçileriyle mektuplaşma yoluyla temas kurdu. Tam adını duyurmaya başladığı esnada Fransa, terör dönemi olarak bilinen ve XVI. Louis ve Marie Antoinette'in 1793 yılında idam edilmeleriyle başlayan devrimin en kanlı aşamasına girdi. Terör bir yıldan uzun

sürdü ve Fransa'nın her köşe bucağına dek yayıldı. Bu dönemde Jakoben rejiminin 40.000'den fazla muhalifi (veya sözde muhalifi) idam edildi; ya Jakobenlerle birlikte ya da onlara karşıydınız ve Cuvier, Fiquainville'in de dahil olduğu Bec-aux-Cauchois komününde akılcı biçimde onlardan yana olmayı seçti. Kasım 1793'ten Şubat 1795'e dek komünde sekreter olarak (yıllık 30 livrelik maaş karşılığı) çalıştı. Konumu ona önemli bir etki yaratma olanağı sağlıyordu ve o da bunu d'Héricy ailesini dönemin kötü kaderinden koruma yönünde kullandı. Paris'in bilim dünyasında ün kazanan Cuvier, şimdi de kusursuz bir siyasal ehliyete sahip becerikli bir yönetici olarak daha alt düzeyde de olsa tanınıyordu. 1795'in başında terör yumuşamaya başlayınca[28] Cuvier (artık 18 yaşına yaklaşmış ve özel eğitmene ihtiyaç duymayan) Achille d'Héricy'yle beraber Paris'i ziyaret etti. Görünüşe göre bilinçli olarak belirsiz bırakıldığı için ziyaretin ne amaçla gerçekleştiği tam olarak bilinmiyor; ancak muhtemelen Cuvier'in devrimin el koyduğu mülklerin bir bölümünün aileye iadesi için lobi faaliyeti yürüttüğü ve bu arada (eski Jardin du Roi, yeni adıyla Jardin des Plantes'i bünyesine katmış) Doğa Tarihi Müzesinde bir iş olasılığı için bilim dünyasından bağlantılarını kullanma çabası güttüğü sanılıyor. Bu görüşmelerin sonucu umut verici olsa gerek ki, Cuvier Normandiya'ya geri dönerek Bec-aux-Cauchois'deki komün sekreterliğinden istifa etti ve yirmi altı yaşını doldurmadan birkaç ay önce tekrar Paris'e döndü.

Cuvier Doğa Tarihi Müzesi çalışanları arasına bir karşılaştırmalı anatomi profesör asistanı olarak katıldı ve kalan yaşamı boyunca müzeyle ilişkisini (daha yüksek mevkilere gelerek ve müze dışında görevler de üstlenerek) hep sürdürdü. Gençliğinde yaşadığı hareketli siyasal dönemin ardından Paris'e kök saldı ve (başka şeylerin yanı sıra) Napoléon'un 1798'deki Mısır seferine eşlik etmek de dahil, gelen önerilerin tümünü geri çevirdi. Bir yıl sonra Collège de France'a doğa tarihi profesörü olarak atandı ve bundan bir yıl sonra da beş ciltte tamamlanacak olan başyapıtı *Lectures*

[28] Jakobenler iktidardan düşürüldü ve yerini 1795'te Direktuvar aldı, bu dönem de Napoléon'u iktidara getiren darbeyle alaşağı edildikleri 1799'a dek sürdü; bu arada Montbéliard devrimci Fransa tarafından 1793 yılında yutulmuştu.

in Comparative Anatomy'yi [*Karşılaştırmalı Anatomi Dersleri*] yayımlamaya başladı. Sık sık para sıkıntısı çekti ve güvence sağlayabilmek için memuriyet ve eğitim alanında, bazen ikisi aynı anda çok çeşitli işlere girdi çıktı. Ayrıca Cuvier yeni Sorbonne'un düzene girmesinde çok önemli bir rol üstlendi ve hemen hemen 1810 yılından 13 Mayıs 1832 tarihinde Paris'te ölene dek dünyadaki en etkili biyoloji bilgini olduğu söylenebilir, öyle ki 1815'te Bourbonların restorasyon dönemi bile onun konumunda ciddi bir sarsıntı yaratmadı. Bu arada (1804'te) Anne-Marie Duvaucel isimli bir dulla evlendi ve ondan dört çocuğu oldu; bundan önce uzun süreli bir metres ilişkisinden (ismi kayıtlarda yok) en az iki çocuğu olduğu yönünde kanıtlar bulunuyor.[29] 1831 yılında baron ilan edildi ki o dönemde Fransa'da bir protestanın soyluluk rütbesi alması çok nadir görülürdü.

Cuvier, fosil kalıntılarını sınıflandırma ve değerlendirmede değer taşımadığı bir süre sonra anlaşılan canlı bir hayvanın birlikte iş gören parçalarına yaklaşım yönünden getirdiği yenilikle, karşılaştırmalı anatomiye yeni standartlar sağladı. Bu yaklaşımını et yiyen ve bitki yiyen hayvanların vücut planlarını birbirleriyle karşılaştırarak ortaya koydu. Etoburlar hızlı koşma ve avını yakalamaya uygun bacak yapısına, eti parçalamaya uygun türden dişlere, kurbanını tutmaya uygun pençelere vs sahip olmak zorundaydı. Otoburlar ise düz, öğütücü dişlere, pençe yerine toynaklara ve başka ayırt edici özelliklere sahiptiler. Cuvier *Lectures*'da sadece bir miktar abartarak bir uzmanın tek bir kemiğe bakarak bir hayvanın eski durumunu baştan aşağı anlayabileceğini iddia etti; ama hiçbir uzmanlığınız olmasa dahi tek bir dişin kesici bir diş olduğunu tespit etmeniz, örneğin kesin surette dişin ait olduğu hayvanın toynaklara değil, pençelere sahip olduğunu size söyler.[30]

Cuvier'in karşılaştırmalı çalışmaları onun, canlılar dünyası açısından dünyadaki tüm hayvan yaşam formlarını, aşağı ya-

[29] *Bkz.* Outram

[30] Cuvier'in bu büyük çalışması ile Galileo'nun büyük çalışması arasında neredeyse tam 200 yıl olduğunu belirtirsek anlatılanları tarihsel bir bağlama oturtmak mümkün olur; Galileo ile Cuvier arasında geçen süre Cuvier ile bizim aramızda geçen zaman aralığıyla hemen hemen aynıdır.

şam formlarıyla sözde yukarı yaşam yaşam formlarını birbirine bağlayan tek bir doğrusal sistemin üyeleri olarak (insanı elbette varsayılan yaradılış merdiveninin en üstünde yer alacak şekilde) değerlendirmenin olanaklı olmadığını anlamasını sağladı. Bunun yerine tüm hayvanları her biri kendisine özgü birer anatomi türüne sahip dört ana grupta topladı (omurgalılar, yumuşakçalar, eklemliler, radial simetrili canlılar). Cuvier'in ortaya attığı sınıflandırma bugün artık kullanılmıyor belki ama bu tür bir sınıflandırma yapmış olması zoolojideki eski düşünüşten ciddi bir kopuş anlamına geliyor ve ilerlenecek yolu gösteriyordu.

Soyu tükenmiş türleri kalıntılarından yola çıkarak bu fikirleri fosillerin incelenmesi alanına uygulayan Cuvier yeniden kurmayı başardı ve neredeyse tek başına paleontoloji bilimini icat etti (bu arada pterodaktillerin geçmiş varlığını ilk tespit eden ve isimlendiren de odur). Bu tarz bir çalışmanın ilk önemli pratik sonuçlarından biri, fosillerin düzenli biçimde bulundukları katmanların yerini tespit etmenin, dolayısıyla bunların mutlak bir biçimde tarihlendirilmesi yerine hangisinin daha eski ve yaşlı hangisinin daha genç olduğunu söylemenin mümkün olmaya başlamasıdır. Doğa Tarihi Müzesinde mineraloji profesörü Alexandre Brongniart'la (1770–1847) birlikte çalışan Cuvier, dört yılını Paris havzasındaki kayaları inceleyerek geçirdi ve hangi fosillerin hangi katmanlarda gerçekleştiğini tespit etti. Böylece bir kez orijinal karşılaştırma olanağı yakalandığında başka yerlerdeki bilinen fosil türlerinin keşfi, katmanların doğru jeolojik ve kronolojik sıralamaya göre yerleştirilmesinde kullanılabiliyordu. Yaşamın nerede başladığını görmek bile mümkündü. *Discours sur la Théorie de la Terre* adlı (1825'te basılan ancak 1812'de basılmış materyale dayalı) eserinin sonraki baskılarında Cuvier şöyle yazıyordu:

> Çok daha şaşırtıcı olan ise, yaşamın yerküremizde her zaman var olmamış olması ve gözlemcinin yaşamın ilk izlerinin ortaya çıktığı kesin noktayı görmesinin bu kadar kolay olmasıydı.

Bu çalışmalardan elde edilen açık kanıtlara göre daha önce dünyada yaşamış çok sayıda türün şimdi ortadan kalkmış olmasından hareket eden Cuvier, geçmişte içlerinde en yakın zamanda

olanı Büyük Tufan olmak üzere bir dizi felaketin gerçekleştiği ve birçok türün soyunun bunlar esnasında kuruduğu düşüncesine sıçradı. Bazı kişiler bu fikri daha da ileri taşıyarak her bir felaketin ardından Tanrının müdahale ettiğini ve özel bir Yaradılış süreci sonucunda dünyanın yeniden nüfus kazandığını ileri sürdüler. Bu fikirle bir süre flört ettikten sonra Cuvier de, tek bir Yaradılış olduğu ve o günden bugüne gerçekleşen olayların Tanrının başlangıçta ortaya koyduğu planla (veya yasalarla) uyumlu biçimde gerçekleştiği yönündeki meslektaşlarının çoğunun sahip olduğu düşünceyi paylaştı. Her felaketin ardından dünyanın yeniden nüfus kazanmasında herhangi bir sorun görmüyordu; fosil kayıtlarında "yeni" gibi gözüken türlerin aslında dünyanın on dokuzuncu yüzyılın başında henüz keşfedilmemiş olan bölgelerinden buralara göçtükleri düşüncesindeydi. Her iki durumda da Cuvier dünyadaki yaşamın tarihinin Ussher'in tahmininin çok ötesine, en az yüz binlerce yıl öncesine uzandığını düşünüyordu; ancak yüz binlerce yıllık bir zaman ölçeği bile Cuvier'in fosil kayıtlarında bulduğu değişim miktarının açıklanması için Büyük Tufan ölçeğinde kendisini tekrarlayan, devasa felaketlerin gerçekleşmiş olmasını zorunlu kılıyordu. Türlerin sabitliği konusundaki düşüncesiyse onun bazı Fransız çağdaşlarıyla ters düşmesine sebep oluyor ve Fransa'da evrim çalışmalarının çok kritik bir zamanda geri kalmasına yol açıyordu.

Jean-Baptiste Lamarck: Evrim Konusunda Düşünceleri

Cuvier'in karşı çıktığı fikirler esasen, 1744 yılında doğmuş ve 8. Bölümde daha ayrıntılı bir biçimde karşımıza çıkacak olan Jean-Baptiste Lamarck'a aitti. Buffon'un öğrencisi olan Lamarck, Cuvier gelmeden önce Paris'teki Doğa Tarihi Müzesinde çalışmaktaydı. 1809 yılından başlayarak evrimin nasıl işlediğine ilişkin, karakteristik özelliklerin birey tarafından yaşam süresinde kazanılarak ardından sonraki nesillere geçirilmesi fikrine dayalı bir model geliştirdi. Klasik örnekte zürafanın boynunun ağacın en üstündeki yapraklara yetişmek için gerilerek uzadığı (yanlış olarak) varsayılıyordu; bu zürafaların yavruları da bu yüzden, ebeveynleri hiç yaprak yemeye çalışmayacak olsaydı mümkün olacağından daha

uzun boyunlarla doğuyorlardı. Lamarck ile Cuvier arasındaki özel tartışma konusuysa Lamarck geçmişte hiçbir türün yok olmadığını bunun yerine başka bir form geliştirdiğini düşünürken, Cuvier'in hiçbir türün değişmediğini ancak bütün türlerin felaketler sonucunda yeryüzünden silinebileceğini düşünmesiydi.

Cuvier Paris'e gelmeden önce Jardin des Plantes'te yer edinmiş (ve Cuvier'in aksine Napoléon'la Mısır'a gitmiş) olan Cuvier'in yakın çağdaşı (genellikle Geoffroy olarak tanınan ve 1772–1844 yılları arasında yaşamış) Étienne Geoffroy Saint-Hillaire, Lamarck'ın görüşlerini kabul etti ve geliştirdi. On dokuzuncu yüzyılın ikinci on yılında Geoffroy evrim düşüncesinde Lamarck'ın fikirlerinin ötesine taşan bir varyasyon geliştirmeye başladı ve çevrenin evrimde doğrudan bir rolü olabileceğini öne sürdü. Çevrenin canlı organizmalarda değişikliklere yol açabileceğini (öyle veya böyle Lamarck'ın yanlış ipucunu izleyerek) ileri sürdü; ancak ardından doğal seçilim olarak adlandırılabilecek bir sürecin varlığını öne sürerek devam etti:

> Bu küçük değişiklikler zarar verici etkilere yol açarsa, bunları yaşayan hayvanlar yok olur ve yerlerini yeni çevreye uyum sağlayacak şekilde biçim almış daha farklı formlara bırakırlar[31].

Bu, Darwinizme son derece umut verici bir biçimde yakındır ancak büyük ölçüde Cuvier'in etkisi nedeniyle o dönemde bir sonraki adım atılamamıştır.

Başlangıçta iyi arkadaş olmalarına karşın yüzyılın başlangıcında Cuvier ile Geoffroy arasında tamamen mesleki bir soğukluk doğdu. 1818 yılında Geoffroy, *bütün* hayvanların aynı vücut planına sahip olduğunu kanıtlama iddiasındaki ve bir böceğin vücudundaki farklı parçaların bir omurgalı tasarımındaki farklı parçalara nasıl denk düştüğünü ayrıntılı olarak açıklamakla kalmayıp her iki vücut planını (omurgalı ve böcek) bir yumuşakçanın yapısıyla da bağlantılandırdığı çalışmasını yayımlayınca, Cuvier küplere bindi. Lamarck'ın ölümünden bir yıl sonra 1830'da Cuvier Geoffroy'a karşı haşin bir saldırının fitilini ateşleyerek omurgalılar, böcekler ve yumuşakçalar arasındaki ilişkilerle ilgili bu hayal

[31] Alıntı David Young, *Discovery of Evolution* [*Evrimin Keşfi*].

ürünü fikirlere saldırmakla kalmayıp (o dönemdeki verili bilgi düzeyinde) çok daha saygın bir yer sahibi Lamarkçı evrimi de hedef tahtasına çaktı. Cuvier, türlerin bir kez yaratıldıktan sonra sonsuza dek veya en azından soyları tükenene dek aynı formda sabit kaldığı fikrini dümdüz biçimde savundu. Genç doğabilimcilere ısrarla doğa dünyasını *açıklama* iddiasında olan kuramlarla vakit kaybetmeden kendilerini doğayı *betimlemeyle* sınırlı tutmalarını tavsiye etti. Onun otoritesinin ağırlığı altında (aksi halde bir sonraki nesil tarafından Darwinci evrime benzer biçimde geliştirilecek olan) Lamarckçılık toprağa gömülerek Darwin doğal seçilim yoluyla evrim kuramını yayımlayıncaya kadar hemen tümüyle unutuldu.

Şu an yaşam bilimlerinin gelişiminden ayrılarak on sekizinci yüzyılda fen bilimlerindeki ilerlemeyi ele almak için çok uygun bir yere ulaşmış durumdayız. İnsanın ufku on sekizinci yüzyıl boyunca, on dokuzuncu yüzyılın başlarına doğru hem zaman hem de uzayda gökbilimciler ve biyoloji bilginleri sayesinde genişlerken, fiziksel dünyanın uygulamalı biçimde araştırılması da (fizikçiler ve nihayet simyanın ölü elini sıkıp durmaktan kurtulmuş kimyacılar sayesinde) dev adımlarla ilerliyordu. Newton ve çağdaşlarının ulaştığı başarılarla boy ölçüşebilecek tekil bir başarı hikâyesi yoktu belki ama bu dönemde gerçekleşen (genellikle doğru biçimde Aydınlanma olarak adlandırılan) bilgi birikiminde düzenli artışın, on dokuzuncu yüzyılda bilimin yakaladığı çarpıcı sıçramanın ilk müjdecisi olduğu bugün görülebilir.

Kitap 3

AYDINLANMA

7
Aydınlanma Bilimi I: Kimya Arayı Kapatıyor

Aydınlanma – Joseph Black ve karbondioksitin keşfi – Black ve sıcaklık – Buhar Makinesi: Thomas Newcomen, James Watt ve Sanayi Devrimi – Elektrik deneyleri: Joseph Priestley – Priestley'in gazlarla yaptığı deneyler – Oksijenin keşfi – Henry Cavendish'in kimya çalışmaları: Philosophical Transactions'ta yayımlanması – Su bir element değildir – Cavendish deneyi: Dünyanın ağırlığının ölçülmesi – Antoine-Laurent Lavoisier: Havanın araştırılması; solunum sisteminin araştırılması – İlk elementler tablosu; Lavoisier elementlere yeniden isim veriyor; Kimya Elementleri'ni yayınlıyor – Lavoisier'in idamı

Aydınlanma

Tarihçiler Rönesansı izleyen ve on sekizinci yüzyılın ikinci yarısında zirvesine ulaşan felsefi hareketin de ismi olan döneme genellikle Aydınlanma adını verirler. Aydınlanmanın temel özelliği aklın batıl inanç karşısında üstün olduğunun düşünülmesidir. Bu, insanlığın toplumsal olarak ilerleme sürecinde olduğu ve böylelikle geleceğin geçmişe oranla bir gelişimi ifade ettiği fikriyle birleşiktir; bu gelişimin bir öğesi de batıl inanca dayalı geleneksel dine meydan okunmasıdır. Amerikan ve Fransız devrimlerinin her ikisi de, entelektüel açıdan kısmen Voltaire gibi Aydınlanma felsefecilerine ve

Thomas Paine gibi eylemcilere yol gösterici ilke olan, insan hakları temelinde gerekçelendirilir. Aydınlanmadaki çok sayıda etmenden sadece biri olmasına karşın Newton fiziğinin düzenli bir dünyanın matematiksel betimlenmesini sağlamadaki başarısı, bu hareketin on sekizinci yüzyıldaki gelişiminde büyük bir rol oynamış, akılcı yaklaşıma sahip felsefecileri cesaretlendirmiş, kimyacı ve biyologları doğa dünyasının kendi ilgilendikleri parçasının da basit yasalar temelinde açıklanabileceğini düşünmeye sevk etmiştir. Belki bir Linnaeus'un yaklaşımında Newton'ı bilinçli olarak kendisine örnek alması biçiminde değil ama dünyayı araştırmada bir yol olarak düzen ve rasyonalite fikri, on sekizinci yüzyılın başında kökleşerek izlenecek doğru yol olarak kabul görmeye başlamıştır.

Sanayi Devriminin Avrupa'ya yayılmadan önce ilk olarak İngiltere'de (kaba bir ifadeyle 1740 ile 1780 yılları arasında) gerçekleşmesi tamamıyla bir tesadüf sayılamaz. İngiltere'nin coğrafi ve jeolojik koşulları (bir "kömür adası" olması), (Fransa halen muhafazakâr ve aristokrat *ancien régime*'le yönetilir ve Almanya bir parçalanmış devletçikler kümesinden ibaretken) İngiltere'de demokrasi olarak adlandırılabilecek gelişimin erken yaşanması ve bunlara eklenen şans faktörü gibi, bu devrimin gerçekleşme yeri ve zamanına katkıda bulunan çok sayıda etmen vardır. Bu etmenlerden bir tanesi de Newton'ın mekanik dünya görüşünün en hızlı biçimde doğal olarak Newton'ın anavatanında yerleşmiş olmasıdır. Sanayi Devrimi bir kez başladıktan sonra, hem ısı ve termodinamik gibi konulara ilgiyi arttırarak hem de dünyayı araştırma çabalarında bilim insanlarına yepyeni araçlar sağlayarak bilimin ilerleyişine devasa bir ivme kazandırdı.

Bunun en açık görüldüğü alan kimyadır. Kimyanın on sekizinci yüzyıla gelinceye dek diğer bilimlerin, özellikle de fiziğin gerisinde kalmasının nedeni kimyacıların görece aptal veya batıl inançlı olmaları değildi. Sadece gereken araçlara sahip değildiler. Astronomi bir ölçüye kadar hiç araç kullanmadan, sadece insan gözü kullanılarak gerçekleştirilebiliyordu; fizikte on yedinci yüzyılda eğimli düzlemlerde yuvarlanan toplar veya sallanan sarkaçlar gibi kolay yönlendirilebilen cisimlerle çalışılıyordu; botanikçi ve zoologlar bile çok basit büyütücü camlar ve mikroskopların yardımıyla ilerleme sağlayabiliyorlardı. Kimyacılar ise kimyasal tepkimeler

yaratmak için her şeyden önce güvenilebilir ve kontrol edilebilir ısı kaynaklarına gereksinim duyuyorlardı. Isı kaynağımız esasen sadece demir ocağıysa ve sıcaklıkları ölçemiyorsanız, kimya deneylerinizin yarım yamalak olması kaçınılmazdır. On dokuzuncu yüzyıla girilirken bile daha fazla kontrol edilebilir ısı sağlamak ve daha iyi deneyler yapabilmek için kimyacılar, tek tek yakılıp söndürülebilen birkaç farklı fitilli ispirto ocakları veya farklı sayıda mum kullanmak zorundaydılar; yerel bir yoğun ısı kaynağı elde etmek içinse güneş ışınlarını odaklayan büyüteçler kullanmaları gerekiyordu. Gabriel Fahrenheit (1686–1736) olup bitenlerin doğru düzgün bir ölçümünü yapmak için alkollü termometreyi ancak 1709 yılında icat edebildi, civalı termometreyi icat etmesi ve bugün kendi adıyla anılan sıcaklık ölçeğini geliştirmesiyse 1714 yılını buldu.[1] Bu Thomas Newcomen'in (1663–1729) madenlerdeki suyu dışarıya pompalamak için ilk pratik buhar makinesini yapmasından sadece iki yıl sonrasıydı. İleride göreceğimiz üzere bir sonraki nesilde bilimin gelişimini hızlandırması açısından Newcomen'in tasarımında yolunda gitmeyen şeyler, doğru yönde yapılmış olan taraflarından daha büyük bir önem kazanacaktı.

Tüm bu etmenler, kimyanın bir bilim haline gelmesi için temelleri atan Robert Boyle ile Sanayi Devrimi döneminde kimyayı gerçekten bilimsel kılan kişiler arasında neden bir boşluk oluştuğunu açıklamamıza yardımcı olur. 1740'lardan başlayarak gelişim (akıllar bazen karışsa da) hız kazanır ve çoğu birbirini tanıyan ve aynı dönemde yaşamış bir avuç dolusu insanın çalışma yaşamları üzerinden anlaşılabilir. Bunların içerisinde ilk olma gururu, bir tepkimeye giren ve tepkime sonucu ortaya çıkan hemen her şeyi (mümkün olduğunca) ölçerek sayısal tekniklerin kimyaya uygulanmasına öncülük eden Joseph Black'e aittir.

Joseph Black ve Karbondioksitin Keşfi

Black 16 Nisan 1728'de (Newton'ın ölümünden tam bir yıl sonra) Bordeaux'da doğdu. Black'in babası John, Belfast'ta doğmuştu ama İskoçya kökenliydi ve şarap tüccarı olarak Bordeaux'ya yer-

[1] Anders Celsius'un (1701–1744) adıyla anılan ölçekse ancak 1742'de geliştirilebildi.

leşmişti; sadece bu olgu bile o dönemde Avrupa'nın farklı parçaları arasındaki kültürel bağlantılara ilişkin fikir vericidir. On yedinci ve on sekizinci yüzyıllarda İskoçya ile İngiltere'nin güneyi arasındaki yolların durumu göz önüne alındığında örneğin Glasgow veya Edinburgh'tan Londra'ya seyahat etmenin en kolay yolu (ve Belfast'tan Londra'ya seyahatin tek yolu!) deniz yolculuğu yapmaktı ve bir kez bir gemiye bindiniz mi Bordeaux'ya gitmek de neredeyse aynı derecede kolaydı. Bir de şüphesiz İskoçya ile Fransa arasında, İskoçya'nın bağımsız bir ülke olarak İngiltere'yi doğal düşmanı olarak gördüğü zamandan kalma Eski İttifak üzerinden tarihi bir bağlantı da söz konusuydu. John Black gibi İskoçyalı bir beyefendi veya tüccar kendisini Fransa'da da İngiltere'den farksız biçimde evinde hissediyordu. Burada başka bir İskoç göçmenin kızı olan Margaret Gordon'la evlendi ve beraberce on üç çocuk yetiştirdiler; bu sekiz erkek ve beş kızın hepsinin yetişkinlik dönemleri o dönem için alışılmadık biçimde oldu.



21. Newcomen makinesi

Black ailesi, Bordeaux kentinin dışındaki bir muhit olan Chartron'da bir konak, bir çiftlik ve üzüm bağları olan bir kır evine sahipti. Joseph bu rahat ortamda büyüdü. 12 yaşına dek büyük oranda annesi tarafından eğitildi, ardından 1746'da gireceği Glasgow Üniversitesine kabul edilmek için hazırlık okulunda okumak ve akrabalarıyla yaşamak üzere Belfast'a yollandı. Black başlangıçta dil dersleri ve felsefe eğitimi aldı, fakat babasının meslek edinmesini şart koşması sonucu 1748'de tıp ve anatomi bölümüne geçerek üç yıl boyunca tıp profesörü William Cullen'den (1710–1790) dersler aldı. Verdiği dersler içerisinde kimya da bulunan Cullen'ın güncel bilimle ilişkisi sadece en yeni bilgileri öğrencilerine taşıyan mükemmel bir öğretmen olmakla sınırlı kalmamış, su veya diğer sıvıların buharlaştırılmasıyla çok düşük sıcaklıklara ulaşılabileceğini kanıtlamasıyla bilime kendi payına önemli bir katkı yapmıştı. Cullen (Dr. Dobson isimli bir öğrencisinin yardımıyla), sıvıların düşük basınçta buharlaşmasını sağlayarak soğuk ortam sağlayan bir hava pompası kullanarak ilk buzdolabı adını verebileceğimiz icadı gerçekleştirmişti. Glasgow'da tıp sınavlarını verdikten sonra Black doktora derecesi almasıyla sonuçlanacak araştırmalarını yürütmek üzere (1751 veya 1752'de) Edinburgh'a gitti. Bilime en ünlü katkısını da bu araştırması sırasında gerçekleştirdi.

O dönemde tıp mesleğinde üriner sistemde oluşan "taş" semptomlarını (böbrek taşı) gidermek için sahte çareler üretilmesi konusu oldukça gündemdeydi. Rahatsızlık veren taşların çözülmesi için başvurulan yollar içerisinde, bugün bizim çok güçlü karışımlar olarak değerlendirdiğimiz potasyum hidroksit ve diğer yakıcı alkalilerin içilmesi de yer alıyordu; özellikle birkaç yıl önce bunun kendisini iyileştirdiğine inanan İngiltere'nin ilk "başbakanı" Robert Walpole'un açıkladığı desteğin ardından bu tür tedaviler çok moda olmuştu. Black tıp öğrencisiyken bu kez beyaz magnezi diye bilinen daha hafif bir alkali, mide "asitlerini" gidermek için piyasaya sürülmüştü. O da tez çalışması olarak böbrektaşlarına uygun bir tedavi bulma umuduyla bu beyaz magnezinin özelliklerini incelemeye karar verdi. Bu umudu suya düştü ama Black'in araştırmalarını yürütme biçimi, kimyanın gerçek bir bilim olabilmesinin yolunu döşedi ve bizim bugün verdiğimiz isimle karbon-

dioksitin varlığını keşfetmesiyle ilk kez havanın tek bir öğeden ibaret olmayıp aslında bir gaz karışımı olduğunu gösterdi.

Black'in dönemindeki kimyacılar ılımlı ve kostik şeklinde iki tür alkali maddenin var olduğu tespitini yaparlardı. Ilımlı alkali maddeler sönmüş kireçle kaynatılarak kostik alkalilere çevrilebilir ve sönmüş kireç de sönmemiş kirece su verilerek üretilirdi. Sönmemiş kireç, kireç taşının (esasen de tebeşirin) bir kireç ocağında ısıtılmasıyla elde edilirdi. Bu önemliydi, çünkü malzemenin "kostik" özellik kazanmasına, kireç ocağından yakıcı bir şeylerin kirece geçmesinin neden olduğu ve bunun sonucunda çeşitli işlemler sonrasında kostik alkalilerin oluştuğu düşünülürdü. Black'in ilk keşfi beyaz magnezinin ısıtıldığında ağırlık kaybettiği oldu. Sıvı ortaya çıkmadığına göre bu ancak malzemeden "havanın" kaçtığı anlamına gelebilirdi. Ardından bütün ılımlı alkalilerin asitlerle etkileşime geçince köpürürken, kostik alkalilerin köpürmediklerini buldu. Dolayısıyla iki alkali arasındaki fark, ılımlı alkalilerin ısının veya asidin hareketiyle serbest kalan bir "sabit hava" içermesi, kostik alkalilerinse içermemesinden kaynaklanıyordu. Diğer bir deyişle kostik özellikler, yakıcı bir şeylerin varlığının sonucu olarak açıklanamazdı.

Bu tespit, her bir adımda her şeyin tartılarak terazinin temel araç olarak kullanıldığı bir dizi deneyin önünü açtı. Örneğin Black sönmemiş kireç üretirken, ısıtmadan önce elindeki kireç taşının miktarını ve çıkan ürün miktarını ayrı ayrı tartarak ölçtü. Sönmemiş kirece eklenen su miktarını ölçtü, ortaya çıkan sönmüş kireç miktarını da ayrıca tarttı. Ardından buna yine tartılmış bir miktar ılımlı alkaliyi katarak sönmüş kireci tekrar ilk kireç taşı miktarına ulaşacak şekilde dönüştürdü. Black deneyin değişik aşamalarındaki ağırlık değişimlerinden, çeşitli tepkimeler sırasında kazanılan ya da kaybedilen "sabit havayı" dahi hesaplayabiliyordu.

Ilımlı alkalilerin serbest bıraktığı "hava" konusunda, bu havayı yanan bir mumu söndürmek için kullanmak gibi bir dizi deneyin sonrasında Black bunun bildiğimiz havadan farklı olduğunu, ancak yine de içerisine karıştığı atmosferde bir yere sahip olması gerektiğini gösterdi. Bugün bizim ifade edeceğimiz biçimiyle söylersek havanın bir gaz karışımı olduğunu buldu. Bu o dönem için çok büyük bir keşifti. Tüm bu çalışması, Black'in 1754'te teslim

ettiği ve genişletilmiş biçimiyle 1756'da yayımlanan tez çalışmasının temelini oluşturdu. Bu çalışma Black'e doktora derecesi kazandırmakla kalmadı, önde gelen bir kimyacı olarak İskoçya'da ve tüm dünyada hızla tanınmasını sağladı. Üniversiteden ayrıldıktan sonra Edinburgh'da doktorluk yapmaya başladı; ertesi yıl Edinburgh'taki kimya kürsüsü boşaldı ve Black'in eski öğretmeni William Cullen bu makama atandı. Glasgow'da boşalan kürsüye Cullen eski öğrencisini önerince, 1756 yılında 28 yaşında olan Black bir yandan özel tıp hekimliğini sürdürürken bir yandan da burada tıp profesörlüğü ve kimya eğitmenliği yapmaya başladı. Black İngiltere, Avrupa ve hâttâ Amerika'dan[2] çok sayıda öğrenciyi Glasgow'a (daha sonra Edinburgh'a) çeken, ilgi çekici dersler veren çok başarılı bir profesördü ve kendisinden sonraki bilim insanları nesli üzerinde büyük bir etki yarattı. (Öğrencilerinden biri verdiği derslerin ayrıntılı notları tuttu ve bunlar 1803'te basılarak on dokuzuncu yüzyılda da öğrencilere esin kaynağı olmaya devam etti.) Araştırmalarına devam etse de ulaştığı sonuçların pek azını yayımlayarak bunları derslerinde öğrencilerine veya bilim derneklerinin üyelerine aktarmayı tercih etti. Gençler yeni bilimin gelişimini gerçekten de en ön sıradan izleyebiliyorlardı. Daha sonraki birkaç yıl içerisinde Black tezindeki konular üzerindeki araştırmalarını geliştirdi ve yaptığı başka şeylerin yanı sıra, "sabit havanın" odun kömürünün yakılması, hayvanların solunumu yoluyla ve mayalanma sürecinde üretildiğini gösterdi. Kimyada başka büyük bir keşfe imza atmadı ve 1760'larda ilgisini büyük oranda fiziğe yoğunlaştırdı.

Black ve Sıcaklık

Black'in bilime diğer büyük katkısı ısının doğası konusundaydı. Isı Cullen, Black ve çağdaşlarını sadece laboratuar kimyasına içkin önemi nedeniyle değil, filizlenen Sanayi Devriminde oynadığı rol nedeniyle de büyülüyordu. Buhar makinesinin gelişimi bunun bariz bir örneğiydi ama İskoçya'da gelişen viski sanayiini de düşünün; sıvıları buhara çevirmek için devasa miktarda yakıt

[2] Black'in öğrencilerinden Benjamin Rush (1746–1813), 1769 yılında Philadelphia College'da ABD'deki ilk kimya profesörü oldu.

kullanılıyor, ardından bu buharlar tekrar sıvılaşırken aynı büyük miktarlarda ısının çıkartılması gerekiyordu. Black'ın 1760'ların başında bu sorunları konu edinmesi son derece pratik nedenlere dayanabileceği gibi, sıvıların buharlaştığında ne olduğuna yönelik ilgisini Cullen'la olan yakın ilişkisi de tetiklemiş olabilir. Black herkesçe bilinen, buzun erirken katıdan sıvıya dönüşmesine karşın aynı sıcaklıkta kalması olgusunu araştırma konusu yaptı. Her zamanki dikkatli niceliksel yaklaşımını uygulayarak gerçekleştirdiği ölçümler, belirli bir miktardaki buzun eriyerek aynı sıcaklıktaki suya dönüşmesi için gereken ısının, aynı miktarda suyun sıcaklığının erime noktasından 140° Fahrenheit sıcaklığa çıkartılması için gereken ısıyla aynı olduğunu gösterdi. Katının sıvıya dönüşürken gizil ısı olarak aynı sıcaklıkta soğurduğu ısıyı tespit etti ve bu ısının var olmasının suyun katılaşmayarak sıvı hale gelmesini sağladığının farkına vardı: Isı ile sıcaklık kavramları arasındaki hayati ayrımı yapmıştı. Benzer biçimde, sıvı suyun buhara (veya herhangi başka bir sıvının buhar haline) geçişinde rol oynayan bir gizil ısı da vardı ve Black bunu da niceliksel olarak araştırdı. Belirli miktardaki bir kimyasal maddenin sıcaklığının belirli bir miktarda arttırılması için gereken ısı miktarına (modern dille ifadesiyle 1 gramlık bir kimyasal maddenin sıcaklığını 1° C yükseltmek için gereken ısı miktarına) "özgül ısı" adını veren de o oldu. Suyun tümü aynı özgül ısıya sahip olduğu için (diyelim ki) donma noktasındaki (32° F) bir pound ağırlığındaki su, kaynama noktasındaki (212° F) bir pound ağırlığındaki suya eklenirse, sonuç iki ucun ortasındaki sıcaklık olan 122° F sıcaklığındaki iki pound su olur. Bir pound suyun sıcaklığı 90° F arttırılmış, diğerinin sıcaklığı 90° F düşürülmüştür. Öte yandan (diyelim ki) demir sudan daha düşük bir özgül ısıya sahip olduğu için, 212° F'taki bir pound su 32° F'taki bir pound demirin üstüne dökülürse, demirin sıcaklığı 90° F'dan çok daha fazla artar. Black bu keşiflerinin hepsini 23 Nisan 1762 tarihinde Üniversite Felsefe Kulübünde anlattı, ama hiçbir zaman resmi biçimde yazılı olarak yayımlamadı. Buhar deneylerinde Black'e üniversitede genç bir alet yapımcısı yardımcı oldu; James Watt adlı bu kişi Black'in aletlerini yapmanın yanı sıra buhar konusunda kendi araştırmalarını da yürütüyordu. İkisi yakın arkadaş oldular ve Watt'ın buhar makineleri üzerine

yaptığı çalışma ona ün ve zenginlik kazandırdığında bundan en çok memnuniyet duyan kişi Black oldu.

Black 1766'da William Cullen'ın ardından Edinburgh'a kimya profesörü olarak ataması yapılınca Glasgow'dan ayrıldı. Adam Smith'in, David Hume'un ve öncü jeolog James Hutton'un (ve çok sayıda başka kişinin) doktoru ve arkadaşıydı. Hiç evlenmedi ve keşfettiği analitik kimya tekniklerinin geliştirilmesi işinin devamının getirilmesini başkalarına (özellikle de Antoine Lavoisier'e) bırakmış olsa da, İskoçya Aydınlanmasının en itibarlı kişiliklerinden biri oldu. Ölümüne dek profesörlüğe devam etse de, sağlığı yaşamının sonlarına doğru giderek hassaslaştı ve son derslerini 1796/1797 akademik yılında verdi. 10 Kasım 1799'da 71 yaşındayken huzur içinde öldü.

Buhar Makinesi: Thomas Newcomen, James Watt ve Sanayi Devrimi

Elinizdeki kitap bir tıp tarihi kitabı olmadığı gibi bir teknoloji tarihi sıfatını da taşımamasına karşın, bugün bilimin temel bir yer tuttuğu içerisinde yaşadığımız toplum yapısına doğru özel önem taşıyan bir adımı ifade ettiği için, Black'in arkadaşı James Watt'ın başarılarına bir göz atmakta fayda var. Watt'ın başarısını özel kılan, onun bilimde dönemindeki en güncel araştırmalardan bir dizi fikri alıp bunları büyük bir teknolojik ilerleme sağlamak için uygulayan ilk kişi olması ve günümüzün yüksek teknolojili sanayilerinin araştırma bağlantılarına sahip olan laboratuarlarını önceden haber verir şekilde, bilimde çığır açan buluşları yapan araştırmacılarla[3] bir üniversitede doğrudan temas içerisinde çalışmasıydı. On sekizinci yüzyılın ikinci yarısında Watt'ın buhar makinesine getirdiği yenilikler de çok yüksek bir teknolojik düzeydeydi ve Watt'ın yaklaşımı bir bütün olarak on dokuzuncu ve yirminci yüzyılda teknolojinin izleyeceği gelişim yönünü tarif ediyordu.

Watt 19 Ocak 1736'da Clydeside'daki Greenock'da doğdu. Babası (yine James) etkinlik alanlarını gemi levazımatçılığı, gemi

[3] Arkadaşları arasında Black dışında, beraber jeolojik keşif gezilerine gittiği James Hutton da yer alıyordu.

yapıcılığı, gemi sahipliği ve tüccarlığa doğru genişletmiş olan bir gemi onarımcısıydı (böylece bir gemiyi inşa edebiliyor, donatıyor, taşınacak yükü sağlıyor ve kargoyu yabancı bir limanda satılmak üzere yola çıkartabiliyordu). Genç James'in annesi Agnes, James'ten önce üç çocuk doğurmuş ancak hepsi çocukken ölmüşlerdi. Beşinci çocuk John, James'ten üç yıl sonra doğdu ve hayatta kalmayı başarsa da delikanlılık çağında (babasının gemilerinin birindeyken) denizde kayboldu.

Genç James Watt migren hastası ve fiziksel olarak narin bir yapıya sahip olmasına rağmen rahat bir çocukluk geçirdi ve bölgesindeki ilkokulda iyi bir temel eğitim aldı. Babasının atölyesine okuldan daha fazla ilgi duyuyordu ve bir laternanın da içlerinde yer aldığı değişik makine ve aletlerin çalışan modellerini yaptı. Babası James'in gemi merkezli aile işini devralmasını istediği için onu üniversiteye yollamadı. Ancak büyük James'in yatırım yaptığı alanlarda karşılaşılan bir dizi ticari başarısızlığın sonucunda bu olasılık ortadan kalktı ve yirmili yaşlarına doğru ilerleyen James birden kendi geçimini sağlama sorunuyla yüzleşmek zorunda kaldı. Matematiksel gereçler yapımı işini öğrenmek üzere önce 1754'te Glasgow'a, ardından 1755'te Londra'ya gitti; burada 20 gine* ve bir yıllık yoğun kursta vereceği emek karşılığında ülkedeki en iyi alet yapımcılarından birinin yanında bir tür yoğunlaştırılmış çıraklık dönemi geçirdi. 1756'da İskoçya'ya döndü ve Glasgow'da iş kurmak istedi ama geleneksel bir çıraklık sürecinden geçmediği için güçlü zanaatkârlar loncası buna izin vermedi. Yine de ertesi yıl kendisine üniversite bölgesi içerisinde kalarak atölye çalışması yapma olanağı sağlandı ve böylece üniversitenin matematiksel gereç yapımcısı oldu, aynı zamanda özel işler de yapabiliyordu. Üniversitenin kendi arazisi üzerinde istediğini yapma gücü vardı ve (o dönem Glasgow'da profesör olan) Adam Smith gibi kişilerin loncaların güç gösterilerinden hiç hazetmedikleri de kesindi.

Watt yeni işinde sadece geçimini sağlamakla kalmadı, buhar gücüyle yapılan bazı deneylere katılma zamanı da buldu. Glasgow'daki öğrencilerden biri olan John Robison'un 1759'da Watt'a buhar gücünün bir at arabasını sürmek için kullanılması olasılı-

* 1663 ile 1814 yılları arasında kullanılan 21 şilin değerindeki altın İngiliz parası –çn.

ğından bahsetmesiyle başlayan deneylerden bir sonuç çıkmadı. Yine de bu, 1763/1764 kışında üniversitenin edindiği çalışan bir Newcomen makinesi modelini tamir etmesi istendiğinde (çalışan modelin sorunu çalışmamasıydı) Watt'ın buhar makinelerinin işleyişinden haberdar olduğunu göstermesi bakımından önemlidir.

Thomas Newcomen (1664–1729) ve asistanı John Calley ilk başarılı buhar makinesini 1712 yılında İngiltere'nin iç kısmındaki Dudley Kalesi yakınlarındaki bir kömür madeninde kurmuşlardı. Daha önce başkaları da buhar gücü deneyleri yapmış olmasına karşın bu faydalı iş yapan ilk pratik makineydi; madendeki suyu dışarı pompalıyordu. Newcomen tasarımındaki kilit özellik pistonlu bir dikey silindire sahip olmasıydı, pistonun bir kirişle bir terazi ağırlığına bağlanacağı şekilde kurulmuştu. Diğer şeylerin sabit olduğu durumda ağırlık düşüyor ve pistonu silindirin en üstüne kaldırıyordu. Makinenin çalışabilmesi için pistonun altındaki silindir buharla doldurulyordu. Ardından silindirin içine soğuk su püskürtülüyor ve buhar yoğun hale getirilerek kısmi bir boşluk yaratılıyordu. Atmosferik basınç karşı ağırlığa rağmen pistonu aşağıya boşluğun içine sürüyordu. Piston silindirin alt tarafına ulaştığında buharın basıncını eşitleyerek (veya gerekli olmamasına karşın atmosfer basıncının çok az daha üstüne yükselterek) tekrar içeri pistonun altına girmesine izin veriliyor ve böylece karşı ağırlık pistonu tekrar silindirin üstüne kaldırabiliyordu. Ardından döngü tekrarlanıyordu.[4]

Watt, Newcomen makinesi modelini işler hale getirdikten sonra fark etti ki, makine ateşlenip küçük kazanı buharla dolunca, çok daha uzun çalışmak üzere tasarlanmış mükemmel bir model olmasına karşın, tüm buhar dışarı atılmadan önce sadece birkaç piston seyri kadar çalışıyordu. Watt bunun ölçek etkisi olarak bilinen nedenden dolayı olduğunu tespit etti: Isaac Newton *Optik*'te küçük bir cismin aynı şekle sahip büyük bir cisme göre çok daha hızlı ısı kaybettiğine dikkat çekmişti (nedeni küçük cismin ısıyı depolayan hacmine orantılı olarak ısı kaybettiği yüzey alanının

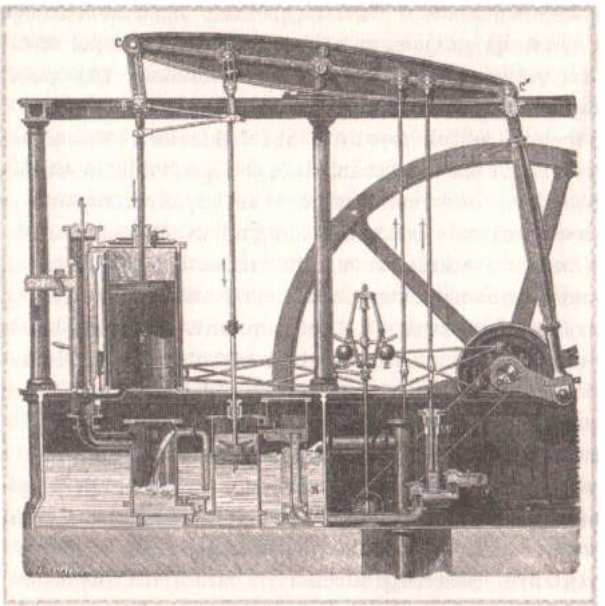
[4] Pistonu aşağıya indiren atmosfer basıncı olduğu için Newcomen makinesine yer yer atmosfer makinesi de denir. Watt tasarımlarında buharı iş gören sıvı olarak ilk kullanan kişiydi; bu yüzden Newcomen'ın makineleri de buhar kullanmasına karşın, buhar makinesinin mucidi olarak genellikle onun adı anılır.

daha büyük olmasıdır). Omuzlarını silkip ölçek modelin asla gerçeği kadar iyi çalışamayacağını kabul etmek yerine Watt daha verimli çalıştırıp çalıştıramayacağını anlamak için makinenin bilimsel işleyiş ilkelerini ayrıntılı olarak incelemeye aldı; aynı iyileştirmelerin gerçek boyutlu buhar makinelerini Newcomen makinelerinden daha randımanlı hale getireceği düşüncesindeydi.

Watt Newcomen makinesindeki en büyük ısı kaybının, pistonun her vuruşunda (çok kütleli olduğu için çok ısı alabilen) bütün bir silindirin soğutulması ve ardından her buharla doldurulduğunda suyun kaynama noktasına dek tekrar ısıtılması gerekliliğinden kaynaklandığını tespit etti. Çözümün, birisi (pistonun hareket ettiği) tüm süre boyunca sıcak tutulacak, diğeri de (eski modellerde bir su tankına batırılarak) sürekli soğuk tutulacak iki silindir kullanmaktan geçtiğinin farkına vardı. Piston vuruşunun en üst noktasındayken bir valf açılarak buharın sıcak silindirden soğuk silindire akışı sağlanacak ve burada yoğuşan buhar da gereken kısmi boşluğu yaratacaktı. Vuruşun alt tarafında bu valf kapanacak ve bir başka valf açılarak taze buharın halen sıcak olan çalışan silindirin içerisine girmesine izin verecekti. Çalışan silindirin sıcak tutulmasına yardımcı olma amacıyla pistonu aşağıdan yukarıya hareket ettirmek için atmosfer basıncında sıcak buhar kullanılması gibi gerçekleştirdiği başka iyileştirmeler de vardı; ancak sağladığı kilit gelişim, ayrı bir yoğuşturucu kullanılmasıydı.

Bu deneyler sırasında Watt, Black'ten birkaç yıl sonra bağımsız bir şekilde gizil ısı olgusuyla karşılaştı. Görünüşe göre Black'in çalışmalarından haberdar değildi (Black hiçbir şey yayımlamadığı için bu şaşırtıcı da değil) ancak son gelişmeleri kendisine bildirerek makinesini daha da geliştirmesine yardım eden Black'le keşifleri hakkında bilgi alışverişinde bulundu. Watt bir birim kaynar su, otuz birim soğuk suya eklendiğinde soğuk sudaki sıcaklık artışının çok zor fark edilebilir olduğunu; ama soğuk suya görece küçük miktarda buhar (elbette kaynar suyla aynı sıcaklıkta) eklenirse bunun suyu kısa zaman içerisinde kaynattığını tespit etti. (Bunun nedeni bugün bildiğimiz üzere buhar[5] suyla yoğuştuğunda gizil ısının serbest kalmasıydı.)

[5] Daha doğru ifade edersek, yoğuşan su buğusuydu. "Buhar" su buğusu ile çok sıcak su damlalarının karışımıdır.



22. Watt'ın buhar makinesi.

Watt buhar makinesinin patentini 1769 yılında aldı. Arkasından bunu hızlı bir ticari başarı izlemedi ve 1767 ile 1774 yılları arasında asıl iş olarak Kaledonya Kanalı dahil İskoçya kanallarında denetleyicilik yaptı. 1763'te evlenmişti ancak ilk karısı Margaret 1773 yılında (arkasında iki oğul bırakarak) öldü. 1774'te Birmingham'a taşındı ve burada (ayda bir kez toplandıkları için) *Lunar Society* [*Ay Derneği*] adıyla bilinen, içlerinde Joseph Priestley, Josiah Wedgwood ve Erasmus Darwin'in yer aldığı (son ikisi Charles Darwin'in dedeleriydi) bilimle ilgilenen bir grubun parçası oldu. Watt burada Erasmus Darwin aracılığıyla tanıştığı Matthew Boulton'la (1728–1809) ortaklık kurarak buhar makinelerinden ticari bir başarı sağlamayı başardı. Makine çok hızlı çalışıyorsa buharı kesmeye yarayan otomatik regülatör veya düzenleyici gibi çok sayıda makine ayrıntısını icat ederek bunların da patentini aldı. Watt 1755'te yeniden evlenerek ikinci karısı

Ann'den bir erkek ve bir kız çocuğu sahibi oldu. 1800 yılında 64 yaşındayken buhar makinesi ticaretinden ayrıldı ancak 25 Ağustos 1819 tarihinde Birmingham'da yaşamını yitirene dek icatlarına devam etti.

Elektrik Deneyleri: Joseph Priestley

Watt'ın geliştirdiği buhar makinesi nasıl bilimsel ilkelere dayanıyorsa, Sanayi Devriminde buharın önemli bir yer tutması da, on dokuzuncu yüzyılda ısı ile hareket arasındaki bağlantının (termodinamik) araştırılmasında ilerleme sağlanmasını koşullayacaktı. Bu, bilim ile teknoloji arasındaki karşılıklı beslenmenin klasik bir örneği olarak daha etkili makinelerin yapılmasının önünü açtı. Boulton ve Watt on sekizinci yüzyılın son çeyreğinde Sanayi Devriminde kendi rollerini oynarlarken *Lunar Society*'den arkadaşları olan Joseph Priestley, bu onun bilim yaşamında en önemli şey sayılayamayacak olmasına karşın kimya alanında ileriye doğru bir sonraki büyük adımı atıyordu.

Priestley 13 Mart 1733 tarihinde Leeds yakınlarındaki Fieldhead'da doğdu. Babası James evdeki dokuma tezgâhlarında çalışan bir dokumacı ve kumaş kesimcisiydi.[6] Aynı zamanda Calvinistti. James Priestley'in karısı Mary altı yılda altı çocuk doğurduktan sonra çok soğuk geçen 1739/1740 kışında öldü. Joseph bu çocukların en büyüğüydü, kardeşleri birbiri ardına doğunca anneannesinin yanına gönderildi ve annesini çok az görebilmiş oldu. Annesi ölünce eve döndü, ama James hem işiyle hem de çocukların hepsiyle birden baş etmesinin olanaksız olduğunu görünce (o sırada 8 yaşında olan) Joseph çocuğu olmayan (kocası evlendikten kısa süre sonra ölmüş) bir halasının yanına gönderildi. Yine inançlı bir Calvinist olan kadın oğlanın (halen Latince ve Yunanca ağırlıklı eğitim veren) yerel okullarda iyi bir eğitim almasına özen gösterdi ve meslek olarak din adamlığını seçmesini arzu etti.

Kekeme olmasına rağmen Priestley bu amaca ulaştı. 1752'de Anglikan kilisesine bağlı olmayan bir akademiye girdi. Bu akademilerin varlığı (çoğu akademi tanımının günümüzde çağrıştır-

[6] Kısa bir süre sonra bu klasik ev endüstrisi yerini buhar gücüyle çalışan imalathanelere bırakacaktı.

dığı kadar büyük değildi, bazıları sadece birkaç öğretmen ve bir elin parmağından az sayıda öğrenci barındırıyordu) köken olarak John Ray'in Cambridge'ten ayrılmasına sebep olan 1662'deki İntizam Yasasına dayanıyordu. Bu yasa sonucunda kilise görevlerinden uzaklaştırılan Anglikan Kilisesine bağlı olmayan yaklaşık 2000 kişinin çoğu (Ray dahil) geçimlerini sağlamak için ellerindeki tek olanak olan özel öğretmenliğe geçti. Şanlı Devrim'in ardından 1689 yılında çıkartılan bir Müsamaha Yasası Anglikan kilisesi dışındakilerin toplumda daha etkin rol oynamasına izin verince, Anglikan olmayan din adamlarının yetiştirilmesi için yaklaşık kırk akademi kuruldu. Bariz dinsel nedenlerden kaynaklı bu akademiler genel olarak İskoçya'daki üniversitelerle iyi ilişkilere sahipti ve çok sayıda öğrencisi yükseköğretim için Glasgow veya Edinburg'a gitti. On sekizinci yüzyılın ortasında yaygınlık kazandılar (Daniel Defoe, Thomas Malthus ve William Hazlitt gibi isimler bu akademilerde eğitim aldılar), ancak Anglikan olmayanlar tekrar topluma tam olarak entegre olup bir kez daha ana akım okul ve kolejlerde ders vermeye başladıklarında sayıları giderek azalmaya başladı.

Priestley 1755'te derslerini tamamladıktan sonra Suffolk'taki Needham Markette papazlık görevine başladı. Burada bir Ariusçu olduğu için cemaatiyle ters düştü, adeta kendi kilisesine de karşıt bir Anglikan kilisesi karşıtıydı. Başlangıçta geleneksel Teslis doğrultusunda görüşlere sahip olduğu söylenebilir, ancak Needham Markette Kutsal Kitap üzerinde dikkatli bir araştırma yaptıktan sonra Kutsal Üçleme yaklaşımının saçma olduğuna kanaat getirerek Ariusçu oldu. Needham Marketten ayrılan Priestley önce Cheshire'daki Nantwich'e taşındı, ardından Liverpool ile Manchester'ın ortasında yer alan Warrington Akademisinde ders vermeye başladı. Burada 1762 yılında, yaptığı zırhlardan servet edinmiş bir demir ustası olan John Wilkinson'un kızı Mary Wilkinson'la evlendi; çiftin üç oğlu ve bir kızı oldu. Warrington Akademisi büyük oranda Priestley'in sayesinde, geleneksel klasikler eğitiminin yerini tarih, bilim ve İngiliz edebiyatının aldığı İngiltere'deki ilk eğitim kurumlarından biri oldu.

Priestley'in düşünsel ilgi alanları çok genişti. İlk yazdıkları arasında bir İngilizce gramer kitabı ve MÖ 1200'den on sekizinci

yüzyıla dek olan dönemi kapsayan tarihteki önemli kişiler arasındaki kronolojik ilişkileri sergileyen bir biyografik çizelge vardı. Bu sonuncusu öylesine etkileyici bir çalışmaydı ki, 1765 yılında Edinburgh Üniversitesince hukuk doktoru derecesiyle (LLD) ödüllendirildi. Aynı yıl Londra'ya gerçekleştirdiği bir ziyarette (her yıl bir ayını Londra'da geçirmekten hoşlanırdı) Priestley, Benjamin Franklin'le ve elektrik konusuyla ilgilenen (o zaman elektrikçi olarak tabir edilen) başka bazı bilim insanlarıyla tanıştı. Onlardan etkilenerek kendi deneylerini yapmaya başladı; bu deneylerin birinde oyuklu bir kürenin içerisinde hiç elektrik kuvveti olmadığını gösterdi. Yaptığı çalışmalarda elektriğin bir ters kare yasasına tabi olduğunu ileri sürdü ve bunun sonucunda 1766 yılında Kraliyet Derneğine üye olarak kabul edildi. 1767 yılında basılan elektrik tarihi konusundaki kitabı 250.000 kelime civarındaydı (zaten bilimdışı konularda altı kitap yazmış durumdaydı) ve onun bir bilim tarihçisi ve öğretmeni olarak kabul görmesini sağladı. Artık 34 yaşına gelmişti ve şimdiye kadar aktarılan başarılarının tümü bundan sonra yapacaklarının yanında hafif kalacaktı.

Her ne kadar bilim Priestley'in yaşamında yaptıkları içerisinde göreceli olarak oldukça küçük bir yer tutsa da, onu bağlamı içerisine yerleştirmeye yetecek kadar yere sahip değiliz ve on sekizinci yüzyılın sonundaki çalkantılı on yıllarda bir teolog ve Anglikan kilisesi karşıtı olarak oynadığı rolden çok kısa bir biçimde bahsedebiliriz. 1767'de Priestley, Leeds'deki bir şapelde din görevlisi olarak çalışmaya geri döndü. Bir yandan kimyayla ilgilenmeye devam ederken, diğer yandan İngiliz yönetiminin Amerikan kolonilerine karşı tutumunu eleştiren broşürler kaleme aldı[7] ve dinsel araştırmalarını sürdürerek Üniteryen görüşlere (1774'te kurulan son derece Ariusçu bir tarikat) eğilim duymaya başladı. Priestley'in ünü giderek yayıldı ve Leeds'deki görev süresinin sonuna doğru 1773 yılında Whig siyasetçi Lord Shelburne ona "kütüphanecisi" olmasını önerdi. Yıllık 250 pound ücret alacağı görevi boyunca Shelburne'ün sahibi olduğu bir evde ücretsiz kalacak ve emekliliğinde de kendisine ömür boyu maaş bağlana-

[7] Priestley'in yazılarındaki özgürlük hakkındaki güzel ifadelerden bazıları Thomas Jefferson tarafından alınarak Amerikan Bağımsızlık Bildirgesinde kullanılmıştır.

caktı. Kütüphane işleri Priestley'in pek az zamanını aldı, asıl rolü Shelburne'e siyasal ve entelektüel danışmanlık ve Shelburne'ün iki oğluna part-time öğretmenlik yapmaktı; dolayısıyla (büyük oranda Shelburne'ün mali destek sağladığı) kendi bilimsel çalışmalarını yürütmek ve ilgi alanlarına yoğunlaşmak için çok zamanı oluyordu. (Henüz 29 yaşında olduğu) 1766 ile 1768 yılları arasında bakanlık yapan Shelburne, Amerikalılara karşı bir uzlaşma politikası geliştirilmesi için çabalasa da Kral III. George tarafından tam da bu yüzden görevinden alındı. Kralın feci politikası İngiltere'nin Amerikan Bağımsızlık Savaşındaki yenilgisine sebep olduktan sonra, 1782 yılında kral eski kolonilerle barışın tesis edilmesi gibi zor bir görevi yerine getirebilecek tek saygın devlet adamı olarak Shelburne'ü tekrar göreve çağırmak zorunda kaldı. Bu arada Priestley de görevinden ayrılmıştı. 1780 yılında bir Anglikan muhalifi olarak açık sözlülüğü artık Lord Shelburne için bile bir siyasal utanç kaynağı haline gelmiş ve "kütüphanecisini" sözünü verdiği maaşa bağlayarak (yıllık 150 pound) emekli etmişti. Priestley Birmingham'a taşınarak zengin kayınbiraderinin kendisine tahsis ettiği bir evde yaşamaya başladı, tekrar papaz olarak işe başlayarak rahat denebilecek bir duruma geldi. Yaşamının bu döneminde *Lunar Society*'de aktif üye olarak yer aldı.

Priestley Birmingham'da da İngiltere Kilisesine karşı açık muhalefetini sürdürdü ve tıpkı Amerikalı sömürge karşıtlarının amaçlarına sempati duyduğunda olduğu gibi, (başlangıçta halkçı bir demokratik hareket olan) Fransız Devrimine desteğini de açıkça belirtti. Priestley ve Fransa'daki yeni hükümetin diğer destekçileri 14 Temmuz 1791 tarihinde Bastille'in özgürleştirilmesinin ikinci yıldönümünü kutlamak için Birmingham'da bir yemek düzenlediklerinde işler sarpa sardı. Muhalifler (karşıtlarına zarar verme şansı elde etmek için can atan siyasal ve ticari rakipleri) bir çete organize ettiler ve bu güruh yemeğin düzenlendiği otele gidip yemeğe katılanların ayrıldığını görünce iyice zıvanadan çıkarak İngiliz kilisesinden olmayanların ev ve şapellerini yakıp yağmaladı. Priestley son anda kurtuldu ama evi kütüphanesi, el yazmaları, bilim araç ve gereçleriyle birlikte tümden tahrip edildi. Priestley başta yerleşmek ve davasını (sözlü olarak) savunmak amacıyla Londra'ya taşındı ama Fransız Devrimi kanlı bir hal alıp savaşla

birlikte Fransa'ya karşı düşmanlık yeniden uyanınca aldığı pozisyonu savunamaz hale geldi (Paris'teki devrimcilerin kendisine Fransız vatandaşlığı önermesi İngiltere'deki konumunu daha da zora soktu). 1794 yılında 61 yaşındayken Priestley karısıyla birlikte (bir önceki yıl göç eden oğullarının ardından) Kuzey Amerika'ya göç etti ve 6 Şubat 1804 tarihindeki ölümüne dek Northumberland, Pennsylvania'da sessizce yaşadı (kendi standartlarına göre sessizce, yoksa 1791'den sonra otuz eseri daha basıldı).

Priestley'in Gazlarla Yaptığı Deneyler

Bir kimyacı olarak Priestley muhteşem bir deneyci ancak berbat bir kuramcıydı. Çalışmasına başladığında sadece iki gaz (veya "hava") biliniyordu: Havanın kendisi (Black'in çalışmalarına rağmen henüz bir gaz karışımı olduğu herkes tarafından kabul görmüyordu) ve karbondioksit ("sabit hava"); hidrojenin ("yanıcı hava") varlığı ise Henry Cavendish tarafından 1776'da keşfedilmişti. Priestley on gazın daha varlığını tespit etti, bunların arasında (günümüzdeki isimleriyle) amonyak, hidrojen klorür, azot oksit (gülme gazı) ve kükürt dioksit de vardı. En büyük keşfiyse elbette oksijendi; ancak oksijenin ayrı bir gaz olarak varlığını ortaya çıkaran deneyleri gerçekleştirmiş olmasına rağmen, bu deneyleri Alman kimyacı George Stahl'ın (1660–1734) desteklediği flojiston modeli açısından değerlendirdi. Bu model yanmayı, yanan şeyi bırakan bir maddenin (flojiston) sonucu olarak "açıklıyordu". Modern terminolojiyle örnek verirsek bir metal yandığında oksijenle birleşerek bir metalik oksit oluşturur, bu maddeye Priestley'in döneminde kalk [kül] adı verilirdi. Flojiston modeline göre burada flojiston metalden kaçıyor ve geride külü bırakıyordu. Kül ısıtıldığında (bu yaklaşıma göre) flojiston tekrar onunla birleşiyor (veya tekrar içine giriyor) ve metal oluşuyordu. Havanın olmadığı koşullarda şeylerin yanmamasının sebebi Stahl'a göre flojistonun soğurulması için havanın şart olmasıydı.

Kimya bulanık, nitel bir bilim olduğu müddetçe flojiston modeli kör topal da olsa iş görüyordu. Black ve izleyicileri ne olup bittiğine ilişkin kesin ölçümler yapmaya başlar başlamaz flojiston doktrini başarısızlığa mahkûm hale geldi, artık birilerinin şeyle-

rin yakıldığında daha hafif değil daha ağır hale geldiklerini fark etmesi ve bir şeyin yanan maddeden uzaklaşmayıp onun içine girdiğini (onunla birleştiğini) düşünmesi artık sadece an meselesiydi. Sürpriz olan Priestley'in bunu görmemesi (sadece yarı-zamanlı bir kimyacı olarak kafasında çok başka şeylerin de olduğunu göz önüne alalım) ve yanma ile oksijen arasındaki bağlantıyı kurarak flojiston modelinin ayağını kaydırma onurunun Fransız Antoine Lavoisier'e kalmasıydı.

Priestley "havalarla" ilgili deneylerine bir bira işletmesinin yakınında oturduğu Leeds'deki döneminde başladı. Fıçılarda fermente olan biranın yüzeyinin hemen üstündeki havanın Black'in sabit havası olduğu henüz tespit edilmişti ve Priestley bu gazdan çok büyük miktarlarda kullanarak deney yapabileceği bir hazır laboratuara sahip olduğunu gördü. Bu gazın fermente olan içeceğin üstünde yaklaşık 23–30 santimetre derinlikte bir katman oluşturduğunu ve bu katmanın içine koyulan yanan mum bitmesine rağmen dumanın orada kaldığını buldu. Karbondioksit katmanına duman ekleme yoluyla Priestley bunu görünür kıldı; yüzeyindeki dalgalar (karbondioksit ile normal hava arasındaki sınır) gözlemlenebiliyor ve fıçının yan tarafından akarak yere düştüğü görülebiliyordu. Priestley suyun içindeki fıçılardan kaybolan sabit hava üzerine deneyler yaptı ve suyun bir fıçıdan diğerine sabit havada birkaç dakika boyunca ileri geri çalkalanması yoluyla gayet hoş bir köpüklü içecek elde edilebildiğini gördü. 1770'lerin başında, kısmen de iskorbüt hastalığına karşı işe yarar bir önleyici bulma (başarısız) denemesi sonucunda,[8] Priestley sülfürik asit kullanarak tebeşirden karbondioksit elde etme ve ardından gazı suda basınç altında çözündürme yoluyla bu tekniği rafineleştirdi. Bu tüm Avrupa'ya yayılan bir "maden suyu" modasına sebep oldu. Priestley icadı için herhangi bir mali ödül peşinde olmasa da adalet yerini buldu; Priestley'in namı Lord Shelbourne'ün kulağına ilk kez bu maden suyu icadı sayesinde 1772 yılındaki İtalya seyahati sırasında ulaştı. Priestley'e sonraki yıllarda kimyaya yoğunlaşması için gereken zamanı, oksijenin keşfedilmesinin önünü

[8] James Cook'un dünya seyahetinde Priestley doğa bilimci pozisyonu için önerilmiş ancak dini nedenlerden reddedilmiştir. Cevaben Priestley "bu bir felsefe meselesi zannetmiştim, ilahi bir mesele değil," demiştir.

açacak deneyler için gereken para ve yeri (Calne, Wiltshire'daki malikânesini) sağlayan Shelburne olduğu için, bu keşfin biracılık sanayiine çok şey borçlu olduğunu söyleyebiliriz.

Oksijenin Keşfi

Priestley Leeds'deyken havanın basit bir madde olmadığından şüphelenmeye başladı. Farelerle yaptığı deneyler sonucunda havanın yaşamı sürdürmeyi sağlama özelliğinin solunumda artık nefes almaya uygun olmayacak tarzda bir şekilde "harcanabileceğini" ama havanın bitkilerin varlığı sayesinde yeniden solunabilir hale gelebileceğini buldu; bu karbondioksidin tüketilerek oksijenin serbest bırakıldığı fotosentez sürecine ilişkin ilk ipucuydu. Solunum sırasında tüketilen gaz olarak oksijenin keşfini 1 Ağustos 1774 tarihinde, bir cam kap içerisindeki numune üzerine yaklaşık 30 cm çapındaki bir lensle güneş ışınlarını odaklama yoluyla kırmızı civa kalkını (civa oksit) ısıttığı Calne'de gerçekleştirdi. Gazın (Priestley ve çağdaşlarının ifadesiyle "havanın") salınımı, kalk civanın eski metalik haline geri döndüğünde gerçekleşiyordu. Priestley bir süre sonra yarattığı bu yeni "havanın" solunum için bildiğimiz havadan daha iyi olduğunu keşfetti. Yaptığı çok sayıda deney sonucunda önce gazın içine sokulan yanan bir mumun alışılmadık bir parlaklıkla alevlendiğini keşfetti ve nihayet 8 Mart 1775'te ergin bir fareyi bu yeni havayla doldurulmuş kapalı bir kabın içerisine yerleştirdi. Deneyimleri ışığında bu büyüklükte bir farenin bu miktardaki bir normal hava içerisinde yaklaşık on beş dakika yaşayabildiğini biliyordu ancak bu fare yarım saat yaşadı, öldüğü düşünülerek kaptan çıkartıldıktan sonra da tekrar ateşle ısıtılınca yaşamaya devam etti. Deneyi için sıra dışı dayanıklılıkta bir fare seçmiş olabileceğini göz önüne alan Priestley ihtiyatlı davranarak deney notlarına yeni havanın en az normal hava kadar iyi olduğunu yazdı; ancak sonraki deneyler bu havanın solunumu destekleme açısından her zamanki havadan dört ila beş kat daha iyi olduğunu gösterdi. Bu soluduğumuz havanın yaklaşık yüzde 20'sinin oksijen olduğu gerçeğiyle de örtüşmektedir.

Aslında Priestley'in keşfi daha önceden İsveçli kimyacı Carl Scheele (1742–1786) tarafından yapılmıştı. Ondan bugüne kalan

laboratuar notları, onun 1772 yılında havanın iki maddenin karışımı olduğunun ve bunlardan birinin yanmayı önlerken diğerinin tutuşmaya meyilli olduğunun farkına vardığını gösteriyor. Civa oksitin ısıtılması ve başka teknikler kullanarak yanmaya eğilimli gaz numuneleri hazırladı ancak bu keşiflerini hızla kamuoyuna duyurmadı; ulaştığı sonuçları topladığı kitabını 1773'te tamamladı, kitabın basımı ise 1777 yılını buldu. Çalışma sonuçlarının bilimsel camiada duyulmaya başlanması Priestley'in deneylerini gerçekleştirdiği 1774 yılı Ağustos'undan hemen önceydi. Priestley o dönem başlangıçta Scheele'nin çalışmalarından haberdar değil gibi görünüyor ancak Eylül 1774'te Priestley halen deneylerini sürdürürken Scheele Lavoisier'e yazdığı bir mektupta kendi keşfinden bahsediyor. Scheele kimya alanında birçok başka çok önemli buluşa imza atmasına rağmen eczacı olarak çalışmaya devam etti, sadece bir tek kitap bastı ve akademiden gelen teklifleri geri çevirdi. Genç yaşında, henüz 43 yaşındayken de öldü. Bu koşulların bir bileşkesi olarak on sekizinci yüzyıl kimya tarihinde yer yer üzerinden atlandığı da oldu. Oksijenin Scheele ve Priestley tarafından hemen hemen aynı anda keşfedilmesindeki esas mesele bunu önce kimin başardığı değil, bize bilimin o ana kadar keşfedilenlerin üzerinde yükselerek ve günün teknolojisinden faydalanarak çoğu zaman küçük artışlarla adım adım ilerlediğini ve hangi bireyin hangi keşfi önce gerçekleştirdiğinin ve kimin adını tarihe yazdıracağının büyük oranda şansa bağlı olduğunu hatırlatmasıdır. İyi mi oldu kötü mü bu ayrı konu ama Scheele kuşkusuz keşfi ilk yapan kişiydi ve Priestley keşiflerini halen daha flojiston modeline göre açıklamaya devam etmesine rağmen nihayetinde adı oksijenin keşfiyle birlikte anılan adam oldu.

Öte yandan nadiren de olsa, bir kâşifin çalışmasından kimseye bahsetme zahmetine girmediği ve kendi merakını gidermek için deney yapmaktan bilimsel bir tatmin duyduğu için tarih kitaplarında adını belirli bir keşif veya yasanın yanına yazdırmayı (deyim yerindeyse) başaramadığı da olur. Priestley'in çağdaşlarından Henry Cavendish nadir rastlanan bu bilim insanı türünün tipik örneğidir. Kendisini on sekizinci yüzyılın ikinci yarısında kimyanın gelişiminde önemli bir kişilik yapmaya yetecek çalışmalara imza atmış, ancak ulaştığı (özellikle fizikteki) çok sayıda

sonucu ise hiç *yayımlamamış* ve bunlar bir sonraki yüzyılda (tarih kitaplarında adları gerektiği üzere bu keşiflerin yanına yazılacak) başkaları tarafından bağımsız olarak yeniden keşfedilmiştir. Cavendish'in ne yönde heves duyuyorsa bu hevesin peşinden gidebileceği ve neyi yayımlayacağına karar verirken seçici davranabileceği bir konumda olmasını sağlayan alışılmadık (çok zengin olma gibi) ailevi nedenleri vardı.

Cavendish dönemin İngiltere'sinin en zengin ve etkili aristokratik bir değil, iki ailesinden birden geliyordu. Baba tarafından dedesi William Cavendish ikinci Devonshire Dükü, annesi Anne de Grey ise Kent Dükü (ve on ikinci Kontu; 1710'da düklüğe yükseldi) Henry de Grey'in kızıydı. Beş erkek çocuğunun dördüncüsü olan (altı da kız kardeşi vardı) Henry'nin babası Charles Cavendish (1704–1783), kendisine ait özel bir ünvana sahip değildi ama Cavendish ailesinin konumu gereği yaşamı boyunca Lord Charles Cavendish olarak tanındı. Gerçekten lord olsaydı oğlu Henry, tıpkı bir kontun oğlu olan Robert Boyle'un "saygıdeğer" oluşu gibi, Saygıdeğer Henry Cavendish Beyefendi olurdu. Kendisine babası hayatta olduğu müddetçe böyle de hitap edildi, ancak babası ölür ölmez çevresine sade Henry Cavendish Beyefendi hitabını tercih ettiğini duyurdu.

Ailesinin iki tarafı da bilimle ilgiliydi. 1736'dan başlayarak ondan fazla yıl boyunca Kent Dükü ve ailesi fizik ve astronomiye destek verdi. Ayrıca (çalışmaları 8. Bölümde karşımıza çıkacak olan) gökbilimci Thomas Wright'a Düşes ve Dük'ün iki kızı Sophia ve Mary'nin (ancak evi terk eden ve 1733'te tüberkülozdan genç yaşta ölen Anne'in değil) eğitmeni olarak iş verdiler. Wright burada yaptığı araştırmaların ve gökbilim gözlemlerinin sonuçlarını 1730'lı yıllarda Kraliyet Derneğine de bildirdi. Öğretmenlik işi Dük'ün 1740'ta ölümünden sonra da devam etti. Akrabalıkları nedeniyle hem "Lord" Charles hem de Henry Cavendish, Wright oradayken (Henry 15 yaşına gelene kadar kesinlikle oradaydı) Kent Dükü'nün malikânesini ziyaret ettiler ve onunla karşılaşarak astronomi üzerine konuşmuş olmaları neredeyse kesindir.

Bu kesinliği arttıran bir diğer neden, Charles Cavendish'in hayatının tam ortasında bilime büyük ilgi duyduğu için aristokrasinin genç üyelerinin oynadığı geleneksel rolden vazgeçerek bilime

yönelmiş olması gerçeğidir. Onun konumundaki kişiler için öngörüldüğü üzere Charles 1725 yılında bir kardeşi, bir amcası, iki kayınbiraderi ve bir yeğeniyle birlikte görev alacağı (isim çelişkili gibi görünse de) Avam Kamarasına seçildi. Charles Cavendish çalışkan ve yetenekli bir parlamento üyesi olarak becerikli bir yönetici olduğunu gösterdi ve Westminster'deki ilk köprünün (Londra Köprüsü artık sadece çocuk tekerlemelerinde kaldığı için Londra'daki Thames nehri üzerinden geçen ilk yeni köprüdür) inşasıyla ilgili çalışmalarla yakından ilgilendi. Aradan geçen (ve Horace Walpole'un başbakan olduğu[9]) on altı yılın ardından ülkesi için üzerine düşen hizmeti yerine getirdiğine hükmetti ve 1741 yılında kendisi 37, genç Henry ise on yaşındayken bilimle ilgilenmek için siyaseti bıraktı. Bir bilimci olarak Derneğin ilk üyelerinin yapısıyla uyumlu şekilde hevesli bir amatördü ve deneysel çalışmalarda çok yetenekliydi (becerisi Benjamin Franklin tarafından övgü konusu oldu). En etkileyici çalışmalarından biri gözlemcinin olmadığı esnada kaydedilen en yüksek ve en düşük sıcaklıkları gösteren, bugün "maksimum-minimum" termometreler olarak bildiğimiz termometreleri 1857 yılında icat etmesiydi. Birinci kalite bir bilim insanı olmamasına karşın Charles Cavendish yönetsel becerilerini hem (Newton'ın ölümünden üç ay sonra üye seçildiği) Kraliyet Derneğinin hem de Greenwich Kraliyet Gözlemevinin hizmetine sundu ve oğlu Henry'yi bilim yolunda ilerlemesi için cesaretlendirdi.

Charles Cavendish Anne de Grey'le 1729 yılında evlendiğinde henüz 25 yaşına basmamıştı ve eşi de kendisinden iki yaş küçüktü. Babaları yıllardır birbirleriyle arkadaştılar ve onların bu birliktelikten çok mutlu oldukları kesin, ancak ilişkinin romantik yönü açısından fazla bir bilgiye sahip değiliz (yine de o günlerde soylu sınıfından gelen gençlerin normalde otuzlu yaşlarına kadar evlenmedikleri göz önüne alınırsa birbirlerini sevmiş olmaları ih-

[9] Walpole bu dönemde Şanlı Devrimin başarısına yaslanan bir Whig hükümetine başkanlık etti; Tory muhalefeti 1740'lara dek hâlâ büyük oranda II. James yanlısıydı ve bu on altı yıl esnasında gerçekleşecek bir hükümet değişikliğinin Stuartların yeniden tahta geçmesine yol açma olasılığı söz konusuydu. Bu olasılığın tamamen ortadan kalkmasıysa ancak 1745 isyanının ardından Culloden'da Bonnie Prince Charlie'nin yenilgisiyle mümkün oldu.

timali var). Evlilik sözleşmesinde tüm ayrıntılar belirtildiği için genç çiftin ne kadar zengin olduğunu ise net bir biçimde biliyoruz. Charles'ın babasından kendisine geçen toprakları ve gelirleri vardı, Anne de beraberinde kendi geliri dışında çeşitli menkul kıymetler ve yüklü bir miras sözünü de getirdi. Christa Jungnickel ve Russell McCormmach,[10] evliliği sırasında Charles Cavendish'in çok ciddi bir mülkün yanı sıra zaman geçtikçe artan en az 2000 pound tutarında harcanabilir bir yıllık gelire sahip olduğunu hesapladılar. Aynı dönemde yıllık 50 pound geçinmeye, 500 pound ise bir beyefendinin rahat yaşamasına yetiyordu.

Yeni ismiyle (genellikle Lady Anne diye çağrılsa da) Anne Cavendish ağır soğuk algınlığı olarak tarif edilmesine karşın kaygı verici biçimde kan tükürmeyi de içeren rahatsızlıklar geçirmeye eğilimli bünyesiyle, ileride yakalanacağı öldürücü hastalığın işaretlerini o dönemden gösteriyordu. Çok soğuk geçen 1731/1732 kışında çift kıta yolculuğuna çıkarak önce Paris'i ziyaret ettikten sonra bol güneş ve taze havasıyla ciğer rahatsızlıkları geçiren kişilere iyi gelen bir yer olarak görülen Nice'e geçti. Burada 31 Ekim 1731'de Anne, anne tarafından dedesinin adını alan ilk oğlu Henry'yi doğurdu. Kıtada (kısmen Anne'in sağlık durumuyla ilgili tıbbi tavsiye arayışıyla) yaptıkları başka yolculukların ardından aile İngiltere'ye döndü ve burada Henry'nin erkek kardeşi (adını o dönemdeki Galler prensinden alan) Frederick 24 Temmuz 1733'te dünyaya geldi.[11] Üç aydan kısa bir süre sonra Anne 20 Eylül 1733 tarihinde öldü. Charles Cavendish bir daha hiç evlenmedi ve Henry Cavendish'in bir yetişkin olarak yaşayacağı bazı garip durumlarda yardımına başvurabileceği bir annesi hiç olmadı. Beş yıl sonra 1738 yılında Charles Cavendish, kırdaki mal varlığını satarak iki oğluyla beraber bilimsel ve kamusal alanda yürüttüğü çalışmalar için daha uygun olan Londra'daki Great Marlborough Street'teki bir eve yerleşti.

Charles Cavendish Eton'da okumuş olmasına karşın, Frederick'in hep ağabeyinin izinden gideceği şekilde, her iki

---

[10] *Cavendish: the experimental life*

[11] Henry'den iki yıl sonra doğan Frederick, yine ondan iki yıl sonra 1812'de öldü. Charles, Henry ve Frederick Cavendish'in her üçü de yetmiş dokuz yaşına kadar yaşadı.

oğlunu da Hackney'de bir özel okula ve ardından Cambridge, Peterhouse'a yolladı. Henry Cambridge'e 1749 yılı Kasım ayında 18 yaşındayken başladı ve burada üç yıl üç ay kaldı; çok sayıda soylu genç beyefendinin yaptığı gibi mezuniyet diplomasını almadan ama Cambridge'in eğitim yolunda sunabileceği avantajları (1760'larda bile o kadar çok sayılmazdı bunlar) elde ederek ayrıldı. Henry Peterhouse'dan ayrıldıktan sonra 1754 yazında Frederick odasının penceresinden düştü ve kendisinde kalıcı beyin hasarı yaratacak biçimde başından yaralandı. Bu durum, yanında ona göz kulak olabilecek güvenilir uşak veya eşlikçilerin olması anlamına gelen aile servetinin de sayesinde, onun bağımsız bir hayat sürmesini engellemese de, siyasal veya bilimsel alanda babasının izinden asla ilerleyemeyeceği anlamına geliyordu.

Henry Cavendish'in politikaya hiç ilgisi yoktu ama bilim onu büyülüyordu. İki kardeş beraber Büyük Avrupa Turunu tamamladıktan sonra Henry Great Marlborough Street'teki eve yerleşti ve başlangıçta babasıyla işbirliği içerisinde çalışarak yaşamını bilime adadı. Bazı aile üyeleri bunu rahatına düşkünlük olarak görüp bir Cavendish'in laboratuar deneyleriyle uğraşmasının uygun düşmediğini düşünerek bu duruma karşı çıktılar, ancak Charles Cavendish'in kendisiyle aynı bilim tutkusunu paylaşan oğluna engel olması düşünülemezdi. Charles'ın Henry'ye karşı sözde cimri davrandığı biçiminde bazı hikâyeler anlatılır ama bu hikâyelerde bir gerçek payı varsa bile bu sadece yaşlı Cavendish'in paraya ilişkin gösterdiği iyi bilinen hassasiyeti yansıtır. Charles Cavendish her zaman servetini arttırmanın yollarını arayan ve gerektiğinden fazla harcama yapmamaya dikkat eden birisiydi ama onun "gereklilik" anlayışı bir Dükün oğlunun standartlarına uygundu. Bazı kaynaklar babası hayattayken Henry'nin yıllık sadece 120 pound harçlık aldığını (ki herkesle beraber aynı evde yaşadığı gözetilirse bu hiç de az sayılmaz), başka bazı kaynaklardaysa daha makul bir tahminle harçlığının yıllık 500 pound olduğu söylenir ki bu da Charles Cavendish'in evlendiğinde kendi babasından aldığı parayla aynıdır. Kuşkusuz doğru olansa, Henry Cavendish'in paraya dönük (sadece çok zengin insanların yapabileceği tarzda) en ufak bir ilgi duymadığıdır. Örneğin her zaman sadece bir giysisi olur ve bunu giyilemez hale gelinceye dek her gün giyer, ardından aynı

eski moda elbiseden bir tane daha satın alırdı. Yeme alışkanlıkları da çok kesindi ve evde akşam yemeğinde hemen her zaman koyun budu yerdi. Bir keresinde bilim çevresinden birkaç dostu akşam yemeğine geldiklerinde hizmetçi ne hazırlanması gerektiğini sorar. Cavendish "bir koyun budu" der. Bunun yetmeyeceği söylendiğinde yanıtı "o zaman iki tane yapın" olur.

Henry Cavendish'in parayla ilişkisini en iyi anlatan olay Charles Cavendish'in ölümünden çok sonra, bankacısının ona gerçekleştirdiği ziyarettir. Bankacı Henry'nin mevcut hesabında yaklaşık 80.000 pound birikmiş olmasından dolayı son derece kaygılıdır ve ona parayla bir şeyler yapılması gerektiğini söyler. Cavendish bu işgüzar soruşturma sonucunda "başına bela" olunmasına kızar ve bankacıya parayla ilgilenmenin onun işi olduğunu ve bu tarz önemsiz şeylerle bir daha kendisini rahatsız ederse hesabını başka yere taşıyacağını bildirir. Bankacı biraz gergin biçimde konuşmaya devam edip belki de paranın yarısının yatırıma yönlendirilmesi gerektiğini önerir. Cavendish onay verir ve bankacıya en iyi nasıl olacağını düşünüyorsa parayla o şekilde ilgilenmesini ama bir daha "başa bela" olmamasını yoksa gerçekten hesabını kapatacağını söyler. Şansına bankacılar dürüsttür ve parası güvenli yatırımlara yönlendirilir. Öldüğü zaman Henry Cavendish'in yatırımlarının o dönemdeki piyasa değeri bir milyon poundun biraz altındaydı ve bu bugünün değeriyle bir milyon poundu aşan bir nominal değere eşitti.

Bu servetin temeli kısmen Charles Cavendish'in kendi servetini büyütmekteki başarısından, aynı zamanda ölmeden kısa bir süre önce Charles'a kalan ve ondan da esasen Henry'ye geçen bir mirasa dayanıyordu. (Frederick'e bir centilmen olarak rahat bir yaşam sürmesi için gereken kaynak fazlasıyla sağlanıyor olsa da, küçük oğul olmasının dışında, sahip olduğu mental sorunlar da onu bir servetin yönetimi açısından ehliyetsiz kılıyordu.) Charles Cavendish'in amcası James'in kızı olan Elizabeth adında bir yeğeni vardı. Elizabeth Durham Piskoposunun oğlu olan politikacı Richard Chandler'le evlendi; onun erkek (ve tek) kardeşi William da Chandler ailesinin başka bir üyesi olan Barbara'yla evlendi. 1751 yılında hem James Cavendish hem de William Cavendish öldü, William geride mirasçı bırakmadı ve böylece ailenin deva-

mı olarak miras Elizabeth ve (şimdi Cavendish ismini almış olan) Richard'a kaldı. Ancak Richard ve Elizabeth de çocuk sahibi değildiler ve Richard ölünce Elizabeth hem arazi hem para olarak büyük bir servetin tek mirasçısı oldu. Elizabeth 1779'da ölünce hayatta kalan tek erkek Cavendish yeğeni ve Cavendish ailesindeki en yakın akrabası olan Charles'a işte bu mirası bıraktı. Charles Cavendish 1783 yılında 79 yaşındayken öldüğünde giderek artmış durumda olan bu servet, o sırada elli iki yaşında olan Henry'ye kaldı. Ona "akıllıların en zengini ve zenginlerin en akıllısı" adının takılması bundan sonrasındadır.

Henry 1810 yılında öldüğünde servetini aile geleneğini izleyerek en yakın akrabalarına bıraktı, bundan en çok faydalanan da (Henry Cavendish'in yeğeni olan) dördüncü Devonshire Dükünün oğlu ve beşinci Dükün kardeşi olan George Cavendish oldu. (George'un annesi Charlotte Boyle üçüncü Burlington Kontunun kızıydı.) George'un soyunun devamında torunu William, hiç evlenmeyen altıncı Dük 1858 yılında ölünce yedinci Devonshire Dükü oldu. İşte bu William Cavendish, demir-çelik yatırımlarıyla aile servetini daha da büyüttükten ve (yaptığı başka şeylerin yanı sıra) Cambridge Üniversitesine dokuz yıl boyunca rektör olarak hizmet ettikten sonra 1870'lerde Cambridge'teki Cavendish Laboratuarının açılması için gereken bağışı yapan kişiydi. William Cavendish resmi olarak hiçbir yerde laboratuarın ismini taşıdığı atasının anısına adandığını ifade etmedi ama bu sayede ileride göreceğimiz üzere Cavendish ismi, on dokuzuncu yüzyılın sonları ve yirminci yüzyıl boyunca gerçekleşen devrimci gelişmeler sırasında fizik araştırmalarının en ön cephesinde yer aldı.

Bizzat Henry Cavendish'in bile aile servetinin bir kısmının aile dışına gitmesi konusunda kaygılar duymuş olması mümkündür. Müsrif biri olduğu söylenemezse de iyi bir nedene hizmet ediyorsa eğer para harcama konusunda tereddüt göstermezdi. Bilimsel çalışmalarında yardımcı olmaları için elbette asistanlar tuttu ve onların işlerini yaparken rahat koşullarda çalışmalarını sağladı. Dolayısıyla 1870'lerde yaşıyor olsaydı büyük ihtimalle Cavendish Laboratuarı gibi bir kuruma ihtiyaç duyulduğunu görür ve bunun için harcama yapılmasına onay verirdi. Babası ölmeden kısa bir süre önce Henry, Hampstead'da yaklaşık üç yıl boyunca kullana-

cağı bir kır evi kiraladı. 1784'te Great Marlborough Street'teki evi kiraya verdi ancak Bedford Square yakınlarında başka bir ev satın aldı (bu ev hâlâ durmaktadır) ve Hampstead'den ayrıldıktan sonra Thames nehrinin güneyindeki Clapham Common'da başka bir kır evi daha satın aldı. Tüm bu evlerde hayatı hep bilim çalışmalarıyla dolu oldu ve başka bilim insanlarıyla buluşması haricinde hiç sosyal yaşamı olmadı.

Henry olağanüstü utangaçtı ve bilimsel toplantılar haricinde hemen hiç dışarı çıkmazdı; bunlarda bile –saygı duyulan bir bilim adamı olduktan çok sonraları dahi– toplantıya sonradan gelenler onu bazen kapının dışında içeriye girmek için cesaret toplamaya çalışırken görürdü. Uşaklarıyla mümkün olduğunca notlar yazarak iletişim kurardı; tanımadığı bir kadınla beklemediği bir biçimde karşılaştığında elleriyle gözlerini kapatıp resmen kaçtığına dair rivayetler de vardır. Yine de yaz aylarında yanına asistanlarından birini alarak sıkça İngiltere gezilerine çıkar, bilimsel araştırmalar yapar (jeolojiye ilgi duyardı) ve başka bilim adamlarını ziyaret ederdi.

Bilimin çevresinde dönen sosyal hayatıyla Henry, bir Kraliyet Derneği toplantısına ilk kez 1758 yılında babasının misafiri olarak kabul edildi. 1760 yılında kendi hakkıyla üye seçildi ve aynı yıl Dernek üyelerinden oluşmasına karşın ayrı bir yemek topluluğu olan Kraliyet Derneği Kulübü üyesi oldu. Sonraki elli yıl boyunca kulübün hemen hemen bütün (yılın çoğu döneminde haftada bir toplanan) yemeklerine katıldı.[12] Paranın o günlerdeki değeri hakkında bir fikir vermek için etkinliklerdeki üç şilinlik (bugün 15 peni) bir akşam yemeğinin et, tavuk veya balık, iki meyveli pasta, yılbaşı pudingi, tereyağ ve peynir, şarap, porter birası veya limonata seçimlerinden oluşan dokuz tabaktan ibaret olduğunu belirtelim.[13]

Cavendish'in "zenginlerin en akıllısı" olarak ün kazanmasını sağlayan yayımlanmış eserleri, onun hayatı boyunca çoğu hiç ba-

[12] Bu gecelerde Charles Cavendish'in Henry'yi evden cebinde sadece yemek parası için ödemesi gereken birkaç şilinle yolladığı, tek kuruş fazla para bile vermediği yönündeki efsanelerin doğru olduğuna ilişkin herhangi bir kanıt yoktur.

[13] Kraliyet Derneği Kulübü [*Royal Society Club*] tutanak defterinden, Jungnickel ve McCormmach'tan alıntılanmıştır.

sılmayan çalışmalarının ürünüdür ve araştırma çalışmalarından oluşan buzdağının sadece görünen kısmıdır. Toplam çalışmalarının kapsamı çok genişti ve eğer ulaştığı sonuçlar çağdaşları tarafından bilinseydi fizik üzerinde de (özellikle elektrik konusunda) çok önemli bir etki yaratabilirdi. Ancak yayımlanmış çalışmaları ağırlıklı olarak kimya alanındaydı ve bu alanda büyük bir etki yaratarak on sekizinci yüzyılın ikinci yarısındaki ana akım gelişme ekseninin merkezine oturdu. Cavendish'in bildiğimiz ilk kimya araştırmaları arsenik üzerineydi ve 1764 yılı civarında gerçekleştirildi; ancak sonuçları yayımlanmadı ve Cavendish'in neden araştırmak için özellikle bu maddeyi seçtiği konusunda bilgi sahibi değiliz. Yine de notlarında daha bu dönemde arsenik asidin hazırlanması için (bugün hâlâ kullanılan) bir yöntem geliştirdiğini görmemiz onun yeteneğini anlamamızı sağlıyor. Scheele aynı yöntemi ondan bağımsız olarak 1775 yılında keşfetti ve bu keşif genellikle ona atfedilir (Cavendish'in ağzı sıkılığı nedeniyle de burada bir haksızlık söz konusu değildir). Yine de Cavendish'in çalışmalarını 1766'da *Philosophical Transactions*'da ilk kez yayımladığında çok çarpıcı bir başarı elde ettiği kesindir.

Henry Cavendish'in Kimya Çalışmaları: *Philosophical Transactions*'ta Yayımlanması

O sırada 35 yaşında olan Cavendish aslında farklı gazlarla ("havalarla") yaptığı deneyleri anlatan dört makalelik bir dizi hazırlamıştı. Bazı bilinmeyen nedenlerle bu makalelerden sadece üçü yayımlandı. Yine de yayımlananlar içerisinde onun belki de tek ve en önemli keşfi de yer alıyordu. Metaller asitlerle tepkimeye girdiğinde dışarı bırakılan "hava" soluduğumuz havadaki her şeyden farklı, başlı başına ayrı bir varlıktı. Bu gaz bugün hidrojen olarak biliniyor, Cavendish bariz nedenlerle buna "yanıcı hava" adını verdi. Black'in verdiği ipucunu takip ederek Cavendish çok sayıda dikkatli, niceliksel ölçüm yaptı; bunlar arasında farklı niceliklerdeki yanıcı havanın normal havayla karıştırılıp tutuşturulunca ortaya çıkan patlama türlerini karşılaştırmak ve yanıcı havanın yoğunluğunu tespit etmek de vardı. Gazın tepkimeye giren metaller tarafından yayıldığını düşündü (bugün asitlerden geldiğini bi-

liyoruz) ve gazı flojistonla bir tuttu: Bütün çağdaşları için geçerli olmasa da Cavendish için hidrojen *eşittir* flojistondu. Cavendish Priestley'in "sabit hava"sının (karbondioksit) özelliklerini de araştırdı, hep tam ve doğru ölçümler yaptı ama sonuçlarına hiçbir zaman ölçüm aletlerinin hassasiyetinin doğruladığından daha fazla bir kesinlik atfetmedi. 1767 yılında içme suyunun yapısı üzerine bir çalışma yayımladı, ancak ardından dikkatini (belki de aynı yıl Priestley'in *History of Electricity*'sinin [*Elektriğin Tarihi ve Şimdiki Durumu*] basılmasının verdiği itkiyle) elektrik araştırmalarına yönelttiği görüldü ve 1771'de *Philosophical Transactions*'da elektrikliliği bir sıvı olarak ele alma fikrine dayalı kuramsal bir model yayımladı.

Makalesi tamamen göz ardı edilmişe benziyor ki Cavendish elekrik deneylerine devam etmesine karşın konuyla ilgili hiçbir şey yayımlamadı. Bu o dönemde bilim açısından büyük bir kayıptı ama Cavendish'in elde ettiği sonuçların hepsine (örneğin "Ohm yasası") sonraki nesillerden bilim insanları tarafından (bu örnekte Ohm) bağımsız olarak ulaşıldı ve bunları bağlamları içerisinde daha sonra ele alacağız. Yine de Cavendish'in başka bir (yüklü) iletken kürenin içine merkezdeş biçimde monte edilmiş bir iletken küreyle yaptığı bir dizi çok güzel ölçümlenmiş deneyle, elektrik kuvvetinin bir ters kare yasasına ("Coulomb yasası") yüzde ± 1 bir sapmayla uyduğunu tespit etmiş olduğundan bahsetmeden geçmeyelim.

Cavendish 1780'li yılların başlarında tekrar gaz çalışmalarına döndü. Bu çalışmasının ürünü olan muhteşem makalesinde[14] ifade ettiği gibi deneyler "esasen havanın flojistonlandığı çeşitli biçimlerde, maruz kaldığı herkesçe bilinen azalmanın nedenlerinin bulunması ve bu yolla kaybolan havaya ne olduğunun anlaşılmasını hedefleyen bir yaklaşımla" yapılmıştı. Modern dille ifade edersek, içindeki bir şey yandığında havanın "azalmasının" nedeni, havadaki oksijenin yanan malzemeyle birleşmesi ve böylece soluduğumuz havanın yüzde 20'ye kadar ulaşabilecek bir miktarının katı veya sıvı bir bileşiğe hapsedilebilmesiydi. Priestley oksijeni keşfetmiş ve soluduğumuz havanın kabaca beşte biri olduğunu bulmuş olmasına rağmen Cavendish'in bu yeni deneyleri

[14] *Philosophical Transactions*, cilt 74, s:119, 1784

gerçekleştirdiği zaman itibarıyla yanma süreci henüz tam olarak anlaşılmaktan uzaktı ve Cavendish de birçokları gibi burada yaşananın havadan oksijenin *alınması* değil, havaya flojiston *eklenmesi* olduğunu düşündü.

Cavendish bu yanıcı havanın flojiston *olduğunu* düşündüğü için, bu deneylerde bugün hidrojen adını verdiğimiz gazın kullanılması doğaldı. Cavendish'in kullandığı teknik, öncü elektrik bilimcilerden Allessandro Volta'nın icat ettiği ve ardından (daha sonra o da benzer deneyler gerçekleştirecek olan) Priestley'in bir arkadaşı olan John Warltire tarafından deneylerde kullanılmış bir teknikti. Bu teknikte kapalı bir bakır veya cam kaptaki oksijen ve hidrojen karışımı, bir elektrik kıvılcımı kullanılarak patlatılıyordu. Kap kapalı olduğu için bu patlama öncesi ve sonrası her şeyin tartılmasına olanak sağlıyor, kaptan sadece ısı ve ışık sızabiliyor ve böylece örneğin ateşleme bir mumla yapılmış olsa etki etmesi engellenemeyecek olacak olan başka malzemelerden kaçınılabiliyordu. Kullanılan teknoloji modern ölçütler açısından çok ince sayılmayabilir ama her şeye karşın bilimde ilerlemenin kimi zaman tamamen gelişmiş teknolojiye bağlı olmasına güzel bir örnek oluşturur.

Warltire patlamadan sonra cam kabın içinin çiyle kaplandığını not etti ama ne o ne de Warltire'ın sonuçlarını aktaran Priestley bunun öneminin farkına varmadılar. Patlama sırasında ısı kaybı sonucu kaptan kaybolan ısının bir ağırlığının olması olasılığıyla daha fazla ilgiliydiler.[15] Warltire'ın deneyleri bu ağırlık kaybını gösteriyor gibiydi, ancak 1781 yılının başlarında Cavendish'in gerçekleştirdiği çok daha dikkatli deneyler durumun böyle olmadığını gösterdi. 1784 yılındaki makalesinde bu deneyler konusunda sarf ettiği ifadeleri aktarmaya değer:

> Dr. Priestley'in deneylerle ilgili son cildinde Bay Warltire'ın bir deneyine atıfta bulunularak bildiğimiz havayla yanıcı havadan oluşan bir karışımın yaklaşık üç pint[16] hacmindeki kapalı bir bakır kapta elektrik yoluy-

[15] Einstein'ın ünlü denklemi $E = mc^2$ kaybolan enerjinin bir ağırlık kaybına tekabül ettiğini söyler, ancak bu elbette böylesi deneylerde ölçülemeyecek kadar küçüktür.

[16] İngiltere'de 1 pint yaklaşık olarak 568 mililitredir. –çn.

> la ateşlendiğinde her zaman ortalama olarak iki grain[17] dolayında bir ağırlık kaybı görüldüğü belirtilir... Aktarılana göre deney cam kaplarda tekrarlandığında camın içi önceden temiz ve kuru olmasına karşın derhal çiyle kaplı hale gelir ve bu onun uzun zamandır üzerinde düşündüğü bir görüşün onaylanması olarak kabul edilir; normal hava flojistikasyon yoluyla nemini bırakmaktadır. İkinci deney benim de tasavvur ettiğim konuya açıklık getiriyor gibi gözüktüğü için bunu daha yakından incelemekte fayda gördüm. İlk deney de eğer içinde bir hata yapılmamışsa çok sıra dışı ve merak uyandırıcıydı: Ama ben yapınca hatalı olduğu ortaya çıktı. Benim kullandığım kap Bay Warltire'ınkinden daha büyük, tam ifadesiyle 24.000 grain su içermesine karşın ve yine deneyi farklı oranlarda normal ve yanıcı havayla tekrarlamama rağmen hiçbir zaman bir grainin beşte birinden daha fazla bir ağırlık kaybı tespit edemedim, genellikle de herhangi bir kayıp gerçekleşmedi.

Bir dipnotta Cavendish eğer deneyleri gerçekleştirmiş olsa Priestley'in de Warltire'ın sonuçlarına ulaşmanın mümkün olmayacağını görebileceği yorumunu yapıyordu. Modern terminolojik ifadesiyle Cavendish, patlamada oluşan suyun ağırlığının patlamada tüketilen hidrojen ve oksijenin birleşik ağırlığına eşit olduğunu göstermişti.

Cavendish'in bu sonuçları yayımlaması oldukça geç gerçekleşti, çünkü bunlar farklı oranlarda hidrojenin havayla beraber patlatılmasının sonuçlarını araştırdığı ve camın üzerinde oluşan çiyli sıvının dikkatle analiz edildiği bir dizi dikkatli deneyin henüz başlangıç adımlarıydı. Özellikle itinalı davranmasının nedeni ilk deneylerinin bazılarında sıvının hafif asitli olduğunun ortaya çıkmasıydı. Bugün eğer kapalı kaptaki hidrojen tüm oksijeni tüketmeye yeterli değilse patlamanın ısısının kalan oksijenin havadaki azotla birleşmesine neden olduğunu ve oluşan azot oksitlerin nitrik aside temel oluşturduğunu biliyoruz. Sonunda Cavendish yeteri miktarda "yanıcı hava" kullanılırsa hep aynı oranda hava kaybı olacağının yanı sıra, patlamayla ortaya çıkan sıvının

[17] 1 grain 64,8 miligramdır. -çn.

saf su olacağını da buldu. "Takriben[18] 423 ölçek yanıcı havanın 1000 ölçek normal havayı flojiste etmeye yeterli olduğunu ve bu durumda patlamadan sonra arda kalan hava miktarının kullanılan normal havanın beşte dördünden çok az daha fazla olduğunu" buldu. Daha önceki deneylerinde normal havanın hacminin yüzde 20,8'inin (modern terminolojiyle) oksijen olduğunu bulmuştu. Dolayısıyla hacim yönünden tüm gaz karışımını suya çevirmek için gerekli olan hidrojen gazının oksijen gazına oranı onun verdiği rakamla 423/208'di ve bu sonuç bu gazların bugün bilinen bileşme oranının (2/1) yüzde 2 yakınlığındadır.

Su Bir Element Değildir

Cavendish sonuçlarını elbette flojiston modeli çerçevesinde tanımladı (hâttâ açıklaması korkunç derecede karmaşık olmasına rağmen nitrik asidin "flojistonlanmış havadan", bildiğimiz ismiyle azottan doğduğunu açıkladı) ve hidrojen ile oksijeni fiziksel olarak bileşerek suyu oluşturan elementler olarak düşünmedi. Öte yandan suyun kendi başına bir element olmadığını ve bir şekilde başka iki maddenin karışımından oluştuğunu gösteren de o oldu. Bu simyanın kimyaya dönüşümünün daha sonraki aşamaları açısından kilit önemde bir adımdı. Ne yazık ki Cavendish sonuçlarını basmadan önce olağanüstü titiz ve kapsamlı çalıştığı için onun yayımladığı zamanda başkaları da aynı yönde çalışıyordu ve bir süre için bu durum kimin önce geldiği konusunda karmaşa yarattı. İngiltere'de kısmen Volta ve Warltire'ın öncülük ettiği deney türleri zemininde James Watt 1782 ile 1783 yılları civarında suyun bileşik yapısı fikrine ulaştı ve onun (Cavendish'in çalışması kadar tam ve kesin olmaktan çok uzak) değerlendirmeleri de 1784 yılında Dernek tarafından yayımlandı. Fransa'da Lavoisier, Cavendish'in ulaştığı sonuçlardan 1783'te Paris'i ziyaret eden Cavendish'in çalışma arkadaşlarından (ileride Kraliyet Derneği sekreteri olacak olan) Charles Blagden vasıtasıyla haberdar oldu[19]. Lavoisier hızla bu olguyu araştırdı ve ulaştığı sonuçları

[18] "Yaklaşık" anlamında kullanıyordu.

[19] Aynı Blagden Cavendish'in önerisiyle 1770'li yılların ortalarında Amerika'ya yaptığı bir yolculukta deniz suyu sıcaklığı ölçümleri yapa-

Cavendish'in önceki çalışmasının hakkını tam olarak teslim etmeksizin yazıya döktü. Şüphesiz o zamandan bu yana köprünün altından çok sular aktı ve bugün kimse Lavoisier'in flojiston modelini yıkışında ve yanma sürecinin daha iyi anlaşılmasında kilit bir etmen olan suyun bileşik bir madde olarak tanımlanmasında Cavendish'in oynadığı rolden kuşku duymuyor.

Lavoisier'in çalışmasına geçmeden önce, her ne kadar on sekizinci yüzyılda kimyanın gelişiminin bir parçası olmasa da, hikâyemizde yer alması şart olan Cavendish'in iki başarısından daha bahsedelim. İlki Cavendish'in bir deneyci olarak ne kadar inanılmaz bir tamlıkla çalıştığına ve birçok yönden zamanının ne kadar ilerisinde olduğuna örnektir. 1785 yılında basılan bir makalesinde Cavendish alkaliye göre azot (flojistonlanmış hava) ve oksijenin (flojistonu alınmış hava) daha uzun sürede kıvılcımlanmasıyla ilgili yaptığı hava deneylerini anlatır. Bu tüm azotu tüketir ve çeşitli azot oksitler üretir. Bu çalışmanın tamamen bir yan ürünü olarak Cavendish, bunun hava numunesinden gazın tümünü kaldırmanın olanaksız olduğunu kanıtladığını ve tüm oksijen ve azot ortadan kaldırılmış olsa bile "flojistonlanmış hava miktarının 1/120'sinden kesinlikle daha fazla olmayan" küçük bir kabarcığın kalacağını belirtir. Bunu deney hatası olarak nitelerler ama yine de tam olması açısından not eder. Bir yüzyıldan fazla bir süre sonra bu çalışma Londra'daki University College'da çalışan William Ramsey ve Cambridge'teki Cavendish Laboratuarında çalışan Lord Rayleigh'in dikkatine sunulur (dikkatlerine tam olarak nasıl sunulduğu konusundaki kayıtlar farklılık arz ediyor). Bu ikili Cavendish'in gizemli kabarcığının izini sürmeye karar verir ve 1894'te daha önce bilinmeyen bir gaz olan ve atmosferde çok küçük oranda (yüzde 0,93 veya 1/107 oranında) yer alan argonu keşfederler. Çalışmaları 1904 yılında ilk Nobel ödüllerinden birine (Rayleigh fizik, Ramsay kimya dalında ödül aldığı için aslında *iki* Nobel ödülüne) layık görülür. Nobel ödülleri asla kişiler öldükten sonra verilmez, eğer verilseydi Cavendish kesinlikle 120 yıl önce gerçekleştirdiği çalışması nedeniyle bu onurdan payını alırdı.

---

rak Gulf Stream sıcak su akıntısını keşfeden kişiydi.

Cavendish Deneyi: Dünyanın Ağırlığının Ölçülmesi

Cavendish'in bahsedeceğimiz son katkısı, aynı zamanda gerçekleştirdiği son büyük çalışma ve onun en ünlü ve son önemli basılı yayınıydı; Cavendish'in altmış yedinci doğum gününden dört ay önce 21 Haziran 1798 tarihinde Kraliyet Derneğinde okundu. Çoğu bilim insanının herhangi önemli bir katkı vermeyi çoktan bıraktığı bir yaşta Clapham Common'daki evinin ek binalarından birinde o dünyanın ağırlığını ölçtü.

"Cavendish deneyi" olarak tanınan deneyi aslında Cavendish'in uzun yıllardır arkadaşı ve bir sonraki bölümde tekrar karşımıza çıkacak olan John Michell tasarlamıştı. Deneyi akıl eden Michell'di, hâttâ gerçekleştirilmesi için gereken aletlerin yapılmasına kadar da ilerledi, ancak 1793 yılında deneyi yapamadan öldü. Michell'in tüm bilimsel gereçleri Cambridge'teki eski koleji Queens'e kaldı; ancak Michell'in dünyanın ağırlığını ölçme fikrini değerlendirme yeteneği olan kimse olmadığı için Cambridge'teki profesörlerden Francis Wollaston hepsini Cavendish'e aktardı. (Cavendish ilerlemiş yaşına rağmen bu iş için her durumda en doğru kişi olmasına karşın, Wollaston'un oğullarından birinin Cavendish'in Clapham Common'dan komşusu olması da bir etken olmuş olabilir.) Deney ilkesel olarak çok basitti ama ölçülmesi gereken çok küçük kuvvetler nedeniyle pratikte büyük beceri gerektiriyordu. Alette (Cavendish büyük oranda yeniden yaptırmıştı) güçlü ve hafif (180 santim uzunluğunda, tahtadan yapılmış) bir çubukla birlikte beş santim çapında küçük bir kurşun top kullanılıyordu. Çubuk orta noktasından bir tele asılı durumdaydı. Her biri yaklaşık 160 kilogramlık çok daha ağır iki kurşun top küçük toplardan belirli bir uzaklıkta sallanır şekilde asılmış ve cihazın tümü hava akımlarından etkilenmemesi için tahta bir kutu içerisine yerleştirilmişti. Büyük ağırlıklar ile küçük toplar arasındaki kütleçekim etkisi yüzünden çubuk, telin burulması tarafından durduruluncaya kadar, yatay düzlemde bir parça bükülüydü. Bu bükülme miktarına denk gelen kuvveti ölçmek için Cavendish büyük ağırlıklar olmadan ve yatay çubuğun bir yatay sarkaç olarak ileri geri döndüğü deneyler gerçekleştirdi. Düzeneğin bütününe burulma terazisi deniyordu.

Bütün bunlardan Cavendish 160 kilogramlık ağırlık ile her bir küçük top arasındaki çekim kuvvetini buldu. Dünyanın küçük top

üzerine uyguladığı çekim kuvvetini (ağırlığını) zaten biliyordu, dolayısıyla bu iki kuvvetin oranından dünyanın kütlesini hesaplayabildi. Bu tür deneyler kullanılarak kütleçekim kuvvetinin etkinliğini, *G* biçiminde yazılan ve kütleçekim sabiti olarak bilinen bir sayı cinsinden ölçmek de mümkündür; günümüzde bunun için halen bu tarz deneyler yapılır. Verilerinden bu sabit için bir değer çıkarsanabiliyor olsa da, Cavendish bu terimlerle düşünmüyordu ve *G*'yi bizzat ölçmedi. Doğrusu istenirse Cavendish sonuçlarında dünyanın kütlesi için somut bir değere de yer vermedi, bunun yerine yoğunluğu için bir sayı verdi. 1797 yılının Ağustos ve Eylül aylarında art arda sekiz deney, 1798'in Nisan ve Mayıs aylarında dokuz deney daha yaptı. *Philosophical Transactions*'da[20] yayımlanan ve iki ayrı tel kullanıp iki sonuç kümesini karşılaştırmak gibi çok çeşitli hata kaynaklarını hesaba katan sonuçlar, dünyanın yoğunluğu için onun ifadesiyle suyun yoğunluğundan 5,48 kat daha yüksek bir değer verdi.

Bu, daha öncesinde bir sarkacın büyük bir dağ karşısında dikey olarak ne kadar saptığına dair ölçümlere dayanarak yerbilimcilerin yaptığı kestirimden biraz daha yüksekti. Ancak bu çalışmalar dağı oluşturan kayaların yoğunluğunu tahmine dayalıydı ve bu çalışmaya katılan yerbilimcilerden James Hutton Cavendish'e 1798 yılında yazdığı bir mektupta, artık bu rakamın gerçekte olduğundan daha düşük bir kestirim olduğunu ve bu yöntemle dünyanın yoğunluğuna ilişkin çıkarsanacak gerçek değerin "5 ile 6 arasında"[21] olduğunu düşündüğünü yazdı. Yıllar sonra, tüm dikkatine rağmen Cavendish'in hesaplamalarında küçük bir aritmetik hata yaptığı ve dünyanın yoğunluğu için ulaştığı sonucun onun rakamları kullanılarak suyun yoğunluğundan 5,45 kat daha fazla olması gerektiği ortaya çıkarıldı. Günümüzde çeşitli tekniklerle bulunabilen dünyanın ortalama yoğunluk değeri suyun yoğunluğunun 5,52 katıdır ve bu Cavendish'in düzeltilmiş değerinden sadece yüzde 1 kadar büyüktür. Bu deneylerdeki ölçüm hassaslığına ilişkin en iyi benzetme, bunlarda on dokuzuncu yüzyılın sonunda yer almış İngiliz fizikçi John Poynting'in (1852–1914) yazdığı bir kitapta yer alır.[22] Terazinin bir kefesinin altına

[20] Cilt 88, s: 526, 1798

[21] Jungnickel ve McCormmach'tan alıntılanmıştır.

[22] *The Earth* (CUP, Cambridge, 1913)

büyük bir kütle koyulmasından doğan çok küçük kuvvetlerin ölçülmesi için bildiğimiz denge terazisinin kullanıldığı deneyler hakkında yazarken şöyle demektedir:

> Bir kefesine Britanya adalarının bütün nüfusunun koyulabildiği büyüklükte bir terazi olduğunu ve tüm nüfusun orta beden bir oğlan haricinde buraya koyulduğunu hayal edin. Ölçülmesi gereken ağırlık artışı, bu oğlanın diğerleriyle beraber tartılmasından doğan artışı ölçmeye denkti. Ölçümün hassaslığı, teraziye çıkmadan önce çizmelerinden birini çıkarıp çıkarmadığını gözlemlemeye eşdeğerdi.

Cavendish ölçümlerinde onlardan yüzyıl kadar öncesinde de bu ölçüde hassastı.

On dokuzuncu yüzyılın ilk on yılında yetmişli yaşlarında olan Cavendish'in hayatı her zaman olduğu gibi (bunlarda bahse değer bir şey olmasa da) bilimsel deneylerle, Kraliyet Derneğinde akşam yemekleri ve bilimsel toplantılara katılımla geçiyordu. (Kraliyet Kurumunun [*Royal Institution*] ilk üyelerindendi, yönetim kademesinde hizmet verdi ve Humphry Davy'nin çalışmasına aktif ilgi gösterdi.) 24 Şubat 1810'da kısa bir hastalığın ardından evinde huzur içinde öldü ve Derby'deki (bugün Derby Katedrali olan) All Saints Kilisesindeki aile mezarlığına gömüldü. Black, Priestley, Scheele ve Cavendish gibi bilim insanları kimyanın bir bilim olmasının temelini atan keşifleri gerçekleştirdiler. Cavendish, içlerindeki en büyük kimyacı olarak görülen ve kimyayı gerçek anlamda bilimsel kılan Antoine Lavoisier tarafından bu keşiflerin bir sentezinin yapıldığını görecek kadar yaşadı. Hâttâ Cavendish, Fransız Devrimi sırasında Terör dönemi kurbanı olan Lavoisier'den de sonra öldü.

Antoine-Laurent Lavoisier: Havanın Araştırılması; Solunum Sisteminin Araştırılması

Antoine-Laurent Lavoisier 26 Ağustos 1743'te Paris'teki Marais adıyla bilinen bölgede Katolik bir ailenin üyesi olarak doğdu. Hem dedesi (yine Antoine) hem de babası (Jean-Antoine) başarılı bi-

rer avukattı ve genç Antoine orta sınıf konforu içerisinde büyüdü. 1745'te doğmuş kızkardeşi Marie-Marguerite-Emilie tek kardeşiydi; anneleri 1748 yılında ölünce, aile dul anneannenin yanına taşınarak bugünkü Les Halles semtinde yaşamaya başladı. Burada Emilie'nin evlenmemiş yine Marie adındaki kız kardeşi, çocuklara kendisini adayarak annelik yaptı. Antoine, Collège Mazarin'e kaydoldu (bu okul 1602 ile 1661 yılları arasında yaşayarak XIV. Louis'in çocukluk döneminde Fransa'yı yönetmiş olan Kardinal Mazarin'in vasiyeti gereğince kurulmuştu), burada klasikler ve edebiyat alanında çok başarılı oldu, aynı zamanda bilimle de ilgilenmeye başladı. 1760 yılında Lavoisier'in kızkardeşi Marie henüz on beş yaşındayken öldü; bundan bir yıl sonra Lavoisier aile geleneğini takip etme niyetiyle Paris Üniversitesindeki Hukuk Fakültesine girdi. 1763'te buradan mezun oldu, 1764 yılında da lisansını aldı. Hukuk çalışmaları halen daha bilime olan ilgisini geliştirmesine izin veriyordu ve resmi çalışmalarının yanı sıra astronomi, matematik, botanik, jeoloji ve kimya derslerine girdi. Eğitimini tamamladıktan sonra hukukun değil bilimin yolunu izledi ve sonraki üç yılını numuneler toplayıp araştırmalar yaparak Fransa'nın jeolojik bir haritasını çıkarma projesi üzerinde çalışan Jean-Etienne Guettard'a (1715–1786) asistanlıkla geçirdi.

Bu alan çalışması bittiğinde Lavoisier istediği kariyeri seçme özgürlüğüne sahipti. Anneannesi 1766'da ölmüş ve servetinin çoğunu (rahat yaşamaya bol bol yetecek kadar büyük bir kısmını) ona bırakmıştı. Aynı yıl büyük kentlerde geceleyin sokak lambalarını ışıklandırmanın en iyi yolu hakkında yazdığı bir makale sayesinde Lavoisier, Kraliyet Bilim Akademisi başkanının kendisini kral namına bir altın madalyayla ödüllendirmesiyle ilk kez bilimsel çevrelerde herkesçe tanınır hale geldi. 1767 yılında Guettard'ın artık resmen hükümet tarafından desteklenen jeolojik araştırması için onunla beraber (artık asistanı değil, eşit ortağı olarak) Alsace-Lorraine bölgesini araştırmaya gitti. Bu çalışma onun şöhretini öylesine arttırdı ki, 1768 yılında henüz 25 gibi genç bir yaştayken Kraliyet Bilimler Akademisi üyeliğine seçildi.

Fransız Akademisi, İngiliz Kraliyet Derneğinden çok farklı bir işleyişe sahipti. Dernek aslında resmi statüsü olmayan bir beyefendiler kulübüydü. Öte yandan Akademi Fransız hükümeti tara-

fından finanse ediliyor, üyelerine maaş bağlanıyor ve ayrıca başka ünvan ve makamlara sahip olsalar dahi devlet için bilimsel çalışmalar gerçekleştirmeleri bekleniyordu. Yetenekli bir yönetici olan Lavoisier Akademi etkinliklerinde önemli rol oynadı ve üye olduğu dönemde elma şarabında hileli seyreltmeler, Montgolfier balonu, göktaşları, lahana yetiştirilmesi, Pirenelerin mineralojisi ve lağım çukurlarından çıkan gazların yapısı gibi büyük çeşitlilik gösteren konuları kapsayan çok sayıda rapor hazırladı. Her şeye rağmen Lavoisier'in becerileri içerisinde geleceği önceden görme yetisi yer almıyordu ve 1768'de bir "iltizam"dan üçte birlik bir pay satın alarak daha sonra açığa çıkacağı gibi hayatının en kötü kararını vermiş oldu.

O dönemdeki Fransız vergi sistemi adaletsiz, yetersiz ve yozlaşmış bir haldeydi. Sorunların çoğu XIV. Louis'in, İngiltere'nin beğenmediği monarkları *iki kez* başından attığı dönemi kapsayacak şekilde 72 yıl boyunca hüküm sürdüğü ve ardından 1715 ile 1774 yılları arasında XV. Louis'in (başlangıçta Kardinal Mazarin'in yardımıyla) bir 59 yıl daha hüküm sürdüğü Fransız politik sisteminin on yedi ve on sekizinci yüzyıldaki istikrarından kaynaklanıyordu. Her iki hükümdar da halkın isteklerini fazla dikkate almadı. Sonuç, mazide kalmış bir çağın fosilleşmiş kalıntıları olan ve belki on yedinci yüzyıl başlarında "doğanın düzeni" olarak kabul edilebilecek (soylulardan vergi alınmaması gibi) uygulamaların on sekizinci yüzyılın son çeyreğinde halen daha uygulanıyor olmasıydı. Bu Fransız Devrimine yol açan hoşnutsuzlukta da temel bir etmendi.

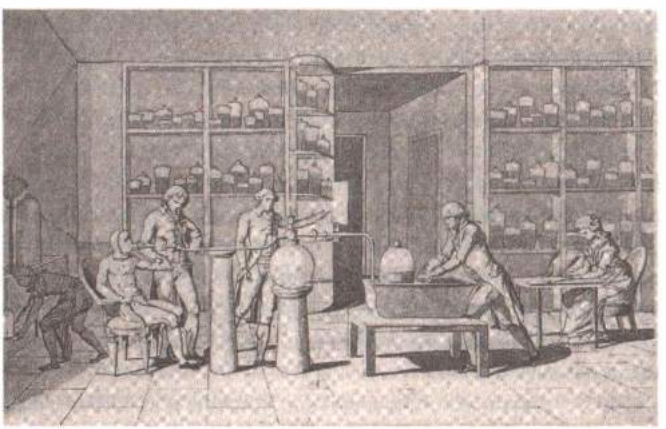
Lavoisier'in vergi toplayıcısı olduğu zamanda vergi toplama hakkı, bu ayrıcalığı elde etmek için devlete (genellikle borç aldıkları sermayeyi kullanarak) ödeme yapmış iltizamcı adı verilen finansör gruplara verilmişti. Kralın Fransızca "fermier" denen bu genel iltizamcıları yatırımlarını karşılamanın yanı sıra ek olarak vergilerden belirli bir kâr elde ederler ve Krala ödediklerinden daha fazlasını toplamışlarsa eğer bu fazlalığa sahip olabilirlerdi.[23] Daha kötüsü (tek tük var olan) işini dürüstçe yapan fermier'le-

[23] Lavoisier gibi insanların aslında sadece vergileri *topladığını*, piramidin en üzerinde yer aldıklarını ve asıl işi yapmak için iltizamlarda yöneticilerin istihdam edildiğini belirtelim.

rin bile vergi toplama hakkını elde etmesinin tek yolu bakanlar, bakanların aileleri ve kraliyet ailesi üyelerinin hiçbir iş yapmadan iltizamdan (aylık olarak adlandırılan) düzenli bir gelir elde etmelerini sağlayan arpalıklar dağıtmalarından geçiyordu. Vergi ödeyen insanların (zengin olanlar dışındaki herkesin) gözünde bu sistemin ne kadar sevilmediğini anlamak için büyük bir hayal gücü gerekmez. Aslına bakılırsa yirmi birinci yüzyılın başındaki yaklaşım içerisinden bakıldığında, Lavoisier'in fakirlere eziyet eden kötü bir adam olarak değil de, sadece sağlam olduğunu düşündüğü bir yatırımı hayata geçiren bir kişi olarak değerlendirilmesi bundan daha büyük bir hayal gücü gerektirir. Kendi "çiftliğinin" çıkarları gereğince çok çalışan biriydi ve bir vergi toplayıcısı olarak özellikle acımasız davrandığı yönünde herhangi bir kanıt yoktur. Fakat her şeye rağmen sonuçta bir vergi toplayıcısıydı ve hukuk çerçevesinde davranılsa dahi sistemin kendisi acımasızdı. Girişimi sonradan mutsuz sonuçlanacak olsa da, aslında sadece finansal yönle de sınırlı olmayacak şekilde gayet iyi başlamıştı. 16 Aralık 1771'de Lavoisier iltizam ortağı avukat Jasques Paulze'nin 13 yaşındaki kızı Marie-Anne-Pierette Paulze'yle planlı bir evlilik yaptı. Evliliğin şerefine Lavoisier'in babası ona bir soyluluk ünvanı satın aldı; nadiren kullanacak olsa da bundan sonra adı resmi olarak "de Lavoisier" oldu. Çocukları olmamasına karşın mutlu bir evlilik yaşadılar, Marie bilimle yakından ilgilenerek Lavoisier'in asistanı olarak çalıştı ve deneylerinde not tutmasında yardımcı oldu.

1760'lı yılların sonunda Lavoisier Black'in titiz kimya yaklaşımının izinden giderek bir dizi deney gerçekleştirdi ve bunların neticesinde suyun toprağa dönüştürülemeyeceğini kanıtladı. Bugün tanınmasını sağlayan çalışmasına ise 1770'li yıllarda, evlendikten sonra başladı. 1772 yılında güneş ışığının (120 santim çapında, 10 santim kalınlığında) büyük lenslerle odaklanması sağlanarak elmasların ısıtılması yoluyla elmasın yakılabileceğini kanıtladı ve aynı yılın sonunda sülfürün yandığında ağırlık kaybetmediğini, aksine ağırlık kazandığını gösterdi. Böylece yanmanın havadaki oksijenin yanan bir maddeyle birleşmesiyle yaşanan bir süreç olarak modern kavranışına doğru ilk bağımsız adımını atmış oldu. Bu aslında devamında yapacağı ve Black'in

"sabit havasının" dikkatli bir incelemesini ve kurşunun (kırmızı kurşunun) kırmızı kalkının büyük lenslerle ısıtılması yoluyla (bugünkü ismiyle) oksijen üretilmesini kapsayan çok sayıda deneyin başlangıcıydı. Priestley oksijeni keşfetmesinin üzerinden henüz fazla zaman geçmemişken 1774 yılında Lord Shelbourne'la beraber bir kıta yolculuğu yaptı ve aynı yılın Ekim ayında Paris'teki Lavoisier'i ziyaret ederek onu yeni ulaştığı sonuçlardan haberdar etti. 1774 Kasımından itibaren Lavoisier bu konuyla ilgili deneylerine başladı ve 1775 yılı Mayıs ayında yayımladığı makalede kalsinasyon (kalk oluşturma) süreci sırasında metallerle birleşme "ilkesinin" atmosferden kaynaklandığını ve bunun aslında Priestley'in keşfettiği "saf hava" olduğunu yazdı.



23. Lavoisier'in insan solunumu hakkındaki deneyi. Marie-Anne Lavoisier'in bir çiziminden kopyalanmıştır.

Bu dönemde Lavoisier devlet işleriyle daha fazla ilgilenmeye başladı. XVI. Louis 1774'te tahta geçtiğinde geçmiş dönemlerden miras kalan bazı yozlaşmış yönetim uygulamalarında reformlar yapmaya çalıştı. Bunlar arasında ordu ve donanma için barut sağlanma (ya da genellikle sağlanamama) yöntemi de vardı. Bu da vergi sistemi gibi özelleştirilmiş, yozlaşmış ve yetersiz durumdaydı. 1775 yılında XVI. Louis barut sanayiini başarıyla devletleştirerek yönetimine (içlerinden biri Lavoisier olmak üzere) dört hükümet

temsilcisi atadı. Lavoisier (ele aldığı her konuda olduğu gibi işini özenle, sebat ederek ve sonuç alıcı biçimde yürütme amacıyla) Paris Mühimmat Deposuna taşınarak laboratuarını burada yeniden kurdu. Modern yanma modelinin flojiston yaklaşımına karşı üstünlüğünü kanıtlayarak 1779 yılında oksijene ismini[24] verdiği yer de burası oldu.

Döneminin diğer kimyacıları gibi Lavoisier de "ateş maddesi" dediği ısının doğasına karşı büyük bir merak duyuyordu. Havadaki oksijenin solunum sırasında hayvanlar tarafından (insan hayvanlar dâhil) sabit havaya çevrildiğini gösteren deneyler gerçekleştirmesinin ardından, bir hayvanın oksijenin sabit havaya çevrilmesi yoluyla vücut sıcaklığını korumasının, kömürün yanınca ısı vermesi ile aynı şekilde gerçekleştiğinde karar kıldı. (Bu söylediği, elbette vücut ısısını doğuran süreçler basit yanmadan biraz daha karmaşık olmasına rağmen, prensipte doğruydu.) Fakat bu hipozeti nasıl test edebilirdi? Kanıtlayabilmek için 1780'li yılların başında, öyküsünü bir sonraki bölümde anlatacağımız akademisyen arkadaşı Pierre Laplace'la birlikte kobay olarak ginedomuzu adlı fareye benzer küçük bir evcil kemirici türünü kullandıkları usta işi deneyler yaptılar.

Kobay faresi önce etrafı buzla kaplanmış bir kabın içerisine, bu kap da daha büyük bir kabın içerisine koyulmuş (kurulan düzeneğe günümüzde buz kalorimetresi denmektedir) ve bu soğuk ortamda geçirilen on saatin ardından hayvanın vücut sıcaklığı 370 gram buzu eritmişti. Ardından Lavoisier ve Laplace bir buz kalorimetresinde küçük kömür parçalarını yakma yoluyla bu kadar buzu eritmek için ne kadar kömür gerektiğini buldular. Daha sonra yaptıkları ayrı bir dizi deneyle hem kobayın orada kaldığı on saat boyunca solunum yoluyla ne kadar sabit hava verdiğini hem de farklı miktarlarda kömür yakılması yoluyla ne kadar sabit hava üretildiğini ölçtüler. Vardıkları sonuç kobayın solunum yoluyla dışarıya verdiği sabit hava miktarı ile 300 gram buzu eritmeye yetecek kadar ısı üreten kömürün yanmasıyla üretilen sabit hava miktarının aynı olduğuydu. Sonuç tam doğru değildi ancak Lavoisier ve Laplace deneyin kusursuz olmadığının çok iyi farkındaydı-

[24] Yunanca "asit veren" anlamına gelir. Lavoisier yanlış biçimde tüm asitlerde oksijen bulunduğunu düşünmüştü.

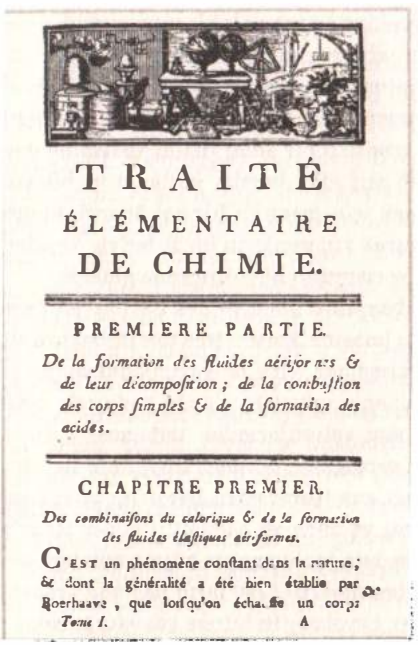
lar ve bunu hayvanların sıcak kalmasının yolunun, günümüzdeki adlarını kullanırsak (yemeklerden gelen) karbonu havadaki (nefes alırken içeri çektikleri) oksijenle birleştirerek (nefes alırken dışarı verdikleri) karbondioksite çevirmekten geçtiği fikrinin doğrulanması olarak değerlendirdiler. Lavoisier ve Laplace bunu solunum "bu yüzden bir yanmadır, kuşkusuz çok yavaş olmasının haricinde kömürün yanmasına tıpatıp benzer" şeklinde ifade ettiler. Bu insanların düşen taşlar veya yanan mumlarla aynı yasalara tabi olan (karmaşık sistemler olsalar da en nihayetinde) birer sistem olarak kabul edilmelerine doğru atılmış kilit önemde bir adımdı. On sekizinci yüzyılın sonunda bilim, insan vücudunun yaşama sıcaklığını sağlamak için bilimin bilinebilir dünyası dışında bir şeylere, Harvey'in "doğal ısısına" başvurmaya gerek olmadığını göstermişti.

Solunum çalışmasındaki başarısının ardından Lavoisier yanma kuramını daha da geliştirdi ve her ne kadar flojiston modelinin son savunucularının tamamen ortadan kalkması biraz zaman alsa da, 1786 yılında Akademinin *Mémoires*'ında flojiston modelinin kesin çöküşüne neden olan eserini yayımladı. Bizim "gaz" dediğimiz yerlerde onun "hava" kavramını kullandığını hatırlatarak Lavoisier'in bu makaledeki sonuç bölümünü kendi sözleriyle aktarmaya değer:

> 1. Ancak yanan cisim oksijenle çevrili ve temas halinde olduğunda gerçek yanma, alev ve ışık gerçekleşir; yanma başka türden bir hava veya bir boşluk içerisinde gerçekleşemez ve bunlardan herhangi birine sokulan yanan cisimler suya sokulmuşcasına sönerler.
> 2. Her yanma olayında yanmanın içerisinde gerçekleştiği hava soğurulur; bu hava saf oksijense eğer uygun tedbirler alınmışsa tamamıyla soğurulması mümkündür.
> 3. Her yanma olayında yakılan cismin ağırlığında bir artış olur ve bu artış soğurulan havanın ağırlığına tam olarak eşittir.
> 4. Her yanma olayında ısı ve ışık oluşur.

Charles Blagden'in Temmuz 1783'te Paris'teki Lavoisier'e Henry Cavendish'in suyun yapısıyla ilgili çalışmasının haberini nasıl getirdiğinden bahsetmiştik; şimdi bunun hidrojenin yanmasıyla ilgili ilk deneyleri Cavendish'inkilere göre daha başarısız olmasına karşın Lavoisier'nın yanma modeline nasıl doğallığında uyduğu-

nu görebiliriz. Kendi sonuçlarını ilk yayımladığında Cavendish'e hak ettiği atıfta bulunmaması Lavoisier için olumsuz bir puandır, fakat asıl önemli nokta Cavendish'in değil de Lavoisier'in ("sabit hava"nın karbon ile oksijenin birleşmesiyle oluşmuş olmasıyla aynı biçimde) suyun "yanıcı hava" ile oksijenin kombinasyonundan oluşmuş bileşik bir madde olduğunun farkına varan ilk kişi olmasıdır.


TRAITÉ
ÉLÉMENTAIRE
DE CHIMIE.

PREMIERE PARTIE.

De la formation des fluides aériformes & de leur décomposition ; de la combustion des corps simples & de la formation des acides.

CHAPITRE PREMIER.

Des combinaisons du calorique & de la formation des fluides élastiques aériformes.

C'EST un phénomène constant dans la nature, & dont la généralité a été bien établie par Boerhaave, que lorsqu'on échauffe un corps &

Tome I. A

24. Lavoisier'in Traité Élémentaire de Chimie *kitabının kapağı, 1789.*

İlk Elementler Tablosu; Lavoisier Elementlere Yeniden İsim Veriyor; *Kimya Elementleri*'ni Yayınlıyor

Lavoisier hayatı boyunca kimya alanında yürüttüğü çalışmaları Bastille saldırısının olduğu yıl olan 1789'da *Traité Elementaire de Chimie* [*Kimya Elementleri*] adıyla yayımlanan bir kitapta topladı. Kimyacılar tarafından yer yer Newton'ın *Principia*'yla fizik alanında yaptığının kimyadaki karşılığı olarak değerlendirilen ve bağım-

sız bir bilimsel disiplin olarak kimyanın temellerini atan bu kitabın çok sayıda çevirisi ve yeni baskısı yayımlandı. Kullanılan araç gereçlerden yapılan deney türlerine dek bütün kimya tekniklerinin kapsamlı bir açıklamasını içeren bu kitapla Lavoisier kimyasal element dendiğinde neyin ifade edilmek istendiğine ilişkin bugüne kadarki en net tanımlamayı getirdi. Robert Boyle'un 1660'lı yıllardaki sezgisini en sonunda uygulamaya geçirerek Antik Yunanların dört "elementini" tarihin çöplüğüne gönderen kitap, tamamlanmamış olmaktan çok uzak da olsa ilk elementler tablosunu sunması nedeniyle[25] modern elementler tablosunun üzerine bina edileceği temeli oluşturdu. Kütlenin korunumu yasasını net bir biçimde ifade etti, (flojistonlanmış hava, yanıcı hava, zaç yağı gibi) eski isimlerden kurtuldu, onların yerine mantıklı bir adlar dizini sistemine dayalı (oksijen, hidrojen, sülfirik asit gibi) isimler kullandı ve bileşikleri (nitrat gibi) adlandırmak için mantıklı bir yol önerdi. Kimyaya mantıklı bir dil kazandırarak kimyacıların birbirleriyle keşiflerini paylaşmakta yaşadıkları zorlanmayı büyük oranda giderdi.

Gerçekte Lavoisier'in başyapıtı şimdiye dek basılan en önemli bilim kitaplarından biri olmasına karşın Newton'ın başyapıtıyla kesinlikle aynı sıklette yarışamaz. Yine de yayımlanması, bu tarz şeylerin tam yerini saptamanın mümkün olduğu kadarıyla söylersek, kimyanın simyanın son kalıntılarından tamamen kurtulduğu ve bugün kimya adını verdiğimiz bilimsel disiplinin ilk biçimi olarak tanınırlık kazandığı ana işaret eder. Lavoisier büyük eseri basıldığında 46 yaşındaydı ve daha az çalkantılı dönemlerde yaşamını sürdürebilmiş olsa bile muhtemelen bilime bundan sonra başka bir esaslı katkısı olmayacaktı. 1790'ların başında Fransa'da yaşanan siyasal gelişmeler Lavoisier'in bilime adayacağı zamanın giderek azalması anlamına geliyordu.

Lavoisier'in İdamı

Lavoisier, Orléans kentindeki Fréchines'te satın aldığı (içinde bir şato ve bilimsel yöntemlerle tarım yapma deneyleri için kullan-

[25] Elbette Lavoisier'in bir kusuru da vardı; tablosunda "ısı elementi" olarak "ısıl", oksijen, hidrojen, kömür, sülfür, altın ve kurşun gibi şeylerle yan yana yer alıyordu.

dığı bir çiftlik bulunan) mülk nedeniyle zaten hükümet işlerine etkin biçimde katılmaktaydı. Teknik olarak küçük bir soyluluk ünvanına sahip olmasına rağmen 1787'de (yapacak yeterince işi yokmuş gibi) Üçüncü Sınıf'ın temsilcisi olarak (diğer iki sınıf ruhban sınıfı ve asiller sınıfıydı) Orléans'ın kent meclisine seçildi. Siyasal açıdan günümüzde liberal diyebileceğimiz çizgide, kentte daha adil bir vergi sisteminin yerleşmesi için yaptığı çalışmalar başarısız olmuş bir reformcuydu. 1789 Mayısında Lavoisier Kent Meclisindeki arkadaşlarına "vergi eşitsizliğine zenginlerin aleyhine olmadıkça müsamaha gösterilemez" diye yazıyordu.

Fransız Devriminin gelişimindeki ilk aşama, kralın bir kenara itilmesi ve Ulusal Meclisi kontrol altına almış gibi görünen bir demokratik çoğunluğun varlığıyla Lavoisier'in fikirleriyle gayet uyumluydu. Fakat aradan fazla zaman geçmeden işler çirkinleşmeye başladı. Lavoisier devlete Barut Komisyonu ve diğer işlerde hizmet etmeyi sürdürüyor olmasına karşın, komisyonun halkın zararına cebini doldurduğu haksız şüphesi altında kaldı; oysa gerçekte esasen komisyonun gerçekleştirdiği reformlar sayesinde Fransa Napoléon savaşlarını sürdürebilmeye yetecek kadar iyi kalitede baruta sahip olmuştu. Bundan daha ciddi (ve daha haklı) olarak, fermier'lere olan yaygın düşmanlıktan payını aldı. Tüm bu zorluklara karşın Lavoisier hükümetin yapısı değişmesine karşın devletin çıkarları için gayretle çalışmaya devam etti: Fransız eğitim sistemi reformunun planlanmasında önemli bir rol oynadı ve 1790 yılında kurularak (çalışmasının sonunda) ülkede metrik sisteme geçilmesini sağlayan komisyonun üyesi oldu. Jacobin yönetiminde yer alanlar eski fermier'lere örnek oluşturacak bir ders verme kararı aldıklarında yaptığı tüm bu şeyler ona hiçbir fayda sağlamadı ve Lavoisier 8 Mayıs 1794 tarihinde giyotine gönderilen (kimisi dürüst, kimisi yozlaşmış) 28 "iltizamcının" arasında yer aldı. O gün gerçekleştirilen idamlarda o dördüncü, kayınpederi Jacques Paulze üçüncü sıradaydı. İdamlar esnasında Joseph Priestley Amerika sürgününe gönderildiği için denizdeydi. Kimyada bir dönemin sonu gelmişti.

8
Aydınlanma Bilimi II: Tüm Cephelerde İlerleme

Elektrik üzerine çalışmalar: Stephen Gray, Charles Du Fay, Benjamin Franklin ve Charles Coulomb – Luigi Galvani, Alessandro Volta ve elektrik pilinin icat edilmesi – Pierre-Louis de Maupertuis: En az eylem ilkesi – Leonhard Euler: Işığın kırınımının matematiksel betimlenmesi – Thomas Wright: Samanyolu üzerine düşünceler – William ve Caroline Herschel'in keşifleri – John Michell – "Fransızların Newtonu" Pierre Simon Laplace ve Exposition – Benjamin Thompson (Kont Rumford): Hayatı – Thompson'un konveksiyon konusundaki düşünceleri – Isı ve hareket üzerine düşünceleri – James Hutton: Jeolojide tekbiçimcilik kuramı

Bilim tarihi konusunda kaleme alınmış çok sayıda eserde, on sekizinci yüzyılda az önce bahsettiğimiz kimyadaki çarpıcı ilerleme dışında fazla bir şey olmadığı yazılıdır. Bu dönem, on dokuzuncu yüzyıldaki büyük ilerlemelere doğru Newton'ın gölgesi altında kalan bir geçiş dönemi olarak görülür. Oysa bu yorum doğru olmaktan çok uzaktır. Aslında on sekizinci yüzyılda fen bilimlerindeki ilerleme çok geniş bir cephe boyunca gerçekleşti. Şüphesiz Newton'ın başarısıyla boy ölçüşebilecek tekil bir büyük sıçrama söz konusu değildi ama bu yüzyıl Newtoncılıktan alınan derslerin (dünyanın anlaşılabilir ve basit fizik yasaları doğrultusunda açıklanabilir olmasının) özümsenerek uygulandığı daha küçük başarılara ev sahipliği yaptı. Hâttâ bu ders öyle yaygın biçimde özümsendi ki, bundan sonra birkaç kuraldışı durum haricinde[26] bilim insanları hakkındaki biyografik ayrıntılara artık bu kadar fazla girmemiz mümkün olmamaya başladı. Bu bilimcilerin günümüze yaklaştıkça tabiatları gereği daha az ilgi çekici hale gelme-

[26] Örneğin *bkz.* 9. Bölüm

lerinden değil, sadece sayılarının çoğalmasından ve anlatacak çok şey olmasındandır. Newton'ın ölümünden sonra bilim tarihinde konu olarak önce fen bilimlerinde ardından diğer disiplinlerde, artık bu hikâyeye katkıda bulunan tek tek bireyler değil, bilimin kendi hikâyesi merkeze oturdu ve gözü danstan ayırıp dansçıya yöneltmek giderek zorlaştı.



25. Elektriğin yaşayan ve ölmüş insanlardan geçişi üzerine bir gösteri. Watson'un Experiments and Observations [Deney ve Gözlemler]*, 1748 kitabından.*

Newton'ın ölümünü izleyen on yılda dünyanın bu tarzda araştırılmasını betimlemek için "doğa felsefesi" yerine "fizik" kavramı kullanılmaya başlandı. Kelimeyi Aristoteles kullanmış ve muhtemelen onun da öncesi olduğuna göre, aslına bakılırsa bu eski bir kavramın yeniden kullanılışıydı. Yine de bugünkü anlamıyla fizik kavramı ilk kez kullanılmaya başlandı ve kavramı modern anlamıyla kullanan ilk kitaplardan biri olan *Essai de physique*, Pieter van Musschenbroek (1692–1761) tarafından yazılarak 1737 yılında basıldı. Aynı on yılda fizikçiler elektrik denen gizemli olgu üzerine ciddi olarak eğilmeye başladılar. Leiden'de çalışan Musschenbroek daha sonra (1740'ların ortasında) büyük miktarda elektrik depolayabilen bir alet icat etti. Bu içi ve dışı metalle

kaplanmış camdan bir kaptı (bir kavanozdu) ve bugün kondansatör dediğimiz cihazın erken bir biçimiydi. Bu tarz bütün cihazlara daha sonra verilecek ismiyle bu Leiden şişesi[1] şarj edilebiliyor, daha sonraki deneylerde kullanılmak üzere elektrik depolayabiliyor ve birkaçının birbirine bağlandığı durumda bir hayvanı öldürmeye yetecek büyüklükte bir yükü boşaltabiliyordu.

Elektrik Üzerine Çalışmalar: Stephen Gray, Charles Du Fay, Benjamin Franklin ve Charles Coulomb

Statik elektriğin anlaşılmasına yönelik ilk adımlar ise Leiden kavanozlarının yardımı olmadan atıldı. Bir İngiliz deneyci, Stephen Gray (1670 yılı civarında doğdu, 1736'da öldü) *Philosophical Transactions*'ta bir dizi makale yayımladı. Bunlarda bir cam tüpün ucundaki mantar tıpanın camın ovuşturulmasıyla[2] nasıl elektriklilik özelliği kazandığını (günümüzdeki ifadesiyle yüklü hale geldiğini), tıpaya saplanan çamdan bir dal parçasının elektrik etkiyi nasıl dalın sonuna kadar taşıdığını ve bu etkinin ince tellerle ciddi mesafelere nasıl erişebileceğini anlattı. Gray ve çağdaşları ihtiyaç duydukları elektriği sürtünme yoluyla, sülfürden bir kürenin ovulurken döndürüldüğü basit makineler aracılığıyla (daha sonra sülfürün yerini cam küre veya silindirler aldı) kendileri yapıyorlardı. Kısmen Gray'in çalışmalarından etkilenerek Fransız Charles Du Fay (1698–1739) 1730'ların ortalarında iki tür elektrik (bugün artı ve eksi elektrik yükü dediğimiz) olduğunu ve aynı türdekilerin birbirini iterken zıt türdekilerin çektiğini keşfetti. Gray ve Du Fay'in çalışmaları, yalıtılmış malzemelerin yüklü cisimlerdeki elektriğin boşalmasını önlemekte oynadığı rolü sergileyerek eğer yalıtılmışsa her şeyin elektrikle yüklenebileceğini de gösterdi; hâttâ Du Fay askıda duran bir adama ipek kordonların yalıtılması yoluyla elektrik verdi ve deneğinin vücudundan kıvılcımlar çıkarmayı başardı. Çalışmasının sonucunda Du Fay iki farklı akışkan cinsinden betimlenen bir elektrik modeline ulaştı.

---

[1] [Türkçeye Leyden şişesi olarak yerleşmiştir. – çn]

[2] Bu sürtünme yoluyla statik elektrik "yapma" yöntemi, çocukların balonlarının yün bir süvetere sürtülünce tavana yapışabilmesinin ve saçınızın taranınca elektriklenmesinin arkasındaki nedendir.

Bu model, elektriğe olan ilgisi, ünlü ve tehlikeli (1752 yılında bir Leiden kavanozunu şarj etmek istenirken şans eseri gerçekleştirilen ve yıldırım ile elektrik arasındaki ilişkiyi kanıtlayan) uçurtma deneyinin çok ötesine uzanan Benjamin Franklin'in (1706–1790) geliştirdiği model tarafından boşa çıkarıldı. Tüm diğer ilgi ve eylem alanlarına rağmen Franklin, 1740'lı yılların ortalarından 1750'li yılların başına kadar olan dönemde (yeni keşfedilen Leiden kavanozlarını kullanarak) önemli deneyler gerçekleştirmek için gereken zamanı buldu. Bu deneyler sonucunda bir cisim elektrikle yüklendiğinde tek bir akışkanın fiziksel transferinin gerçekleştiği ve (kendisinin ortaya attığı kavramlarla) bir yüzeyin "eksi" yüklü, diğerinin "artı" yüklü olduğu fikrine dayalı tek akışkanlı bir elektrik modeli geliştirdi. Bu doğal olarak onu yükün korunduğu fikrine götürdü; her zaman aynı miktarda elektrik vardı ama bu etrafa hareket ettirilebiliyordu ve toplamda eksi yük miktarı artı yük miktarını dengelemek zorundaydı. Franklin, bir süre önce "Cavendish deneyini" tasarlayan Henry Cavendish'in arkadaşı John Michell'in (1723–1793) yaptığı çalışmayı tekrarlayarak, elektriğin demir iğnelere mıknatıslık özelliği kazandırıp kaybettirebileceğini de gösterdi. 1750 yılına gelindiğinde Michell birbirleriyle aynı iki manyetik kutup arasındaki itki kuvvetinin bir ters kare yasasına tabi olduğunu da keşfetmişti. Ulaştığı tüm sonuçları aynı yıl *A Treatise on Artificial Magnets* [*Yapay Mıknatıslar Konusunda İnceleme*] adlı çalışmasında yayımlamasına rağmen (tıpkı Franklin, Priestley ve Cavendish'in elektrik kuvvetinin bir ters kare yasasına tabi olduğunun bulunmasında yaptıkları çeşitli katkılara fazla dikkat gösterilmemesi gibi) kimse onu da fazla dikkate almadı. Ta ki 1780 yılında Charles Coulomb (1736–1806) Priestley'in çalışması üzerinden ilerleyip bir burulma terazisi kullanarak hem elektrik hem de manyetik kuvvetler konusunda kati deneylerini gerçekleştirdikten sonra, nihayet herkes her iki kuvvetin de bir ters kare yasasına uyduğuna ikna oldu. Tarihe Coulomb yasası olarak geçmesinin nedeni de budur.

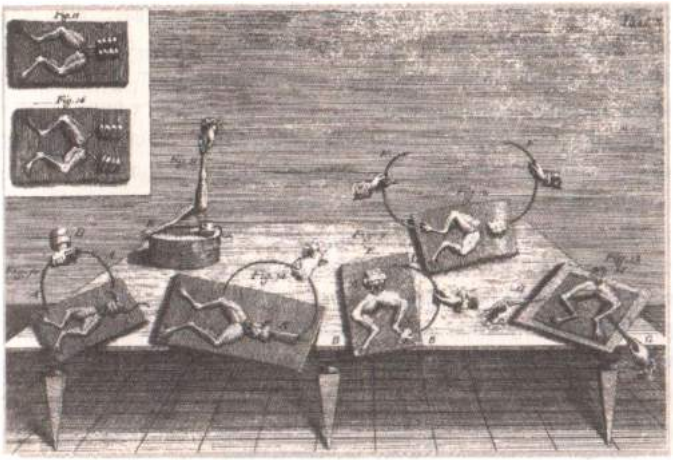
Bu örnekler bir kez daha bilim ile teknoloji arasındaki karşılıklı etkileşimi vurguluyor. Elektrik konusundaki çalışmalar ancak elektrik üreten makineler yapılınca ivme kazandı, ardından da elektrik depolayan aletler geliştirildi. Ters kare yasasının

geliştirilmesi ancak burulma terazisi teknolojisinin yardımıyla mümkün oldu. On sekizinci yüzyıldaki en büyük teknolojik atılım ise yüzyılın tam sonunda gerçekleşti ve Michael Faraday ve James Clerk Maxwell'in on dokuzuncu yüzyıldaki çalışmalarının yolunu döşedi. Bu tesadüfî bir bilimsel keşfin sonucu olarak, elektrik pilinin keşfedilmesiydi.

Luigi Galvani, Alessandro Volta ve Elektrik Pilinin İcat Edilmesi

Keşfi, Bologna Üniversitesinde anatomi eğitmeni ve kadın doğum profesörü olan Luigi Galvani (1737–1798) yaptı. Galvani hayvanlarda elektrik konusu hakkında kapsamlı bir deney dizisi gerçekleştirerek ulaştığı sonuçları 1791 yılında basılan bir makalede yayımladı. Bu makalesinde diseksiyon amaçlı elektrikli bir aletin de olduğu bir masaya yatırılmış bir kurbağanın kaslarındaki seğirmeyi fark ettikten sonra, nasıl ilk kez konuyla ilgilenmeye başladığını aktarır. Galvani ölü kurbağanın kaslarının doğrudan bu tarz bir makineye bağlanması yoluyla ya da kurbağa gök gürültülü bir fırtına esnasında metal bir yüzeye yatırılmışsa seğirmenin tetiklenebileceğini gösterdi. En önemli gözlemiyse askıya alındıkları pirinçten kanca demir bir örgüyle bağlantıya geçtiğinde asılı kurbağaların bacaklarının seğirdiğini fark etmesi oldu. Bu deneyi içerde, etrafta hiçbir dış elektrik kaynağının olmadığı koşullarda tekrarlayarak çırpınmalara kurbağanın kaslarında depolanmış veya üretilmiş olan elektriğin neden olduğu sonucuna vardı.

Herkes onunla aynı fikirde değildi. Lombardiya'daki Pavia Üniversitesinde deneysel fizik profesörü olan Alessandro Volta (1745–1827) 1792 ve 1793 yıllarında basılan makalelerinde kaslardaki çırpınmayı tetikleyenin elektrik olduğunu ancak bunun bir dış kaynaktan, örnek özelinde temasa geçen iki metal (pirinç ve demir) arasındaki etkileşimden geldiğini öne sürdü. Bunu kanıtlamak kolay değildi. Ancak Volta elektrik alanında (statik elektrik elde etmek için daha iyi bir sürtünme makinesi tasarımı ve bir elektrik yükü ölçme aleti dahil) önemli çalışmalar yapmış ve gazlar konusunda da, hidrojenle infilak etmesini sağlama yoluyla havadaki oksijen miktarını ölçerek çalışmış birinci sınıf bir deneyciydi. Bu yeni zorluğun üzerine yürüme becerisine sahipti.



26. Luigi Galvani'nin kurbağa bacaklarıyla yaptığı elektrik deneyi. Kaynak, De Viribies Electricitatis in Motu Mascalari, *1791.*

Volta fikirlerini önce farklı metal çiftlerini temasa geçirip bunlara diliyle dokunarak (dilin o dönemdeki hiçbir aletle saptanamayan küçük elektrik akımlarına duyarlı olduğunu kanıtlayarak) sınadı. O bu deneyleri gerçekleştirerek diliyle hissettiği etkiyi büyütmenin bir yolunu bulmaya uğraşırken, bölgeyi kontrol etmek için Fransa ile Avusturya arasında var olan çatışma ve Fransız Devriminin Lombardiya'ya etkileri sonucunda doğan siyasal karışıklıklar çalışmasını aksatıyordu. Her şeye rağmen 1799 yılında işini görecek bir aleti yapmayı başardı. Aletinin özelliklerini Kraliyet Derneğinin o zamanki başkanı Joseph Banks'e yazdığı ve 1800 yılındaki bir dernek toplantısında okunan mektubunda anlattı.

İcadı aslında sırayla dizilmiş ve birbirlerinden tuzlu suya sokulmuş karton disklerle ayrılmış bir gümüş ve çinko diskler yığınıydı. Volta pili olarak bilinen bu icat modern pilin atasıydı ve yığının üstü ile altı bir telle bağlandığında bir elektrik akımı üretiyordu. Depoladığı elektriği bir kerede boşaltan bir var-yok aleti olan Leiden kavanozundan farklı olarak pil, ilk kez düzenli denebilecek bir elektrik akımı sağlamıştı. Volta'nın icadından önce elektrik konusundaki çalışmalar esasen statik elektriğe mahkûm

durumdaydı; 1800 yılından itibaren fizikçiler istedikleri gibi açıp kapayabilecekleri elektrik akımlarıyla çalışabildiler. Keza artık yığına yeni diskler ekleyerek akımı şiddetlendirebilir veya diskleri azaltarak akımı zayıflatabilirlerdi. Çok kısa bir süre sonra başka araştırmacılar bu tarz bir yığından elde edilen elektrik akımının suyun bileşimindeki hidrojen ve oksijeni ayrıştırmak için kullanılabileceğini buldular; bu söz konusu icadın bilim için ne kadar önemli bir rol oynayacağının ilk ipucuydu. Bizler bu müthiş keşfin hangi sonuçlara yol açacağını görmek için 11. Bölüme dek bekleyecek olsak da, Volta'nın çalışmasının önemi derhal kabul gördü ve Fransızlar 1800 yılında Lombardiya'nın kontrolünü ele geçirdikten sonra Napoléon Volta'ya kont ünvanı verdi.



27. Volta'nın Kraliyet Derneğine mektubu, 1800.

Fizikçilerin elektrik konusuna eğilmesi biraz zaman almış olsa da, on sekizinci yüzyılda ortaya attıkları fikirlerin çoğu, o dö-

nemde tam olarak geliştirilmemiş veya geniş kabul görmemiş olanları bile şaşırtıcı derecede moderndi. Örneğin 1738 gibi erken bir tarihte Hollanda doğumlu matematikçi Daniel Bernoulli (1700–1782) hidrodinamik konusunda yayımladığı kitabında sıvı ve gazların hareketini atomların muhafaza edildikleri yerin duvarlarına etkisi üzerinden açıkladı. Bu elbette Newton'ın hareket yasalarıyla ilgili fikirlerinin ilerletilmesiyle on dokuzuncu yüzyılda daha tam olarak geliştirilen gazların kinetik kuramına çok benzerdir. Bu tarz fikirler coğrafi olarak da yaygınlaşmaktaydı. Bernoulli muhteşem kitabını yayımladıktan sadece beş yıl sonra, 1743'te Benjamin Franklin'in Philadelphia'da *American Philosophical Society*'nin [*Amerikan Felsefe Derneği*] kurulmasına öncülük edenler arasında olduğunu görüyoruz. Bu bugünün Amerika Birleşik Devletleri'nde kurulan ilk bilim derneği ve yirminci yüzyılın ikinci yarısında gerçekleşecek olağanüstü bilimsel gelişimin ilk tohumuydu.

Pierre-Louis de Maupertuis: En Az Eylem İlkesi

Bundan bir yıl sonra, 1744 yılında değeri ancak yirminci yüzyılda anlaşılabilen, tüm bir bilim tarihinin en önemli yaklaşımlarından biri Pierre-Louis de Maupertuis (1698–1759) tarafından formüle edildi. Bilimle ilgilenmeden önce bir asker olan De Maupertuis'in bu büyük fikri en az eylem ilkesi olarak bilinir. "Eylem" bir cismin, nesnenin değişen konumu ve momentumu cinsinden ölçülen bir özelliğine fizikçiler tarafından verilen isimdir (diğer ifadesiyle bir parçacığın taşıdığı kütle, hız ve uzaklığı birbirine bağlar). En az eylem ilkesi, doğanın her zaman bu niceliği minimumda tutacak şekilde işlediğini söyler (diğer bir deyişle, doğa tembeldir). Kuantum mekaniğinde bunun çok büyük bir önem taşıdığı görülecektir; en az eylem ilkesinin işlediğinin en basit örneğiyse ışığın hep düz çizgide ilerlemesidir.

Leonhard Euler: Işığın Kırınımının Matematiksel Betimlenmesi

Hazır ışıktan bahsetmişken, tüm zamanların en üretken matematikçisi olarak değerlendirilen ve *e* ve *i* harflerinin modern mate-

matiksel bağlamlarında kullanımını ilk ortaya atan kişi olan İsviçreli Leonhard Euler (1707–1783) 1746 yılında ışığın kırınımını matematiksel olarak betimledi. Huygens'in izinden giderek ışığın dalga olduğunu ve her rengin farklı bir dalga boyuna denk düştüğünü varsaydı; ancak Newton'la çelişen bu model o dönemde kabul görmedi[3]. Işığın dalga modeli Newton büyük bir huşuyla kabul gördüğü için etkin olamadı; diğer fikirler ise dünyanın uzak bölgelerindeki tanınmayan bilimcilerden geldiği için etkin olamadı. Bunun klasik bir örneği, Mihail Vasilyeviç Lomonosov'dur (1711–1765). Bu çok bilgili Rus, Newtoncı atom fikrini geliştirdi, Bernoulli'ninkine benzer bir kinetik kuramı oluşturdu ve 1748 yılı civarında kütle ve enerjinin korunum yasalarını formüle etti. Onun tüm bu çalışmaları ölümünden sonrası dahil çok uzun bir süre boyunca Rusya dışında hemen hiç duyulmadı.

Thomas Wright: Samanyolu Üzerine Düşünceler; William ve Caroline Herschel'in Keşifleri; John Michell

Zamanının ilerisinde giden fikirler gökbiliminde de vardı. Durhamlı gökbilimci Thomas Wright (1711–1786) 1750 yılında yayımladığı *An Original Theory and new Hypothesis of the Universe* [*Evrene İlişkin Özgün Bir Kuram ve Yeni Bir Hipotez*] adlı eserinde Samanyolu'nun görünümünü, güneşin değirmen çarkına benzeyen bir yıldız diskinin parçası olduğunu öne sürerek açıkladı. Bu Wright, daha önce bahsettiğimiz araştırmacı olarak çalıştığı "gündüz işi" vesilesiyle Charles ve Henry Cavendish'le bağlantıya geçen Wright'la aynı kişiydi. 1781 yılında William (1738–1822) ve Caroline (1750–1848) Herschel, Uranüs gezegenini keşfettiler; bu antikçağda yaşayanların bilmediği ilk gezegen olmasıyla güneş sisteminin eski sınırlarının ötesinde yeni keşifler yapılabileceğini muştulaması nedeniyle büyük bir heyecan yarattı. Ardından Henry Cavendish'in yakın dostu John Michell (1724–1793), günümüzde iyi bilindiği üzere, bugün verdiğimiz isimle kara deliklerin varlığı fikrini, Michell adına Cavendish tarafından 1783'te Krali-

[3] Euler tüm popüler astronomi kitaplarında uyarıldığı gibi gerçekten de güneşe bakarken kaza eseri kör oldu. Anlayacağınız bu uyarı gerçeğe dayanmaktadır!

yet Derneğine okunan bir makalesinde ortaya atan ilk kişi oldu[4]. Michell'in düşüncesi (o dönem kanıtlanmış olan) ışığın sonlu hıza sahip olduğu olgusu ve bir cisim ne kadar kütleli olursa onun kütleçekim tutuşundan kaçmak için o kadar hızlı hareket etmesi gerektiği anlayışına dayalıydı. Sırf doğası gereği müthiş utangaç olan Cavendish'in Dernekteki hıncahınç kalabalığa karşı sesli okuyuşunu kafada canlandırma zevki için bile olsa bu makaleden bir alıntı yapmaya değer:

> Belki ışıkları bize ulaşmadığı için... bizim görerek bilgi edinemediğimiz ama yoğunluğu güneşten az olmayan ve çapı güneşin çapından 500 kat daha büyük cisimler doğada gerçekten var olabilir ve eğer onların etrafında dönen başka ışık yayan cisimler varsa biz her şeye rağmen bu dönen cisimlerin hareketlerinden merkezde olanların varlığını çıkarsayabiliriz.

Bugün gökbilimciler kara deliklerin varlığını gerçekten de bu biçimde, kara deliğin etrafında yörüngede olan parlak cisimlerin hareketleri üzerinde çalışarak çıkarsamaktadırlar.

On sekizinci yüzyılın sonuna bile ulaşmamışken bir kişinin (yirminci yüzyıldaki kuramsal gelişime örnek niteliği taşıdığını düşünmeye alıştığımız) kara delik fikriyle karşımıza çıkmış olması sanki yeterince şaşırtıcı değilmiş gibi, yüzyıl sona ermeden başka bir kişinin daha bağımsız olarak aynı fikre ulaşması tam anlamıyla bir sürpriz etkisi yaratır. Bu kişi Pierre Simon Laplace'tır ve yer yer "Fransız Newton" olarak adlandırılan bu adamın kariyerine bakarak on sekizinci yüzyılın sonunda fiziğin durumunu değerlendirmek amacıyla şimdi anlatımımızın temposunu bir miktar düşürmekte fayda var.

---

[4] Çok bilgili kişilerden biri olan Michell ismini ilk olarak 1755 yılında Lizbon'da gerçekleşen büyük deprem konusunda yaptığı araştırmayla duyurdu. Deprem merkezinin Atlantik Okyanusunun içerisinde, yer kabuğunun altında olduğunu gösterdi ve depremlerin daha önce düşünüldüğü gibi atmosfer bozulmalarıyla hiçbir alakası olmadığını ispatladı. Bilimde daha büyük başarılara imza atması beklenebilirdi ancak 1764'te Cambridge'teki jeoloji profesörlüğü görevini bırakarak Yorkshire, Tornhill'deki bir yerleşim bölgesinin rektörü oldu.

"Fransızların Newton'ı" Pierre Simon Laplace ve *Exposition*

Laplace 28 Mart 1749 tarihinde Normandiya'nın Calvados bölgesinde Caen yakınlarındaki Beaumont-en-Auge'da doğdu. Çocukluğu hakkında pek az şey bilinir, hâttâ özel yaşamı hakkında genel olarak fazla bir şey bilinmez. Bazı kaynaklar fakir bir çiftçi ailesinden geldiğini yazıyor ama ailesi zengin olmasa da rahat bir yaşam sürebilecek koşullara sahip oldukları kesindir. Yine Pierre adını taşıyan babası elma şarabı işindeydi, muhtemelen büyük bir işletme sahibi olmasa da, yerel hâkimlik görevi yapmış olması toplumdaki statüsü hakkında bir fikir veriyor. Annesi Marie-Anne Tourgéville'deki iyi durumdaki bir çiftçi ailesinden geliyordu. Nasıl Laplace babasının adını almışsa, tek kardeşi olan ve 1745'te doğan kız kardeşine de annesinin ismi olan Marie-Anne adı verildi. Laplace Benediktenlerin yönettiği yerel bir gündüz okuluna gitti; muhtemelen babası onun bir keşiş olmasını istiyordu. 1766 ile 1768 yılları arasında Caen Üniversitesinde okudu ve bu dönemde matematiğe olan yeteneği keşfedilmiş olsa gerektir. Üniversitede geçinmek için özel eğitmenlik yaparak ek gelir sağladı ve Georges Cuvier'in yaşamında büyük bir rol oynayacak olan Marquis d'Héricy'nin yanında da kısa bir süre için çalıştığı yönünde kanıtlar var. Laplace Caen'den mezuniyet derecesi almadan ayrıldı ve profesörlerinden birinden aldığı, o dönem Fransa'daki en iyi matematikçilerden biri ve Akademinin üst düzey bir üyesi olan Jean d'Alembert'e (1717–1783) yazılmış bir tavsiye mektubunu cebine koyarak Paris'e gitti. D'Alembert genç adamın becerisinden ona École Militaire'de matematik profesörlüğü gibi büyük ünvanlı ancak aslında konunun temellerini isteksiz yedek subaylara anlatmaya uğraşmaktan ibaret bir iş bulmasına yetecek derecede etkilendi. 1769'dan 1776'ya dek bu makamda kalarak yazdığı (burada, matematik söz konusuysa her zaman olduğu gibi ayrıntısına girmeyeceğimiz) bir dizi matematik makalesiyle ün kazandı ve 1773 yılında Akademiye üye kabul edildi.

Laplace olasılığa özel bir ilgi duyuyordu ve aslında onu ayın dünya çevresindeki yörüngesi ve gezegenlerin yörüngelerinin ayrıntılı doğası gibi güneş sistemindeki sorunları araştırmaya

yönelten bu matematiksel ilgisi oldu. Bunlar şans eseri olmuş olabilir miydi? Yoksa taşıdıkları özelliklere sahip olmalarının arkasında bazı fiziksel nedenler mi olmalıydı? Laplace'ın 1776'da tartıştığı örneklerden biri kuyrukluyıldızların doğası ve yörüngeleriydi. Bütün gezegenler güneşin etrafında aynı yönde ve aynı düzlemde (tutulma düzlemi) hareket ederler. Bu hepsinin aynı fiziksel süreç sonucunda beraberce oluştuğunun güçlü bir (ne kadar güçlü olduğunu yakında göreceğiz) göstergesidir. Kuyrukluyıldızların güneşin etrafındaki yörüngeleriyse (en azından o dönem yörüngeleri bilinen birkaç düzine kuyrukluyıldızın sağladığı kanıttan yola çıkıldığında) her yönde ve her açıda olur. Bu onların farklı bir kökenden geldiklerini gösterir ve Laplace'tan önceki matematikçiler de bu sonuca ulaşmışlardır. Ancak Laplace bir matematikçi olarak ulaşılan sonuçtan ziyade bu sonuca nasıl ulaşıldığıyla ilgiliydi ve kuyrukluyıldızları tutulma düzleminde hareket etmeye zorlayan bir kuvvetin var olmasının matematiksel olasılığının çok düşük olduğunu gösteren ileri düzeyde bir analiz geliştirdi. Laplace Jüpiter ve Satürn'ün yörünge hareketlerini ilk kez 1770'li yılların ortasında araştırmaya başladı.[5] Bu yörüngeler uzun dönemde Newtoncı kütleçekim kuramının öngörülerine aykırı görünen hafif bir kayma göstermekteydi ve Newton yeterince uzun bir zaman sonra (sadece birkaç yüzyıl!) bu gezegenleri eski yörüngelerine oturtmak ve güneş sisteminin dağılmasını önlemek için kutsal bir müdahalenin gerekeceğini düşünmüştü. Laplace'ın bu bulmacaya ilk yanıt çabası başarısız oldu, ancak 1780'lerde sorunu tekrar ele alarak bu yüzyıllık değişimler adı verilen kaymaların Newtoncı kuram çerçevesi içerisinde açıklanabileceğini ve iki gezegenin birbiri üzerindeki bozucu etkilerinin buna neden olduğunu gösterdi. Değişimler 929 yıllık bir döngü izledikten sonra her şey yeniden başlangıç noktasına dönüyordu, dolayısıyla güneş sistemi en nihayetinde (en azından uzun zaman ölçekleri açısından) kararlıydı. Efsaneye göre Napoléon kendisine yüzyıllık

[h] Bunda da ona, birçok başka konuda olduğu gibi Joseph Lagrange'la (1736–1813) yaptığı tartışma ivme sağlar. Lagrange grup kuramı çalışması ve bir parçacığın izlediği yolu (veya yörüngesini) betimleyen (Lagrange) matematik fonksiyonunu geliştirmesi nedeniyle yirminci yüzyıl fiziği için büyük değer taşıyan bir matematikçidir.

değişimler konusunu ele alırken neden Tanrıya başvurmadığını sorunca Laplace'ın yanıtı "o hipoteze ihtiyacım yok" olmuştu.

Laplace gelgit kuramı konusunda da çalışarak her gün niçin iki gelgitin kabaca aynı yüksekliğe ulaştığını açıkladı (daha naif hesaplamalar bir gelgit kabarmasının diğerinden çok daha yüksek olması gerektiğini "öngörmüştü"). Olasılık kuramlarını, bir doğum istatistiği örnekleminden Fransa'nın toplam nüfusunu tahmin etmek gibi pratik problemlerin çözümünde de kullandı ve gördüğümüz üzere (Laplace'dan altı yaş büyük ve o dönemde ününün doruğunda olan) Lavoisier'le birlikte ısı üzerine çalışmalar yaptı. Lavoisier ve Laplace'ın zamanlarının kuşkusuz en büyük iki bilimcisi olmalarına rağmen deney sonuçlarını hem eski kalorik kuram (ileride açacağız) hem de yeni kinetik kuram açısından tartışarak ikisi arasında bir seçim yapmaktan kaçınmış, hâttâ her ikisinin birden işe yarayabileceğini önermiş olmaları 1780'lerde bilimin durumu açısından ilginç bir vakadır.

1788 yılında nihayet Laplace'ın özel yaşamı konusunda bir ipucu elde edebiliyoruz. Artık Akademinin önde gelen bir üyesi olmuş olan Laplace 15 Mayıs'ta Marie-Charlotte de Courty de Romanges'le evlendi. İki çocukları oldu. Erkek çocuk Charles-Emile 1789'da doğdu, bir general oldu ve 1874'te (çocuksuz) öldü. Kız çocukları Sophie-Suzanne 1813 yılında kendi kızını doğururken öldü (kızı hayatta kaldı). Laplace gezegen hareketleri konusundaki belirleyici çalışmasını işte bu evlenme döneminde yaptı. Jüpiter ve Satürn'ün yörüngelerindeki yüzyıllık değişimleri açıklamakla kalmadı, ayın dünya etrafında izlediği yörüngesinde çok uzun zamandır gözlenen benzer değişikliklerin nedenini çözdü, bunların güneş ile dünya-ay sistemi arasındaki karmaşık bir etkileşimden ve diğer gezegenlerin dünyanın yörüngesi üzerindeki kütleçekim etkisinden kaynaklandığını gösterdi. 1788 yılı Nisanında (bizim "güneş sistemi" diyeceğimiz yerde "dünya" kelimesini kullanarak) şöyle diyordu:

> Dünya sistemi çok küçük bir nicelik haricinde asla sapmadığı ortalama bir durum etrafında salınır sadece. Yapısı ve kütleçekim yasası gereğince sahip olduğu istikrar ancak dış sebeplerce bozulabilir ve bizler bunların etkimesinin en eski gözlem zamanlarından günümüze dek tespit edilememiş olduğundan eminiz.[6]

[6] Gillispie'den İngilizceye çevrilmiştir.

Özel yaşamı hakkında pek az şey bilmemize karşın Laplace'ın büyük bir *hayatta kalma başarısına sahip* olduğunu söyleyebiliriz; bu kadar az şey bilmemizin bir nedeni de herhangi bir hükümeti asla açıktan eleştirmemiş ve hiç politikaya karışmamış olmasıdır. Fransız Devrimini izleyen çeşitli hükümet dönemlerinde hayatta kaldı, bu hükümetlerin çoğu adının Fransız saygınlığının bir sembolü olarak onunla birlikte anılmasına can atıyordu. Kendisi için gerçekten tehlikeli olabilecek tek zaman olan Terör döneminde Laplace rüzgârın ne yönde estiğinin önceden farkına vardı ve ihtiyatlı davranarak ailesiyle birlikte Paris'in yaklaşık 50 km güneydoğusundaki Melun'e taşındı. Orada bir müddet suya sabuna dokunmadan yaşadı, Jakobenler iktidarı kaybettikten sonra da Direktuvar döneminde bilimin yeniden örgütlenmesinde çalışmak üzere tekrar Paris'e çağrıldı.

Laplace Jakobenler döneminde geri çekilmeden önce de metrik sistem üzerine çalışmıştı; şimdi üstlendiği Fransız eğitim sisteminin bilim öğretimini kapsayacak şekilde yeniden düzenlenmesi çalışmasıysa onun bilim alanında basılmış en etkili kitaplardan birisini kaleme almasını sağladı: *Exposition du système du monde* [*Dünya Sisteminin Açıklanışı*] 1796 yılında iki cilt olarak yayımlandı. Laplace'ın sahip olduğu saygınlık ve rüzgârı gözeterek davranma becerisi, 1806'da kendisine hükümetinde görev aldığı Napoléon tarafından önce kontluk ünvanı verilmesini, Napoléon monarşiyi restore ettikten sonra 1817 yılında bu kez XVIII. Louis tarafından Marquis de Laplace yapılmasını sağladı. Matematik çalışmalarına devam etmesine ve uzun yaşamı boyunca (5 Mart 1827 tarihinde Paris'te öldü) defalarca ödüllendirilmesine rağmen bilimin gelişimi açısından, on sekizinci yüzyılın sonunda fiziğin geldiği yeri yansıtmasıyla bugün hâlâ değer taşıyan *Exposition* Laplace'ın en büyük başarısı oldu. Eserin değeri zamanında da takdir gördü; 1798'de College of New Jersey'e (bugünkü Princeton Üniversitesi) verilen bir kopyanın iç sayfasına bağışlayan kişi şu notu düşüyordu:

> Bu bilimsel yapıt kapsamı ve içeriği göz önüne alındığında (aynı konuda şimdiye kadar gördüğümüz bütün çalışmalardan çok daha yüksek derecede bir) berraklık, düzen ve doğruluğu kendisinde birleştiriyor. Muğlâklığa düş-

> meden anlaşılmayı, anlaşılması zor olmaksızın kusursuz olmayı başarıyor; ele aldığı mesele görünen o ki, yazarın zihnine depolanmış çok geniş bir birikimden çekilip alınmış ve gerçek bir felsefe ruhuyla çevrelenmiş[7].

Bu felsefenin dayandığı temelin ne olduğu muhteşem kitabında bizzat Laplace tarafından açıklanmıştır ve aradan geçen iki yüzyılın ardından bugün doğruluğu daha açık görülmektedir:

> Doğanın basitliği bizim kavrayışımızın basitliği tarafından ölçülemez. Etkileri sonsuz çeşitlilik gösteren doğa, sadece nedenleri açısından basittir ve onun tutumluluğu oldukça az sayıda genel yasa aracılığıyla çok büyük sayıdaki ve genellikle çok karmaşık olguları üretmesine dayanır.

Burada Newton'ın basit kütleçekim yasasıyla güneş sisteminin karmaşıklığına ışık tutan adamın tecrübesinin sesini duyarız.

Laplace'ın derleyip toparlayarak sunduğu fizik özeti, gezegen astronomisinden mekanik ve hidrostatik yoluyla yörünge hareketleri ve kütleçekimine dek uzanır ve en sonunda birkaç yeni (veya yeni sayılabilecek) fikir ileri sürer. Bunlardan biri olan, güneş sisteminin kökeni konusunda ortaya atılmış "bulutsu hipotezi" 1755 yılında –her ne kadar Laplace'ın o dönemde Kant'ın anlaşılması güç denebilecek çalışmasından haberdar olduğu yönünde bir belirti yoksa da– Immanuel Kant (1724–1804) tarafından da düşünülmüştü. Bu fikir gezegenlerin güneşin gençlik döneminde çevresinde toplanmış bir malzeme bulutundan, bulut veya bulutsunun büzüşünce küçülerek bir düzlem biçimini alması yoluyla şekillendikleri düşüncesine dayanır. O dönemde tümü güneşin çevresinde aynı yönde dönen yedi gezegen ve on dört uydunun varlığı biliniyordu. Bu sistemlerin sekizinin kendi eksenleri etrafında güneşin etrafında döndükleri şekilde döndükleri de biliniyordu; örneğin dünyanın kuzey kutbundan aşağı bakarsanız dünyanın güneşin etrafında saat yönünün tersinde hareket ettiğini görürsünüz. Laplace'ın hesaplamasına göre her bir yörünge veya dönmenin "geriye doğru" değil "ileri doğru" olması olasılığı 1 bölü

[7] Gillispie'den alıntılandı.

2 olduğu için, bunun şans eseri olmama olasılığı $(1 - (1/2)^{29})$'du. Bu 1'e öylesine yakın bir rakamdı ki, bu cisimlerin beraber şekil aldıkları kesin denebilirdi ve görünüşe göre bulutsu hipotezi de bunu açıklamanın en iyi yoluydu. Bu model halen günümüzde de uygun görülmektedir.

Diğer yeni fikir elbette Laplace'ın kara delik yorumuydu. Michell'le çok benzer çizgide ancak çok daha kısa biçimde ele alınan bu konuya, merak uyandırıcı biçimde *Exposition*'un sadece ilk baskısında yer verildi; Laplace'ın neden diğer baskılara koymadığı konusunda bir bilgiye sahip değiliz. Onun karanlık yıldızlar hipotezi yorumuna göre, güneşin çapından 250 kat büyük ve dünyayla aynı yoğunluğa sahip bir cisim, ışığın bile ondan kaçamayacağı kadar büyük bir kütleçekim kuvvetine sahip olurdu.[8] Aslına bakılırsa olsa olsa tarihi bir merak konu olabilecek bu tartışma, bilimin on dokuzuncu yüzyıldaki gelişimi üzerinde herhangi bir etkide bulunmamıştır. Ancak bir bütün olarak kitap önemli bir etkide bulunmuştur ve bunun nedeni sadece içeriği değil açık ve anlaşılır bir dille yazılmış olmasıdır. İlk cümlelerinden başlayarak Laplace okuru kitabın içerisine çeker:

> Bulutsuz bir gecede, bütün bir ufkun görülebildiği bir yerde gökyüzünün görüntüsünü izlerseniz eğer, onun her an değiştiğini görürsünüz. Yıldızlar yükselir ya da alçalırlar. Bazıları kendilerini doğuda göstermeye başlarken bazıları da batıda kaybolur gözden. İçlerinden kutup yıldızı ve büyükayı gibi birkaçı bizim bölgemizde hiç ufuk çizgisine ulaşmaz...

Okumayı bırakmak ne mümkün!

Exposition'da çok parlak bölümler olsa da Laplace'ın anlatımı kişilerden çok az bahseder, kitapta hemen tamamıyla bilim anlatılır. Şüphesiz buradan hemen on sekizinci yüzyıl sonunda fiziğin bir tür sıkıcı rutine oturmuş olduğu sonucuna sıçramayın. Etrafta hâlâ daha birçok "karakter" vardı ve on sekizinci yüzyıl fizikçileri içerisinde en renkli kariyer (sonradan Kont Rumford olan) Benjamin

[8] Laplace'ın güneşin çapının 250 katı gibi bir rakama ulaşmasının nedeni dünyanın güneşten daha yoğun olmasıdır; Michell ise bu rakamın iki katını kullandı.

Thompson'ınkiydi. Özellikle ısı alanında bilime çok önemli katkılar yaptı; motivasyonunu siyasetten değil pratikliğinden alsa da, bir sosyal reformcu olarak yaptığı katkıların önemi de göz ardı edilemez. Her şeye karşın Thompson'un açıkça kendi çıkarını düşünen bir fırsatçı olduğu görülüyor ve kendi serveti ve toplumsal konumunu arttırmak için bulduğu en iyi yolun başkalarına da iyi gelmiş olması oldukça ironiktir. Kariyerine, on sekizinci yüzyılın sonunda hem Amerikan Devrimi hem de Avrupa'daki siyasal çalkantılara bir yan bakış sağladığı (ve aynı zamanda başlı başına eğlenceli bir hikâye olduğu) için, onun net bilimsel katkısının hak ettiğinden biraz daha ayrıntılı bakmakta fayda var.

Benjamin Thompson (Kont Rumford): Hayatı

Thompson 26 Mart 1753'de Woburn, Massachusetts'te bir çiftçinin oğlu olarak dünyaya geldi. Babası onun doğumunun üzerinden fazla zaman geçmeden öldü, annesi kısa süre sonra yeniden evlendi ve birkaç çocuk sahibi daha oldu. Benjamin meraklı ve zeki bir çocuk olmasına rağmen ailesi fakirdi ve konumu temel eğitim dışında eğitim görmeye olanak vermiyordu. 13 yaşından itibaren ailesine destek olmak için çalışmaya başladı; önce Salem limanındaki bir manifaturacının yanında kâtiplik, daha sonra (1769 Ekiminden itibaren) Boston'da bir dükkânda tezgâhtarlık yaptı. Boston'un cazip yönlerinden biri genç adama akşam okuluna gitme fırsatı sunmasıydı, aynı zamanda siyasal olayların bol olduğu bir yer olması da bir gencin ihtiyaç duyduğu heyecanı sağlıyordu. Belki de bu yüzden (çok sıkıldığı) işini boşladı ve ardından kaybetti; bir aktarıma göre kovuldu, bir başkasına göre kendisi isteyerek ayrıldı. Her iki durumda da, 1770 yılının geri kalan uzun bölümünü Woburn'deki evine dönerek, işsiz, zamanını gençlikteki alışılmış ilgi alanları ile kendisinden biraz daha büyük olan arkadaşı Loammi Baldwin'in yardımıyla kendi eğitimini sağlama çabası arasında paylaştırarak geçirdi. Kısmen yakışıklılığı, kısmen de o dönem (dünyanın o parçasında) halen doğa felsefesi olarak bilinen şeye duyduğu ilgiden dolayı, o bölgede çalışan bir tabip olan Dr. John Hay Thompson'u çırağı olarak almayı kabul etti. O da kişisel çalışma programı ile üstlendiği görevleri birleştirme

fırsatını kullandı; hâttâ üniversiteyle hiçbir resmi bağı olmamasına rağmen Harvard'da birkaç derse bile girdi. (Şüphesiz bu bilgi sadece Thomson'un ifadesine dayandığı için, birazdan göreceğimiz üzere ihtiyatlı olmakta fayda var.)

Çıraklık yapmaktaki sorun bunun para karşılığı mümkün olmasıydı ve ödemeler için Thompson çeşitli yarı zamanlı öğretmenlik işleri yaptı; öğretmesi beklenen şeyler okuma, yazma ve biraz da hesaplama olduğu için resmi bir yeterliliğe sahip olması gerekmiyordu. 1792 yazında ya doktor ondan ya da Thompson çırak olmaktan bıktı ve bu kez tam zamanlı öğretmenlikte şansını denemeye karar verdi. New Hampshire'daki Concord kentinde bir olanak buldu. Kent aslında tam Massachusetts ile New Hampshire sınırındaydı ve eskiden Rumford, Massachusetts olarak anılırdı; ismi 1762'nin sonunda kentin hangi eyalete ait olduğu ve kime vergi ödeyeceği hakkındaki şiddetli bir çekişmenin ardından gönül alma amaçlı bir jest olarak değiştirilmişti. Thompson'un Concord'daki patronu Rahip Timothy Walker'dı. Walker'ın kızı Sarah (görece geçkin bir yaş olan 30 yaşında) bir süre önce kentin en zengin adamı Benjamin Rolfe'yle evlenmiş, adam 60 yaşında ölünce kadını geride gayet iyi bir maddi birikimle bırakmıştı. Okul müdürlüğü Thompson'ın o zamana kadar olan tüm işlerinden de kısa sürdü ve Kasım 1772'de Sarah Walker Rolfe'yle evlenerek karısının servetini idare etmeye başladı ve bir beyefendi haline geldi. Henüz 19 yaşında, uzun boylu ve yakışıklıydı ve her zaman ilişkilerini yöneten kişinin Sarah olduğunu söylerdi. Sarah isminde 18 Ekim 1774'te doğan bir çocukları oldu. Ancak bundan öncesinde Thompson'un yaşantısında yeni bir dönemeç gerçekleşmeye başlamıştı.

Thompson'un sorunu elinde olanla hiçbir zaman tatmin olmaması ve (hayatının son aylarına dek bile) hep daha fazlasını istemesiydi. Belediye başkanı John Wentworth'a kendisini sevdirmekte gecikmedi. Kentin yanında yükselen White Dağlarını araştırmak için (plan hayat bulmasa da) bilimsel bir gezi yapılması önerisinde bulundu ve bir bilimsel tarım programı başlattı. Tüm bunlar Amerikan Devrimine doğru ilerlerken artan karışıklıkların fonunda gerçekleşiyordu. Burası ayrıntılara girmenin yeri değilse de, başlangıç aşamalarında bunun her ikisi de kendisini sadık İn-

giliz olarak gören iki düşünce okulu arasındaki bir tartışma olduğunu hatırlatmakta fayda var. Thompson yönetimde olanların kaderine ortak oldu ve bu bağlamda onun 1773 yılında, evliliğinden sadece birkaç ay sonra aksi halde şaşırtıcı olabilecek New Hampshire milisine binbaşı olarak ataması gerçekleşti. Kaçınılmazlığı çoğu kişi tarafından bilinen savaş hazırlığında (kendilerini ifade etmek için daha iyi bir terim bulamamış) sömürge savunucuları, Britanya ordusundan kaçanların kendi saflarına katılımını cesaretlendiriyor (hâttâ parayla ödüllendiriyor) ve onları özel harpte eğitiyorlardı. Binbaşı Thompson bölgedeki çiftçiler içerisinde çok sayıda bağlantıya sahip bir toprak sahibi olarak bu faaliyete göz kulak olmak için ideal bir konumdaydı. Thompson gerçek vatanseverliğin yasalara uymak ve değişiklikler yapmak için yasa çerçevesinde hareket etmek olduğu inancını açıkça ifade etmiş biri olduğu için eski rejimi yıkmayı hedefleyenlerin onun faaliyetlerinden haberdar olması fazla uzun sürmedi. 1774 Noelinden kısa bir süre önce, kızının doğumundan sadece birkaç ay sonra kendisini katran ve tüye bulamayı amaçlayan bir çetenin toplandığını duyan Thompson, atına atlayıp kenti bir daha asla geri dönmemek üzere terk etti. Karısını bir daha hiç görmedi, kızı Sarah ise ileride göreceğimiz gibi daha sonra hayatına tekrar girdi.

Thompson Boston'un yolunu tuttu ve burada Massachusetts valisi General Thomas Gage'ın hizmetine girmek için başvurdu. Başvurusu resmi olarak reddedildi ve Thompson Woburn'e geri döndü. Gerçekteyse Britanya devleti adına çalışan bir casus olmuştu ve Boston'daki yönetim merkezine isyan faaliyetleri hakkında bilgi geçiyordu. Çok uzun sürmeden Woburn'de de pozisyonu açığa çıktı ve 1775 Ekiminde yeniden Boston'daki İngilizlere katıldı. 1776 yılının Mart ayındaki ayaklanmalar sonucunda kentten ayrılmak zorunda kalan garnizonun ve Britanya taraftarlarının çoğu, İngiliz kuvvetlerinin bu başarısızlığının hoş karşılanmayan haberi Londra'ya Yargıç William Brown vasıtasıyla resmi olarak iletilirken, deniz yoluyla Halifax, Nova Scotia'ya çekildiler. Binbaşı Benjamin Thompson bir biçimde Yargıç Brown'un maiyetine sızmayı başardı ve 1776 yılı yazında Amerikalı isyancıların savaşma yeteneği konusunda doğrudan bilgiye sahip bir uzman ve Boston'un düşüşüne Amerikan tarafından tanık olmuş biri ola-

rak Londra'ya ulaştı. Dahası kendisini Britanya'nın çıkarlarına sadakati yüzünden bütün malını mülkünü kaybetmiş bir beyefendi olarak takdim etti. Sahip olduğu bu referanslar ve etkileyici örgütsel becerisiyle hızla sömürgelerden sorumlu devlet bakanı Lord George Germain'in sağ kolu haline geldi.

Thompson işini iyi yaptığı ve çok başarılı olduğu için 1780 yılında bakanlıktaki kuzey bölümünün müsteşarı oldu. Devlet memuru olarak çalıştığı bu kesit kitabın kapsama alanının dışında olsa da, yeni görevinde çalışırken bir yandan yeniden bilimle ilgilenmeye başladı. 1770'lerin sonunda barutun patlayıcı kuvvetini ölçmek için yaptığı (hem normal işiyle uyumlu hem de güncel ihtiyaç gereği olduğu açık) deneyler onun 1779'da Kraliyet Derneğine üye olarak kabul edilmesini sağladı. Bu deneyler Thompson'un 1779 yazında üç ayını Kraliyet Donanmasının manevralarında geçirmesi için gereken bahaneyi sağladı. Görünüşte toplar üzerinde çalışmasına rağmen aslında Thompson bir kez daha, bu kez Lord Germain'in hizmetinde casusluk yapıyor ve donanmada karşılaştığı inanılmaz (ama gerçek) yetersizlik ve yozlaşma örneklerini Germain'e kendi siyasal kariyeri lehine kullanabilmesi için rapor ediyordu. Thompson elbette o dönem var olan patronaj sisteminde kendi yıldızının parlamasının Germain'e bağlı olduğunun ve eğer patronu gözden düşerse kendisinin ortada kalacağının gayet iyi farkındaydı. Bu yüzden kendisini sağlama alabileceği bir konum alma hazırlığına girişti.

Bu çerçevede onun rütbesindeki kişilerin sıkça başvurduğu yöntemi izleyerek kendi alayını kurdu. İhtiyaç zamanında ordunun gücünü arttırmak için kral bir ferman çıkartarak bir bireyin gerekli harcamaları üstlenerek alay kurmasına ve kurduğu alayda kıdemli subay olmasına izin verebiliyordu. Pahalı bir süreçti belki ama büyük bir getirisi vardı; savaş sona erdikten sonra alay dağıtıldığında subaylar hem rütbelerini koruyabiliyor hem de ömür boyu yarım maaşa hak kazanıyorlardı. Böylece Thompson kendi adına New York'ta aslında David Murray adlı bir binbaşı tarafından toplanmış olan Kralın Amerikan Süvarilerinin yarbayı oldu. 1781 yılında Thompson'un sözde askerliği aniden gerçek oldu. Bir Fransız casusu Britanya donanma operasyonlarının detaylarıyla birlikte yakalandı ve bilgi kaynağının filonun ayrıntılı bil-

gisine sahip yüksek mevkiden biri olduğu açıktı. Thompson'dan şüphelenilmesine ve bu yönde dedikodular ayyuka çıkmasına karşın kendisine herhangi bir suçlamada bulunulmadı. Gerçeği belki hiç bilemeyeceğiz ama aniden Londra'daki görevinden istifa ederek alayında aktif yer almak üzere New York'a gittiğini biliyoruz. Thompson'un çarpışmalardaki rolü ne şanlı ne de başarılı oldu ve İngilizlerin yenilgisinden sonra 1783 yılında tekrar Londra'ya döndü. Buradaki dostları halen daha onun albaylığa terfisini ayarlayabilecek ve yarım maaşla emekli olmadan önce gelirini ciddi biçimde arttırmasını sağlayabilecek bir etkiye sahiptiler. Terfisinden hemen sonra üniformalı bir portresini Thomas Gainsborough'a yaptırmayı da ihmal etmeyecekti.

Yeni ünvanıyla Albay Thompson şansını bu kez Avrupa kıtasında denemeye karar verdi. Olasılıkları tartmak için kıtayı birkaç ay turladıktan sonra albenisi, şansı ve askerlik hizmetine ilişkin anlattığı abartılı hikâyelerin bileşimi, ona Münih'te Bavyera Elektörü Carl Theodor'a emir subayı olarak hizmet etmenin kapısını açtı. En azından kendisine bir makam sunulmuştu. Bavyera hükümdarlığının diğer üyelerini gücendirmekten kaçınmak amacıyla kendisine üstü kapalı olarak İngiliz kralı III. George'la arasının iyi olduğunu gösterebilirse bunun faydalı olacağı söylendi. İngiliz ordusunda bir albay olarak yabancı bir güce hizmet etme izni almak için zaten Londra'ya dönmesi gerekiyordu. Londra'da Thompson bu kez kralı kendisine şövalyelik ünvanı verilirse bunun çok faydası olacağına ikna etti. İsteği layığıyla yerine getirildi. Thompson istediğini hemen her zaman alan biri oldu ama bu etkileyici başarının arkasında aslında Fransa'da (1784'te) gelişen politik durum ışığında Britanya'nın Bavyera'yla ilişkilerini geliştirme isteği vardı. Bu arada Sir Benjamin'in Thompson'a İngilizler için Bavyeralılar aleyhine Viyana'daki İngiliz elçisi Sir Robert Keith'e gizlice rapor vererek casusluk yapmasını önermesi, geçmişini gözettiğimizde hiç de şaşırtıcı olmayan bir kesinliktedir.

Thompson'un Konveksiyon Konusundaki Düşünceleri

Thompson düşük moral ve zayıf teçhizata sahip, neredeyse düzensiz bir güruh denebilecek bir orduyu bilimsel ilkeleri uygula-

yarak (bir savaş makinesi olmasa da) etkili ve mutlu bir makineye dönüştürmesi sayesinde olağanüstü bir başarı elde etti. Görünüş itibariyle yerine getirilmesi olanaksız olan görevi, bunu Elektörün fazla parasını harcamaksızın başarmaktı ve hedefine bilimin uygulanmasıyla ulaştı. Askerler üniformaya ihtiyaç duyuyordu, Thompson giyim için maliyet yönünden en etkin seçimi yapmak amacıyla ısının çeşitli malzeme türleri tarafından iletilme biçimi üzerinde çalıştı. Bu arada deneylerinde kullanılan büyük bir termometre içindeki sıvının (alkolün) tüpün ortasında yükselip kenarlarda düştüğünü fark ederek kazara konveksiyon akımlarını keşfetti.[9] Askerlerin beslenmesi gerekliydi, o da beslenme konusunu çalıştı ve askerlerin nasıl hem ekonomik hem de sağlıklı beslenebileceğini buldu. Üniformaların yapımı için Münih sokaklarını bütün dilencilerden temizleyerek hepsini (o günün şartlarına göre) iyi makineler kullanılan temiz atölyelere yerleştirdi, eğitimlerini tamamlamalarını sağladı, küçük çocukların bir tür okula gitmelerini zorunlu kıldı. Birlikleri en az harcamayla en çok besin sağlama amacıyla özel bir besin çorbasıyla beslemeye karar verdi; o dönemde Avrupa'nın bu bölgesinde nadiren kullanılan bir sebze olan patatese dayalı bu çorbanın malzemesi için her barakanın kendi mutfağında kullanılmak üzere kendi bahçesinde kendi sebzelerini yetiştirmesini sağladı. Bu askerlerin ordudan ayrıldıklarında işlerine yarayabilecek beceriler edinmelerini sağlayan faydalı bir çalışmaydı ve moralin yükselmesine büyük katkı sağladı. Hâttâ Münih'te eskiden Elektör'ün özel geyik parkı olarak kullanılan alanda kurulan bir askeri sebze bahçesi, büyük bir halka açık parka çevrilerek İngiliz Bahçesi adıyla ün kazandı ve Thompson'un halk tarafından sevilen biri haline gelmesinde rol oynadı.

Yaptığı çok sayıda icadın içerisinde açıkta yakılan ateşlerin yerini alan ilk kapalı mutfak kuzinesi, arazide kullanılabilen taşınabilir ocaklar, geliştirilmiş lambalar ve (daha ileride) verimli çalışan kahve cezvesi tasarımları vardı. (Çaydan hayatı boyunca ağzına sürmeyecek derecede nefret eden Thompson alkole sağlıklı bir alternatif olarak kahve kullanımının arzulu bir teşvikçisiydi.) Maiyetteki resmi konumu onu Bavyera'da Elektör'den sonraki en

[9] Bu ifade 1834'de William Prout (1785–1850) tarafından ortaya atılmıştır.

güçlü kişi kılıyordu ve aradan fazla zaman geçmeden (eşanlı olarak) savaş bakanı, polis bakanı, devlet konsey yöneticiliği ve saray nazırlığı makamlarıyla birlikte tümgenerallik rütbesinin sahibi oldu. 1792 yılında Elektör en güvendiği emir subayını şereflendirmenin yeni bir yolunu buldu. O dönemde Kutsal Roma İmparatorluğunun son kalıntıları, merkez Avrupa devletlerinin gevşek bir koalisyonu olarak sadece törensel bir rolü olan "İmparator"uyla birlikte halen ayaktaydı. O yıl İmparator II. Leopold öldü ve bir dizi taç sahibi baş, onun yerine geçecek kişiyi seçmek için toplandığında Carl Theodor o sırada işleyen dönüşümlü yönetme sistemi gereği emaneten Kutsal Roma İmparatoru oldu. Tacın sahibi olduğu 1792 yılının 1 Mart ile 14 Temmuz tarihleri arasında beğendiği kişileri soylu ilan etmeye yetecek zamana sahipti ve bunlar arasında yer alan Tümgeneral Sir Benjamin Thompson da Kont Rumford haline geldi. (Almanca adıyla Graf von Rumford, Amerikalı-İngiliz bir bilim insanında nadir rastlanabilecek bir ünvandı.)[10]

Bu örnekte de görüldüğü gibi (bundan sonra kullanacağımız ismiyle) Rumford halen daha Elektör'ün mavi gözlü çocuğu olmaya devam etse de, bir yabancı olarak bu kadar kısa sürede bu kadar yükselmiş biri olması ona sarayda çok sayıda düşman kazandırmıştı. Carl Theodor yaşlı ve çocuksuzdu; kaçınılmaz sonun gerçekleşeceği zaman için hizipler arasında konum itibariyle öne geçme çalışmaları çoktan başlamıştı. Rumford zaten sosyal merdivende daha fazla yükselme basamağı pek fazla kalmayacak oranda başarılı olmuştu. 39 yaşına gelmişti ve genellikle Sally adıyla çağrılan kızı Sarah'tan beklemediği biçimde bir mektup alınca aklına Amerika'ya dönme olasılığı geldi. Rumford'un karısı bir süre önce ölmüş ve Sally babasının adresini Loammi Baldwin'den almıştı.

Fransızlar Kasım 1792'de Rheinland'ı işgal edip Belçika'yı ele geçirdiklerinde savaş Bavyera'yı içine çekmeye başlayınca gerçekten bitkin durumda olan Rumford pes etti ve kafasındaki he-

[10] 1806 yılı Ağustos ayında son imparator II. Francis, Napoléon savaşlarının yan etkisi nedeniyle tahttan çekilip sadece Avusturya'nın I. Francis'i olunca Kutsal Roma İmparatorluğu nihayet sona erdi. Geride Rumford var olmayan bir imparatorluğun kontu olarak kaldı.

deflere uygun olduğu için sağlığının bozulmasını resmi bahane olarak kullanarak İtalya'ya doğru yola çıktı. İtalya'daki ikameti kısmen tatil, kısmen bilimle ilgilenme fırsatı (Volta'yı elektrik etkisi altında kurbağaların bacaklarının nasıl oynadığını gösterirken izledi ve Kraliyet Derneğinin sekreteri ve Henry Cavendish'in arkadaşı Sir Charles Blagden'le buluştu), kısmen de bir romantik cilveleşme olanağıydı. (Rumford kadın arkadaştan yana asla kıtlık çekmedi; metresleri oldu, bunların içerisinde birini Elektör'le "paylaştığı", her ikisi de kontes olan iki kız kardeş de yer aldı ve en az iki gayri meşru çocuğun babasıydı.)

Rumford İtalya'da on altı ay kaldıktan sonra 1794 yazında Bavyera'ya, bu kez kendisine bilim alanında bir isim yapma tutkusuyla döndü; onun Henry Cavendish gibi toplumsal beğeni arayışı olmaksızın keşif yapmaktan memnun olan biri olduğu söylenemezdi. Siyasal durum değişmemişti ve Rumford'un çalışmasının dikkat çekmesinin yolu kitabının İngiltere'de, tercihen Kraliyet Derneği tarafından basılmasından geçiyordu.

1795 yılı sonbaharında Elektör ona bu amaçla Londra'ya yapacağı seyahat için altı aylık bir izin verdi. Orada Rumford artık ün kazanmış olmanın yanı sıra üstüne üstlük bir de soyluluk ünvanına sahip bir bilim ve devlet adamı olarak tam havasını buldu ve altı ayını neredeyse bir yıla kadar uzattı. Her zaman yaptığı gibi yine işi, kendi reklamını yapmayı, bilimi ve keyfi birleştirdi. Kışın Londra'nın üzerine çöken duman tabakasına şaşırıp ısı iletimi bilgisini daha iyi ocak ve şömineler tasarlamak için kullandı. Bacanın arkasına eklenen bir çıkıntı veya pervaz sayesinde bacanın içine giren soğuk hava bu çıkıntıya takılıyor ve yönü değiştirilerek odanın içerisine duman bulutları yollamaksızın içeriden gelen sıcak havayla birleşiyordu. (Daha sonrasında buharla çalışan merkezi ısıtma sistemleri geliştirme konusunda da çalıştı.) Rumford 1796 yılında kendisini yüceltme amacının da etkisiyle ismini ebedileştirmek üzere (hakkını da yemeyelim, bu kez kendi parasını kullanarak) ısı ve ışık alanlarındaki başarılı çalışmaların ödüllendirilmesi için biri Amerika biri Britanya için olmak üzere iki ödül madalyası verdi. Aynı yıl Amerika'daki Sally'yi yanına getirdi. Her ne kadar başlangıçta onun ince zevkli Kont Rumford için sosyal bir utanç kaynağı olan, sömürge ülkelerde yaşayanlara özgü köylü saflığından şoka

uğrasa da, kalan yaşamlarını hemen tamamıyla beraber geçirdiler.

Rumford 1796 Ağustosunda kısmen siyasal durum onun lehine geliştiği için (Carl Theodor'un muhtemel varisi bir Rumford destekçisiydi), kısmen de Bavyera'nın (hâttâ doğrudan Münih'in) muhalif Avusturya ve Fransa ordularının[11] arasında kalmasından dolayı karşılaştığı askeri tehdit nedeniyle tekrar Münih'e çağrıldı. Bunun nedeni Rumford'un büyük bir askeri lider olduğunun düşünülmesi değil, günah keçisi olmaya uygun bir kişi olmasıydı; önde gelen hemen herkes Münih'ten kaçmış ve bu yabancıyı şehir komutanı olarak bırakmıştı, bu da şehir işgale uğradığında kabağın onun başına patlaması anlamına geliyordu. Fazla zaman geçmeden Avusturyalılar gelip kentin bir tarafında kamplarını kurdular. Ardından Fransızlar geldi ve kamplarını şehrin diğer tarafına kurdular. Her iki ordu da karşı tarafın sahip olmaması için kenti işgal etmeye kararlıydı. Rumford iki kamp arasında mekik dokuyup zamana oynayarak Fransızlar aşağı Ren bölgesindeki başka bir ordularının yenilgisinin ardından kentten çekilinceye dek herhangi bir çatışma çıkmamasını sağladı. Rumford her zamanki gibi tereyağından kıl çeker gibi aradan sıyrılmıştı. Elektör geri dönünce ödül olarak Rumford'u Bavyera polisinin komutanlığına atadı ve babasına eşlik etmiş olan Sally'yi kontes ilan etti. Buradan ek bir gelir getirisi çıkmadı, hâttâ Rumford'a kont olduğu için verilen maaşın ikisi arasında eşit olarak bölüştürülmesi sonucu doğdu. Yine de ödül olarak generalliğe yükseltilmişti.

Bu beklenmeyen başarı Rumford'u muhalefet içerisinde daha da sevilmeyen biri haline getirdi ve Rumford yönetsel görevlerini bırakıp yoluna devam etmek ve bu dönemdeki en önemli bilimsel çalışmasını yapmak için daha da istekli hale geldi. Elektör bile Rumford'u tutmaya devam etmekle kendi konumunu zayıflattığının farkına varmıştı ancak ne yapabilirdi? Saygınlığını koruyan bir çözüm, 1798 yılında Carl Theodor'un Kont Rumford'u St. James Maiyetine Tam Yetkili Bakan (kısacası Britanya elçisi) olarak atamasıyla bulunmuşa benziyordu. Rumford eşyalarını toplayıp Londra'ya gitti. Vardığında III. George'un onun güven mektubunu bir Britanya vatandaşı olarak yabancı bir devleti temsil edemeyeceği bahanesiyle kabul etmeye hiç niyetinin olmadığını

[11] Bu dönemde Avusturya elbette merkez Avrupa'nın en büyük gücüydü.

gördü. Bunun asıl nedeni muhtemelen III. George'un bakanlarının Rumford'dan hoşlanmıyor oluşuydu, onu bir sonradan görme olarak değerlendiriyor ve eski çift taraflı casusluk uğraşlarını halen hatırlıyorlardı.

Nedeni ne olursa olsun, sonucu bilim için hayırlı oldu. Rumford bir kez daha Amerika'ya dönmeyi düşündü ama sonunda Londra'da kaldı ve (elbette kendi çalışmalarına öncelik tanıyacak) bir müzeyle beraber araştırma ve eğitim faaliyetlerini kendisinde birleştiren bir kurum oluşturma planına girişti; bunun sonucu Kraliyet Kurumunun [Royal Institution (RI)] kurulması oldu. Gereken parayı üye aidatlarından toplayarak (bu onun zenginlerin ellerini ceplerine atmaları için her zamanki etkileyiciliğini kullanması anlamına geliyordu) RI'ın 1800 yılında kapılarını açmasını sağladı. İlk dersler Glasgow'dan gelen ve RI'da doğa felsefesi profesörü ünvanı verilen bir hekim olan Thomas Garnett tarafından verildi. Rumford becerilerinden etkilenmediği için Garnett işinde fazla uzun kalamadı, 1801 yılında onun yerini yeni yeni ünlenmeye başlamış bir genç adama verdi. Humphry Davy bilimin halk tarafından anlaşılmasında RI'ın büyük bir başarıya ulaşmasını sağlayan kişi olacaktı.

Davy'yi atadıktan kısa bir süre sonra Rumford, Carl Theodor'un yerini yakın zamanda almış olan yeni Elektör Maximilian Joseph'e saygılarını sunmak üzere Münih'e gitti. Sonuç itibarıyla halen maaşını Bavyera devletinden alıyordu ve Maximilian Münih'te de RI'a benzer bir kurumun kurulması projesinin ilgisini çektiğini ifade etmişti. Orada birkaç hafta geçirdikten sonra Rumford Londra'ya dönüş yoluna çıktı. Yolda uğradığı Paris'te hak ettiğini düşündüğü bir tezahüratla karşılandı ve kader yolunu Lavoisier'in artık kırklı yaşlarının başında olan dul eşiyle birleştirdi (bu arada Rumford da kırklı yaşlarının sonuna ulaşmıştı).[12] Tüm bunların ardından Londra artık hiç çekilmez olmuştu. Rumford işlerini ayarladı, eşyalarını topladı ve 9 Mayıs 1802 tarihinde kıtaya yerleşmek üze-

[12] Giyotinin mucidi Joseph Guillotin'le de tanıştı, ancak bu karşılaşma büyük ihtimalle Madame Lavoisier'le aynı sosyal ortamda gerçekleşmedi. Rumford, Monsieur Guillotin'i "çok ılımlı, nazik, insancıl bir adam" olarak betimledi; onun makinesini asılmaya oranla daha az acı çektiren bir alternatif olarak icat ettiğini hatırlatalım.

re İngiltere'den tamamen ayrıldı. Münih'e başka seyahatleri de oldu, 1805 yılında Avusturya bölgeyi ele geçirip Elektör kaçınca bunlar da sona erdi. Rumford hep fırtına kopmadan önce gidişatı sezmek gibi öngörüye sahip olmuştu; kalbi şimdi Paris'te Madame Lavoisier için çarpıyordu. Beraberce genişletilmiş bir Bavyera ve İsviçre turuna çıktılar ve 1804 baharında Paris'te bir eve yerleştiler. Evlenme kararı aldılar ama teknik bir sorunla karşılaştılar. Rumford'un Amerika'dan karısının öldüğünü kanıtlayan belgeleri alması gerekiyordu ancak savaşın kızıştığı ve Fransa'nın İngilizlerin ambargosuna uğradığı koşullarda bu kolay değildi. İşler nihayet evlendikleri ve neredeyse derhal (yaklaşık dört yıl süren evlilik öncesi büyük bahtiyarlığın ardından!) birbirlerine uyumsuz olduklarını fark ettikleri 24 Ekim 1805 tarihine dek ötelendi. Rumford sessiz bir yarı emeklilik ve bilim hayatına hazırken, karısı partiler ve dolu dolu bir sosyal bir yaşam istiyordu. Birkaç yıl sonra ayrıldılar ve Rumford son yıllarını Paris'in dışındaki Auteil'deki bir evde kendisini Victoire Lefèvre adlı başka bir metresle avutarak geçirdi. Charles adında 1813 Ekim ayında doğan bir oğulları oldu, aradan bir yıl geçmeden 21 Ağustos 1814 tarihinde Rumford 61 yaşında öldü. Sally Rumford 1852'ye dek yaşadı ancak hiç evlenmedi ve adını Rumford olarak değiştirmesi şartıyla Charles Lefèvre'in oğlu Amédé'ye yüklü bir miras bıraktı. Soyunu sürdürenler halen bu ismi taşımaktadır.

Isı ve Hareket Üzerine Düşünceleri

Benjamin Thompson / Kont Rumford'un öyküsü ne kadar büyüleyici olursa olsun eğer Rumford ısının doğasına ilişkin kavrayışımıza gerçekten önemli bir katkı yapmamış olsa bilim tarihinde bir yer tutamazdı. Bu katkı 1797'de Münih'te yaptığı çalışmasıyla geldi. Kenti "savunmasının" ardından sahip olduğu çok sayıdaki sorumluluğun arasında metal silindirlerden savaş toplarının yapıldığı Münih cephaneliğinin yönetimi de vardı. Rumford hayatı boyunca Newton gibi bir kuramcıdan ziyade daha çok James Watt kalıbına yakın, son derece pratik bir adam, kâşif ve mühendisti. Esas bilimsel ilgi alanı olan ısının doğası, on sekizinci yüzyılın ikinci yarısında halen daha bir muamma durumundaydı. Bilim

çevrelerinde revaçta olan model, ısının kalorik adı verilen bir sıvıyla bağlantılı olduğu fikriydi. Her cismin kalorik sahibi olduğu düşünülüyordu ve bir cisimden kalorik kaybı yaşandığında kendi varlığını sıcaklığı yükselterek gösteriyordu.

Rumford 1770'lerin sonunda barut deneyleri yaptığı sırada kalorik modele ilgi duymaya başladı. Bir top namlusunun aynı barut miktarı kullanılmasına rağmen gülle yüklenmeden ateşlendiğinde gülle yüklenerek ateşlendiği zamana göre daha sıcak olduğunu fark etti. Sıcaklık artışının nedeni kaloriğin serbest kalması olsaydı eğer aynı barut miktarı yakılıyorsa bunun ikisinde de aynı olması gerekirdi, dolayısıyla kalorik modelde bir sorun olsa gerekti.[13] Rakip modeller de vardı. Rumford gençken, ısının ses gibi bir tür titreşim olduğunu öne sürdüğü kimya çalışmasıyla tanınan Hollandalı Herman Boerhaave'ın (1668–1738) çalışmasını okumuştu. O zaman bu modeli daha çok beğenmişti aslında ama insanları kalorik modeldeki noksanlıklara ikna etmesi için neredeyse yirmi yıl sonra toplarla meşgul olmak durumunda kalmasını beklememiz gerekecekti.

Kalorik modelin herkesçe bilinen sürtünmeden ısı doğması olgusunu yüzeysel olarak açıklaması elbette çok kolaydı. Bu modele göre birbirine sürtünen iki yüzeyin basıncı kaloriklerini sıkıştırarak dışarı çıkartıyordu. Top namlusunun içinde metal silindirler, dönmeyen bir burgu ucuna karşı yatay olarak monte edilmişti. Silindirin tamamı (basbayağı atlar kullanılarak) döndürülüyor ve delme yapılırken burgu topu aşağı doğru hareket ettiriyordu. Rumford bu süreci gözlediğinde iki şeyden etkilendi. Birincisi yaratılan ısı miktarı, ikincisi bu ısının kaynağının bitmez tükenmez görünümü. Atlar çalışmaya devam ettikçe ve burgu ucu topun metaliyle bağlantıda olduğu müddetçe ısı yaratılabiliyordu. Kalorik model doğru olsaydı eğer kesinlikle belli bir noktaya gelindiğinde dönen silindirdeki bütün kalorik boşalır ve sıcak olmasını sağlayacak hiçbir şey kalmazdı.

Rumford suyla ıslatılarak odanın ortasındaki bir ipliğe asılmış bir sünger analojisini kurdu. Sünger yavaş yavaş nemini ha-

[13] Modern açıklaması şu: Top ateşlendiğinde patlamadan doğan enerji mermiyi hareket ettirir, dolayısıyla topun içindeki ısıdan dolayı harcanabilecek daha az enerji vardır.

vaya verecek ve en sonunda kuru ve nemsiz olacaktı. Kalorik model buna benziyordu. Oysa ısı bir kilise çanının çalışına daha çok benziyordu. Çanın ürettiği ses çana vurulduğunda "tükenmez"di; çana vurmaya devam ettiğiniz müddetçe kendisine özgü sesi çıkarmaya devam ederdi. Rumford ateşlemeden önce kesilip atılmak üzere tutumlu bir davranışla artmış dökme metalleri top namlusuna uzantı olarak kullanarak ne kadar ısı üretildiğini ölçmeye koyuldu; küt bir burgu ucu kullanması deneyi daha da etkileyici kılıyordu. Metal silindiri suyla dolu tahta bir kutunun içine yerleştirerek suyun kaynamasının ne kadar süreceğine bakarak serbest bırakılan ısıyı ölçtü ve gelen ziyaretçilerin hiç ateş kullanılmadan bu kadar büyük miktardaki soğuk suyun hızla kaynar hale gelmesinden doğan şaşkınlıklarının keyfini çıkardı. Şüphesiz bu kendisinin de işaret ettiği üzere suyu ısıtmak için iyi bir yol değildi. Atların beslenmesi gerekiyordu ve eğer gerçekten su kaynatmak istiyorsanız atlardan vazgeçip yedikleri samanla suyu ısıtmak daha etkin bir yol olurdu. Üzerinde fazla düşünmeden ettiği bu sözle, aslında enerjinin korunumu ve bir biçimden diğerine nasıl dönüştürülebileceğini anlamanın kıyısına kadar gelmişti.

Rumford deneyi tekrar tekrar yaparak (sıcak suyu boşaltıp yerine soğuk su koyarak), bu yolla sürtünme sonucu yaratılan ısının kullanılmasıyla, aynı miktarda suyu kaynatmak için gereken sürenin her zaman aynı olduğunu buldu. Kaloriğin süngerdeki suya benzer şekilde tükendiğine ilişkin hiçbir işaret yoktu. Aslına bakarsanız bu deneyler bu şekilde tükenmeyen bir ısı kaynağının yaratılabileceğine mutlak kanıt oluşturmaz, çünkü gerçek manada sonsuza kadar devam eden bir şey yoktur; yine de çok ikna ediciydi ve o dönem kalorik modele büyük bir darbe olarak değerlendirildi. Farklı sıcaklıklardaki çeşitli sıvılar içeren ağzı kapalı şişeler kullanarak yaptığı bir dizi deney sonucunda bir cisimdeki "ısı miktarı" ile kütlesi arasında bir bağlantı olmadığını, dolayısıyla cisim soğutulduğunda veya ısıtıldığında maddi hiçbir şeyin içeri veya dışarı akamayacağını gösterdi. Rumford ısının *ne olduğunu* gösterdiğini iddia etmedi, *ne olmadığını* gösterdiği iddiasındaydı. Şunu da belirtiyordu:

> HAREKET haricinde, herhangi bir şeyin bu deneylerde ısının uyarıldığı ve ulaştırıldığı gibi uyarılma ve ulaştı-

> rılma kapasitesine sahip olabileceği konusunda net bir fikir oluşturmak, bana olanaksız değilse bile son derece zor görünüyor.[14]

Bu cümle, çağımızda bir maddenin içerisindeki bağımsız atom ve moleküllerin hareketi ile ısı arasında kurulan bağlantıyla uyumlu görünüyor; ancak elbette Rumford'un ısıyla bağlantılı ne tür bir hareket gerçekleştiği konusunda en ufak bir fikri yoktu ve ifadesi göründüğü kadar ileri görüşlü değildir. Öte yandan bu gibi deneylerden elde edilen kanıtlar on dokuzuncu yüzyılda atomlar fikrinin yerleşmesine yardımcı olmuştur. On dokuzuncu yüzyılda bilimin bu kadar hızlı gelişmesinin nedenlerinden biri de, 1790'lı yılların sonunda eski geleneğin en kör takipçileri haricinde herkesin gözünde flojiston ve kalorik gibi fikirlerin tam anlamıyla bitmiş ve terk edilmiş olmasıdır.

James Hutton: Jeolojide Tekbiçimcilik Kuramı

Aslında on sekizinci yüzyılın son on yıllarında insanın uzay ve zamandaki yerinin anlaşılması açısından en önemli gelişme, dünyayı şekillendiren jeolojik süreçlerin giderek daha fazla anlaşılmasıydı. Hikâyenin ilk versiyonu büyük oranda tek bir adam tarafından derlendi: İskoçyalı James Hutton. On dokuzuncu yüzyılda onun izinden ilerleyen kişiyse Charles Hyell oldu. Hutton 3 Haziran 1726'da Edinburgh'ta doğdu. Edinburg kentine şehir haznedarı olarak hizmet eden bir tüccar ve aynı zamanda Berwickshire'da mütevazı bir çiftlik sahibi olan William Hutton'un oğluydu. Babası James çok küçükken ölünce yetiştirilmesini sadece annesi üstlendi. Edinburgh'taki bir liseye gitti ve 17 yaşında bir avukatın yanında staja başlamasının öncesinde aynı yerdeki üniversitede edebiyat ve beşeri bilimler dersleri aldı. Hukuka yatkınlığı olmadığı ortaya çıktı ve kimyaya öyle derin bir ilgi gösterdi ki, bir yıl içerisinde tekrar üniversiteye dönerek tıp eğitimi almaya başladı (o dönemde Joseph Black gibi kişilerde de örneklendiği üzere kimyaya en yakın dal buydu). Edinburgh'ta üç yıl daha geçirdikten sonra Hutton önce Paris'e ardından Leiden'e gitti ve burada 1749

[14] Brown'dan alıntılanmıştır.

yılı Eylülünde tıp doktoru ünvanını aldı; ancak hiç doktorluk yapmadı (zaten muhtemelen doktorluk yapmayı da hiç düşünmemişti, bu onun için kimya çalışmanın bir aracıydı sadece).

Berwickshire'daki çiftlik de Hutton'a miras kalanlar içerisindeydi, bu yüzden Britanya'ya dönüşü sırasında modern çiftçilik yöntemlerini öğrenmesi gerektiğine karar verdi. Son gelişmeleri öğrenmek için 1750'li yılların başlarında önce Norfolk'a ardından Felemenk bölgesine[15] gitti, ardından yönünü tekrar İskoçya'ya çevirdi ve burada öğrendiği teknikleri uygulayarak taş ve kayayla dolu fazla umut vaat etmeyen çiftliğini verimli çalışan üretken bir yer haline getirdi. Açık havada yaptığı bu çalışmalar onda jeolojiye bir ilgi uyandırdı, ayrıca kimyaya olan ilgisini de devam ettirdi. Kimyanın kendisine beklenmedik bir getirisi de oldu: Yıllar önce John Davie adlı bir arkadaşıyla beraber keşfettikleri bir teknik, Davie tarafından geliştirilerek başarılı bir endüstriyel süreç izlenmesiyle önemli bir kimyasal madde olan nişadırın bildiğimiz baca kurumundan üretilmesinde kullanıldı. (Amonyum klorür başka şeylerin yanı sıra özellikle pamuklu dokumaların renklendirilmesi ve desenlendirilmesinde kullanılır.) 42 yaşındaki Hutton (hiç evlenmedi) 1768 yılında nişadır üretiminden gelen hak payının parası cebinde, çiftliğini kiraya verdi ve kendisini bilime adamak üzere Edinburgh'a taşındı. Kendisinden sadece iki yaş genç olan Joseph Black'le çok yakın bir arkadaşlık kurdu ve 1783 yılında kurulan Edinburgh Kraliyet Derneğinin kurucu üyesi oldu. Onu bugün tanımamıza en çok katkı sağlayan şey ise dünyanın din adamlarının ortaya attığından çok daha uzun bir süredir, hâttâ belki ezelden beridir var olduğunu ileri sürmesi oldu.

Görünür dünya üzerine yaptığı çalışmalar sonucunda Hutton, yerkürenin bugünkü görünümünü açıklamak için büyük şiddetteki olaylara (kutsal kitaplardaki Tufan gibi) ihtiyaç olmadığına karar verdi. Elde yeterli zaman olabilse gördüğümüz her şeyin bugün etrafımızda gördüğümüz süreçlerle açıklanması mümkün olabilirdi; dağlar erozyonla aşınıyor ve çökeltiler deniz tabanını oluşturuyor, ardından bugün gördüğümüz türden tekrarlanan

[15] *İng.* Low Countries (Çukur Ülkeler): Tarihsel olarak bugünkü Hollanda'dan farklı ve daha geniş bir bölgeyi (Hollanda, Belçika ve Lüksemburg topraklarını içeren) ifade eder –çn.

depremler ve vokanik aktivitelerle yeni dağları oluşturmak üzere yukarı kaldırılıyorlardı; bunların sebebi yeni sıradağların bir gecede oluşmasına yol açan dev depremler *değildi*. Bu tekbiçimcilik [*uniformitarianism*] ilkesi olarak adlandırıldı: Aynı düzgün süreçler her zaman işliyor ve dünya yüzeyini bir süreklilik içerisinde biçimlendiriyordu. Dünyanın gözlemlenen özelliklerinin açıklanması için ara sıra gerçekleşen büyük şiddetli olaylara başvurmaya ihtiyaç duyan fikre de afetçilik [catastrophism] denildi.[16] Dönemin jeolojik kabulü afetçilik ile Neptüncülüğün bir bileşimiydi, bayraktarlığını Prusyalı jeolog Abraham Werner'in (1749–1817) yaptığı bu fikir de dünyanın daha önce tamamen suyla kaplı olduğu iddiasındaydı. Hutton'un düşünceleri bunların ikisine de ters düşüyordu. Gerekçelerini özenle formüle etti ve 1785'te Edinburg Kraliyet Derneğinde okunan ve 1788'de bu derneğin *Transactions*'ınında yayımlanan iki makaleyle etkileyici bir tekbiçimcilik savunusu yaptı. (İlk makale Derneğin 1785 Mart toplantısında Black tarafından okundu; ikinci makaleyi bizzat Hutton Mayıs ayında elli dokuzuncu yaş gününden birkaç hafta önce okudu.)

Hutton'ın düşünceleri 1790'ların başında Neptüncüler tarafından ağır (ancak iyi temellendirilmemiş) itirazlarla karşılandı ve bu eleştirilere yanıt olarak Hutton, artık altmışlı yaşlarında ve sağlığı bozuk olmasına rağmen dayandığı gerekçeleri geliştirerek bir kitap biçimine taşıdı ve *Theory of the Earth* [*Dünya Kuramı*] 1795 yılında iki cilt olarak yayımlandı. 26 Mart 1797 tarihinde yetmiş bir yaşında ölmeden önce halen üçüncü bir cilt üzerinde çalışmaktaydı. Ne yazık ki zengin gözlem olgularıyla desteklenmiş özenli bir gerekçelendirmeye gitmesine karşın, kitapta birkaç çarpıcı örnek de olmasına rağmen Hutton'un yazım stili anlaşıl-

[16] Her iki kavram da rakip fikri çürütmek isteyen kişilerce halen kötüye kullanılmaya devam ediyor; karışıklığın en önemli yönü de şu: Dünya tarihi o kadar uzundur ki insanın zaman ölçeği açısından nadir görülen dramatik olaylar da (bir göktaşının dünyaya çarpması gibi), kelimenin gerçek anlamıyla afet niteliğinde olan olayların gerçekleşmesi de gezegenin tarihi göz önüne alındığında aslında normal ve jeoloji terminolojisi açısından tekdüzedir. Bu bir perspektif sorunudur. Sadece bir gün yaşayan bir kelebek için gece olması afettir, bizim içinse rutin. Yeni bir buz çağı bizim için tam bir afet ya da felakettir, dünya gezegeni için ise sadece bir rutin.

maya kapalı bir biçim taşıyordu. Bu güzel örneklerden biri Roma yollarının tüm doğal erozyon süreçlerine maruz kalmış olmasına rağmen, yapımından 2000 yıl kadar sonra bile Avrupa'da halen görülebiliyor olmasıydı. Hutton net bir biçimde, doğal süreçlerin dünya yüzeyinde değişiklikler yaparak çağımızdaki görünüme ulaşmamızı sağlaması için gereken sürenin, Kutsal Kitap'taki standart yorumdan çok daha büyük (o dönem 6000 yıl olarak belirtilenden kesinlikle çok daha uzun) olması gerektiğini belirtti. Hutton dünyanın yaşının kavrayışımız ötesi olduğunu düşünüyordu ve en çok tekrarlanan cümlesi de bu oldu: "Bir başlangıç için hiçbir işaret, bir son için hiçbir ihtimal bulamıyoruz."

Yine de kitapta bu tip berrak ifadeler nadir bulunuyordu ve Hutton ölüp de savunamaz hale geldiğinde Neptüncüler ve Wernerciler tarafından uğradığı yeni ve sert saldırıların altında fikirleri, eğer o dönem Edinburgh Üniversitesinde matematik profesörü (daha sonra aynı yerde doğa felsefesi profesörü) olan arkadaşı John Playfair (1748–1819) olmasa, belki de unutulmaya yüz tutacaktı. Bayrağı devralan Playfair 1802 yılında yayımlanan *Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth* [*Huttoncu Dünya Kuramının Örneklerle Açıklanması*] kitabıyla Hutton'un çalışmasının kolay anlaşılır, ustalıklı bir özetine imza attı. İlk kez bu kitap sayesinde tekbiçimcilik ilkesi geniş bir okuyucu kitlesine ulaştı ve belli bir kavrayışa sahip herkes burada ciddiye alınması gereken kanıtlara sahip bir fikir olduğuna ikna oldu. Playfair'in ardından tekbiçimcilik bayrağını alacak kişi Hutton'un ölümünden sekiz ay sonra doğduğu için, Hutton ve Playfair'in ektikleri tohumların çiçek açması için aradan kelimenin gerçek anlamıyla bir kuşak geçmesi gerekecekti.

Kitap 4

BÜYÜK RESİM

9
"Darwin Devrimi"

Charles Lyell: Hayatı – Avrupa seyahatleri ve jeoloji çalışmaları – Principles of Geology'yi yayınlıyor – Lyell'in türler üzerine düşünceleri – Evrim kuramları: Erasmus Darwin ve Zoonomia – Jean-Baptiste Lamarck: Lamarkçı evrim kuramı – Charles Darwin: Hayatı – Beagle yolculuğu – Darwin doğal seçilim yoluyla evrim kuramını geliştiriyor – Alfred Russel Wallace – Darwin'in Türlerin Kökeni'nin yayımlanması

On dokuzuncu yüzyılda bilimde çok sayıda çarpıcı gelişme yaşandı ama bunların içerisinde insan türünün evrendeki yerinin anlaşılması açısından kuşkusuz en önemlisi (kim bilir belki de bütün bilim tarihindeki en önemli fikir), evrim olgusuna ilk kez bilimsel bir açıklama sunan doğal seçilim kuramıydı. Charles Darwin ismi doğal seçilimle sonsuza dek özdeşleşmiştir ve bu doğrudur; ancak iki başka isim daha, Charles Lyell ve Alfred Russel Wallace evrim sahnesinin merkezinde Darwin yer alırken onun iki yanında durmayı hak ediyorlar.

Charles Lyell: Hayatı

Charles Lyell zengin bir aileden geliyordu ve ailenin serveti iki kuşak öncesine, 1734 yılında Forfarshire, İskoçya'da doğmuş yine Charles Lyell isimli büyükbabasına dayanıyordu. Bu Charles Lyell'in babası çiftçiydi ve o ölünce önce muhasebeci çıraklığı

yaptı, ardından 1756 yılında fiziği uygun bir deniz adamı olarak Kraliyet Donanmasına katıldı. Aldığı eğitim onu kaptanın kâtibi, top bir numarası ve ardından subaylık yolunda ilk adım olan deniz subay adayı yaptı. Kaderinde yeni bir Nelson olmak yatmıyordu ve 1766'da kraliyet gemisi *Romney*'in muhasebecisi oldu. Horatio Hornblower'ın ve Patrick O'Brien romanlarının tutkunları gemi muhasebeciliği işinin dürüst bir adama bile ceplerini doldurmak için hangi fırsatları tanıdığını bilirler: Muhasebeci, gemi için malzemelerin alınmasından sorumluydu ve bunları donanmaya üzerine kar payı koyarak satardı; büyükbaba Lyell çoğu muhasebeciden de ileri giderek Kuzey Amerika limanlarındaki donanma gemilerine malzeme sağlayan bir şirketin ortağı oldu. 1767 yılında Mary Beale adlı Cornishli bir kızla evlendi. Mary 1769'da (Londra'da) bir başka Charles Lyell'in doğumunu yaptı, bu Charles jeolog Charles'ın babası olacaktı. 1778 yılında en büyük Charles Lyell, Amiral John Byron'un sekreteri ve onun amiral gemisi olan kraliyet gemisi *Princess Royal*'in muhasebecisiydi. Amerikan Bağımsızlık Savaşı sırasında Byron'un filosunun Fransızlarla girdiği çarpışmanın sonucunda (Britanyalıların savaşı kaybetmesinde Fransız donanmasının isyancılara verdiği desteğin de bir rolü oldu) Lyell çok yüksek bir ödül parası[1] aldı. Bu parayı diğer kazançlarıyla birleştirerek, donanmadan emekli olduktan üç yıl sonra 1782 yılında İskoçya'da, Forfarshire (bugünkü Angus) Kinnordy'de güzel bir malikâneyle birlikte 20 bin dönümlük bir arazi satın almayı başardı. Oğlu yaşlı Lyell'in sahip olduğu yeni toplumsal konuma uygun bir eğitim aldı ve bir yılı aşkın bir süre St. Andrews Üniversitesinde okuduktan sonra 1787 yılında Cambridge, Peterhouse'a geçiş yaptı.

İkinci Charles Lyell oldukça iyi bir eğitim almakla kalmayıp (1791'de mezun olduktan sonra Londra'da hukuk okudu), 1792 yı-

[1] Düşman gemileri ve ganimetler ele geçirildiklerinde devlet tarafından satın alınır (veya piyasada satışa çıkarılır) ve buradan elde edilen gelir çok sıkı uygulanan kurallar çerçevesinde çatışmaya katılan tayfa arasında (elbette en çoğu amirale, en azı tayfalara şeklinde) paylaştırılırdı. Tayfayı aşırı zorluğuna ve düşük ücretlerine rağmen Kraliyet Donanmasında çalışmaya ikna eden ana etmen buydu. Adamların çoğu asla önemli sayılabilecek ödül paraları alamaz, genellikle de hiç ödül olmazdı ama turnayı gözünden vuran pek az kişinin varlığı onları bu işte tutardı.

lında Fransa'da devrim kargaşası yaşanırken yapılan bir Paris ziyaretini de içerecek şekilde uzun bir Avrupa turunun dahil olduğu oldukça iyi bir gezi yaşantısı sürdü. 1794 yılında sahip olduğu Peterhouse üyeliği avukatlığı amaçlayan biri için gayet faydalı bir bağlantıydı ama o babası Ocak 1796'da altmış iki yaşında ölene dek Londra'da kalmayı tercih etti. Artık avukatlık yapmaya ihtiyacı kalmayan ikinci Charles Lyell, aynı yıl Miss Frances Smith'le evlenerek Kinnordy'ye taşındı ve jeolog Charles Lyell 14 Kasım 1797'de burada doğdu.

Charles ve Frances Lyell hiçbir zaman İskoçya'ya kalıcı biçimde yerleşmediler; bebek Charles bir yaşına gelmeden Southampton civarındaki New Forest'ta geniş bir ev ve arazi kiralayarak İngiltere'nin güneyine taşındılar.[2] Genç Charles kendisinden küçük kardeşleriyle beraber burada büyüdü (iki erkek kardeşi ve en az yedi kız kardeşi oldu). New Forest gençlik çağında bölgedeki okula giderken ona botaniğe ve böceklere ilgi duyması için uygun bir ortam sağlasa da, 1810 yılında erkek kardeşi Tom'la beraber Midhurst'te küçük bir kamu okuluna kaydoldu. Tom 1813 yılında deniz asteğmeni olmak için okulu bıraktı, bu durumda Charles'dan en büyük oğlan olarak babasının izinden gitmesi bekleniyordu.

1815 yılında ebeveynleri ve kız kardeşi Fanny'yle beraber İskoçya'yı ziyaret ettikten sonra (günün birinde kendisine miras kalacak mülkü görmeyi de kapsayan genişletilmiş bir seyahat) 1816 yılı Şubatında Charles Oxford'a giderek öğrenciliğin en itibarlı (ve pahalı) "rütbesi" olan beyefendi avam sıfatıyla Exeter College'a başladı. Geleneksel beşeri bilimlerle bağlantılı konularda sağladığı akademik başarıyla ün kazanmış, artık (ancak şimdi) hakkıyla kazandığı sadece bölge papazlarının[3] eğitimi için uygun bir kurum olma şöhretinden kurtulmaya başlayan bir üniversiteye kaydolmuştu. Lyell burada matematiğe yeteneği olduğunu fark etti ve 1816 yılı sonu ya da 1817 yılı başlarında babasının kütüphanesinden okuduğu Robert Bakewell'in *Introduction to Geology* [*Jeolojiye Giriş*] kitabının ardından yerbili-

---

2 İskoçya'daki mülklerini aracıların ellerine bıraktılar.

3 Tam da Lyell'in jeolojiyle ilgilenmeye başladığı 1817 yılında ölen Jane Austen'ın romanlarının sayfalarında bulabileceğiniz türden bölge papazları...

miyle ilgilenmeye başladı. Bakewell Hutton'un fikirlerinin bir savunucusuydu, Lyell Bakewell okuyarak Hutton'un çalışmasıyla tanıştı ve Playfair'in kitabını okuyarak devam etti. Jeoloji diye bir alanın olduğunu ilk kez böyle keşfetti ve ardından 1817 yılının yaz döneminde Oxford'da William Buckland (1784–1856) tarafından verilen bazı mineraloji derslerine girdi. Buckland de kendi payına William Smith'in (1769–1839) öncü çalışmalarından esinleniyordu. Smith, on sekizinci yüzyılın sonu ve on dokuzuncu yüzyılda yaptığı kanal çalışmalarıyla İngiltere'nin kaya yapısıyla ilgilenmeye başlamış bir sürveyan ve o dönemde kesin yaşlarını söylemenin bir yolu olmasa da, farklı katmanların göreli yaşlarının (hangisi daha eski, hangisi daha yeni) tespitinde fosillerin kullanılması alanında bir uzmandı. Bugün "İngiliz jeolojisinin kurucusu" olarak değerlendirilen Smith, Buckland gibi meslektaşlarına önceden iletmiş olduğu bazı materyalleri de kullanarak 1815 yılında İngiltere'nin ilk jeolojik haritasını hazırladı ve yayımladı. Buckland da 1816 yılında Avrupa'da bizzat uzun bir jeolojik araştırma gezisine çıkmıştı, dolayısıyla onun da öğrencilerine aktaracağı, tıpkı bugün evren gözlemleri gerçekleştirmek için en büyük teleskoplardan birini ziyaret amacıyla çıktığı yurtdışı gezisinden dönen bir öğretim görevlisinde olduğu gibi, heyecanlı ilk elden haberler olsa gerekti.

Jeolojiye duyduğu ilgi, bunun onu klasik derslerden alıkoyacağı düşüncesinde olan babasını fazla memnun etmese de, Lyell Buckland'in derslerine girmekle kalmıyor, Britanya'da yaptığı gezilerde (Doğu Anglia ve İskoçya'ya yaptığı yeni ziyaretler dahil) sadece güzel manzaraların tadını çıkarmakla yetinmiyor ve jeolojiyle yatıp jeolojiyle kalkıyordu. 1818 yılının yazında büyük Charles Lyell küçük Charles Lyell dahil ailesini genişletilmiş bir Avrupa turuna çıkardı. Genç Charles (şimdiki gibi) Paris'te bulunan Jardin des Plantes'i ziyaret etme, Cuvier'in numunelerinden bazılarını görme ve fosiller üzerine çalışmalarını kütüphanede okuma şansını buldu (o dönemde Cuvier İngiltere'deydi). Turun İsviçre ve Kuzey İtalya'ya doğru devam etmesi genç adama yeni jeolojik örneklerin tadına, keza Floransa ve Bologna gibi kentlerin kültürel tatlarına bakma fırsatı tanıdı. 1819'da Lyell, 21 yaşında Oxford'dan mezun oldu ve Londra Jeoloji Derneğine üye seçildi.

(Büyük bir onur sayılmaz, çünkü o günlerde jeolojiye amatör bir ilgi duyan her beyefendi üye olabiliyordu, ancak ilgi alanını göstermesi açısından bir veri niteliği taşıyor.) Babasının yolunu takip etmesi için atması gereken ikinci adım hukuk okumak olacaktı; planların değişmesine yardım edecek bir problemin ilk işareti Charles final sınavlarına hazırlanırken geldi: Görmesinde sorun yaşıyor ve baş ağrıları oluyordu.

Bir bölümünde kendisine babasıyla kız kardeşleri Marianne ve Caroline'in de eşlik ettiği bir İngiltere ve İskoçya turunun daha ardından Lyell 1820 Şubatında Londra'da hukuk alanında çalışmaya başladı. Ancak bu kez hemen, el yazısıyla yazılmış belgelerdeki ayrıntılara özen gösterilmesini gerektiren bir meslekte kariyer yapma yeterliliğini sorgulatacak şekilde, gözlerinde daha fazla sorunla karşılaştı. (O çağda elektrik ışığı olmadığını da anımsatalım.) Gözlerine iyileşme şansı tanımak için baba Charles Lyell oğlunu Belçika, Almanya ve Avusturya üzerinden Roma'ya götürdü. Ağustostan Kasıma kadar uzaktaydılar ve bir süre için bu dinlenme işe yaramış gibi göründü. Lyell hukuk işlerine geri döndü ama gözlerindeki sorun devam etti ve 1821 sonbaharında bu kez Bartley, New Forest'deki aile evine uzun bir ziyarete gitti. Aynı yılın Ekim ayında Güney Downs'da dolaşmaya çıkarak Midhurst'teki eski okulunu ziyaret etti ve Lewes, Sussex'te Gideon Mantell'le (1790–1852) tanıştı. Mantell bir cerrah ve birkaç dinozor türü keşfetmiş amatör (ancak çok iyi) bir jeologtu. Lyell Londra'ya ve avukatlık mesleğine geri döndü ama görme sorunları ile jeoloji sevgisinin bileşkesi, mesleğinden resmi olarak ayrılmaksızın avukatlığı bırakmasına ve yeni dostu Mantell'le sohbetleri ve arkadaşlığının da etkisiyle güneydoğu İngiltere'nin jeolojisini ciddi biçimde incelemeye başlamasına sebep oldu.

William Smith gibi insanların çalışmaları sayesinde o dönemde İngiltere ve Galler'in jeolojik yapısı oldukça iyi biliniyordu (bağlantılı jeolojik özelliklerin Fransa'ya uzanımı da haritalandırılıyordu) ve kaya katmanlarının oluştuktan sonra muazzam kuvvetler tarafından kıvrılıp büküldükleri herkes için açıktı. Bu kuvvetlerin ve bir zamanlar deniz yatakları olan yerleri deniz seviyesinin çok üzerine kaldırmış olan kuvvetlerin depremlerle bir ilgisi olduğunu düşünmek gayet doğaldı. Hutton'un bu yöndeki

öngörüsüne karşın genelde kabul gören ve William Conybeare (1787–1857) gibi jeologların savunduğu görüş, bu değişikliklerin kısa ömürlü, şiddetli sarsılmalarla gerçekleştiği ve şu anda dünya yüzeyine etki eden türden süreçlerin bu iş için yeterli olmayacağı yönündeydi. 1820'li yılların başında Lyell halen Hutton'un görüşlerinden daha fazla etkileniyor olsa da bu gerekçelere inandı ve Conybeare'in yazılarından en son jeoloji bulguları konusunda çok şey öğrendi.

Lyell aslında avukatlık çalışmalarını Mayıs 1822'de baroya kabul edilmesine yetecek kadar yürüttü ve daha sonra mahkemelerde (kısa bir süre için ve istikrarsız bir tarzda) dava vekilliği yaptı. 1823 yılındaysa sadece Paris'i bir kez daha ziyaret etmekle kalmadı (bu kez müzmin afetçiliğe hâlâ devam eden Cuvier'le de buluştu), Jeoloji Derneğinin yönetimine de girerek önce sekreterliğini, sonra dış ilişkiler sekreterliğini, çok sonraları da iki dönem başkanlığını yaptı. 1823 yılı yolculuğu bilimsel öneminden ayrı olarak (Lyell Fransız bilimcilerle tanışmasının yanı sıra Jardin'de birkaç derse de katıldı), tarihsel açıdan da önemlidir; çünkü bu Lyell'in Manş Denizini *Earl of Liverpool* adlı bir posta vapuruyla, uygun rüzgârı beklemeye gerek duymadan onu Londra'dan alıp Calais'e sadece on bir saatte getiren bir buharlı gemiyle ilk geçişiydi. Küçük bir teknolojik adım olsa da, bu dünyayı değiştirmek üzere olan küresel ulaşımın hızlanmasının ilk işaretlerinden biriydi.

1825 yılında dava vekili olarak çalışmaya başladığında Lyell'in kişisel yaşamı değişmeye başladı. Kendisinden John Murray tarafından basılan bir dergi olan *Quarterly Review*'a yazması istendi ve Londra'da yeni bir üniversite yapılması teklifi gibi bilimsel konu ve başlıklar üzerine makaleler ve (başlı başına makale niteliğinde) kitap tanıtımları yazmaya başladı. Böylece yazma alanında bir yeteneği olduğu ortaya çıktı, üstüne üstlük *Quarterly* katkıları için ona para da ödüyordu. Lyell'in hukuk işleri çok az gelir sağlıyordu (meslekteki harcamalarını gidermeye yetecek kadar bile kazanıp kazanmadığı belli değil) ve yazmak ilk kez babasından belli düzeyde bir mali bağımsızlık kazanmasını sağlamıştı; babasının bu yönde bir baskısı olduğu söylenemez ama genç adam için yine de önemli bir adımdı bu. *Quarterly* Lyell'in adını daha geniş

bir eğitimli okur kitlesine duyurmuştu ve bu da başka olasılıkların kapısını aralıyordu. Yazar olarak yeteneğini keşfetmesinin ardından 1827 yılının başlarında jeoloji konusunda bir kitap yazmaya karar verdi ve bu projesi için malzeme toplamaya başladı. Kısacası Lyell 1828 yılında en önemli ve en ünlü jeolojik araştırma gezisine çıkmadan önce yazar olarak değerini kanıtlamış ve kitap fikrini oluşturmuş durumdaydı.

Avrupa Seyahatleri ve Jeoloji Çalışmaları

Keşif gezisi, buharlı gemi haricinde ne kadar az şeyin değiştiğini gösterircesine, John Ray'in bir önceki yüzyıldaki büyük botanik gezisine çok benziyordu. 1828 yılı Mayıs ayında Lyell jeolog Roderick Murchison'la (1792–1871) önceden ayarladığı buluşma için Paris'e gitti ve ikisi beraber güneye doğru yolculuklarına başladılar. Auvergne yoluyla Akdeniz kıyısı boyunca kuzey İtalya'ya doğru ilerledikleri yolculuklarında Lyell karşılarına çıkan jeolojik özellikler hakkında kapsamlı notlar tuttu. (Yanında karısı da olan) Murchison Eylül ayı sonunda Padua'dan İngiltere'ye dönerken Lyell kıta Avrupasındaki en yakın deprem ve volkanik aktivite merkezi olan Sicilya'ya geçti. Lyell'in özellikle Sicilya'da gördükleri, dünyanın bugün de işleyen aynı süreçler tarafından çok büyük zaman aralıkları içerisinde şekillendiğine ikna olmasını sağladı. Hutton'un ortaya attığı fikre et but kazandıran Lyell'in bu saha çalışması oldu. Elde ettiği çok sayıda bulgunun yanı sıra özellikle Etna'da deniz seviyesinden "200 metreden daha fazla" yükselmiş ve lav akıntılarıyla ayrılmış deniz yatakları buldu. Özellikle bir yerde:

> Farklı lav akıntılarının akışını birbirinden ayıran aralıkların uzunluğunun çok güçlü bir gösterimi vardı. Bugün yediğimiz türden olduğu gayet net tanımlanabilen istiridyelerden oluşmuş, *en az altı metre kalınlığında* bir [fosilleşmiş] yatak, bir bazalt lav akımının üzerinde dinlenirken görülüyordu. İstiridye yatağının üzerine ayrıca ikinci bir lav kütlesi tüf veya peperinosuyla birlikte eklenmişti.
> ... bu yüce dağın [Etna] ne kadar yaşlı olduğunu unutma hatasına düşmemiz mümkün değildir: Tabanının çember

> uzunluğunun yaklaşık 145 kilometre olduğu düşünülürse, volkanın bugünkü dibini bir lav akımının ortalama yüksekliği kadar kaldırmak için, her biri sona erdiği yerde bir mil genişliğinde olan doksan lav akıntısı gerekir.[4]

Lyell'in kitabının hem jeologlar hem de eğitimli insanlar için bu kadar ufuk açıcı olmasının sebebi, tezini desteklemek için topladığı kanıtların ağırlığı kadar, aynı zamanda bu berrak yazım tarzıydı. Lyell, Etna (ve hâttâ bütün Sicilya) göreli genç olduğu için, orada bulunan bitki ve hayvanların Afrika veya Avrupa'dan göç etmiş ve karşılaştıkları koşullara uyum sağlamış türler olmaları gerektiğini anlamıştı. Gezegenimizin değişen çevre koşullarına uyum sağlanması yoluyla bir şekilde canlı hayata, henüz o bunun nasıl olduğunu söyleyemiyor olsa da, jeolojik kuvvetler tarafından şekil kazandırılmıştı.

Principles of Geology'yi Yayınlıyor

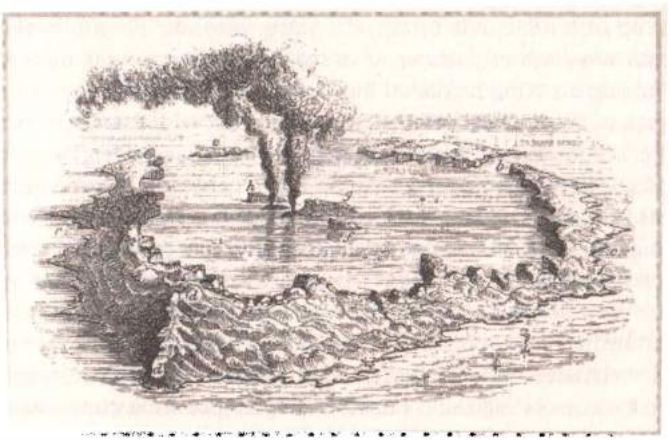
1829 yılının Şubat ayında Lyell Londra'ya döndü ve hukuki belgelerden uzakta, fiziksel aktivitelerin keyfine vararak yaptığı yolculuğun ardından gözleri her zamankinden iyi durumda, derhal kitabı üzerine çalışmaya başladı. Kendi alan çalışmalarının yanı sıra kıta Avrupasındaki çok sayıdaki jeoloğun çalışmalarını geniş biçimde kapsamına alan, bir konu üzerine şimdiye kadar yazılmış en geniş kapsamlı inceleme taslağını üretti. Topladığı malzemeyi kamuoyuna sunmak üzere yaptığı seçim elbette *Quarterly*'nin yayıncısı John Murray oldu ve Lyell matbaaya yollandıktan sonra dahi çalışmasını yeniden yazmaya devam etse de, *Principles of Geology*'nin [*Jeoloji İlkeleri*] (Newton'ın *Principia*'sını andırmak için yapılmış bilinçli bir isim seçimiydi) ilk cildi 1830 Temmuzunda çıktı ve hızla başarı kazandı[5]. Lyell mali konularda sıkça Murray'le tartışsa da, aslında yayıncı o günün ölçütlerine göre yazarına gayet iyi davrandı ve bu kitaptan elde ettiği gelirle Lyell

---

[4] Alıntılar *Principles of Geology*'den, italikler Lyell'indir.

[5] Cildin kapağında altbaşlık olarak "Şu an faal olan nedenlere başvurularak dünya yüzeyinde daha önce meydana gelen değişiklikleri açıklama çabası" yazıyordu. Kitabı alacak olanların aklında Lyell'in amacının idrakı açısından herhangi bir boşluğa yer bırakılmıyordu!

en sonunda, babası bir yandan harçlık vermeye devam etse bile ekonomik bağımsızlığına kavuşmuş oldu. Saha çalışmalarına bir süre daha (bu kez daha çok İspanya'da) devam ettikten sonra, Ocak 1832'de *Principles*'ın ikinci cildi çıktı ve yine çok başarılı olmakla kalmadı, ilk cildin satış rakamlarını da aştı.



28. *Santorini'nin çizimi, kaynak Lyell,* Principles of Geology, *Cilt 2, 1868.*

İki cilt arasındaki gecikmenin tek sebebi saha çalışması değildi. 1831 yılında Londra'daki King's College'da bir jeoloji kürsüsü kuruldu ve Lyell buraya (dünyanın yaşı konusundaki görüşlerinden kaygılanan bazı kilise temsilcilerinin muhalefetine rağmen) atanmayı başararak son derece başarılı dersler verdi (yeni ve cesur bir hamleyle bazı derslerini kadınların da katılımına açık yaptı). Daha karlı bulduğu ve zaman tüketen işler olmadan kendi kendisinin efendisi olduğu yazmaya kendisini adamak için 1833 yılında istifa etti. Bir bilim yazarı olarak (kuşkusuz aile servetinden bir miktar yardım alsa da) geçimini sağlayan ilk kişi oldu.

Dikkatini dağıtan başka şeyler de vardı. 1831 yılında Lyell, Leonard Horner (1786–1864) adlı bir jeoloğun kızı olan Mary Horner'la nişanlandı. Mary eşinin jeoloji tutkusunu paylaşıyordu ve bu Charles'la ilişkisinin alışılmadık biçimde yakın ve mutlu olmasını sağladı. Çift 1832 yılında evlendiğinde Lyell'in babasından aldığı

harçlık yıllık 400 pounddan 500 pounda çıktı, Mary de yıllık 120 pound getirisi olan yatırımlarıyla birlikte geldi. Lyell'in yazmaktan gelen gelirinin artmasıyla birlikte tüm bunlar (ve çocuksuz yaşam sürmeleri gerçeği) çifti maddi olarak rahatlattı ve King's'deki kürsüyü önemli bir para kaynağı olmaktan çıkarıp can sıkıcı ve dikkat dağıtan bir meşgale haline getirdi. Bir de siyaset vardı şüphesiz. 1830 yılının sonunda Britanya'da yarım yüzyıldır süren Tory yönetimi sona erdi ve parlamentoyu reforma tabi tutma vaadinde bulunmuş bir Whig hükümeti başa geldi. Avrupa'da altüst oluşların yaşandığı bir dönemdi ve 1830 yılı içerisinde İngiltere'deki tarım işçileri çiftliklerde yeni makinelerin kullanılması nedeniyle ortaya çıkan işsizliği protesto etmek için ayaklanmışlardı. Devrim havası hissediliyordu ve Fransız Devriminin anıları halen tazeydi. Başlangıçta kırda oldukça popüler olan Whiglerin önerdiği reformlar içerisinde *rotten boroughs* denilen, avam kamarasına birkaç oyla bir vekil yollanmasına olanak sağlayan çürük seçim bölgelerinin kaldırılması da vardı; ancak yasanın çıkarılması lordlar kamarası tarafından engellendi. Bu seçim bölgelerinin çürüklüğü gayet açık olmasına rağmen o zaman da bugün gibi ara seçimler halkın iradesinin önemli bir göstergesi olarak görülüyordu ve 1831 yılı Eylül ayında Forfarshire'da (Charles Lyell Kinnordy'de tatildeyken) kritik bir ara seçim yapıldı. Seçim bölgesinde oy verenlerin toplam sayısı doksandan azdı (bunlar baba Charles Lyell ve oğulları gibi toprak sahipleriydi) ve gizli oy sistemi yoktu. Bütün oylar sayıldı ve herkes kimin nasıl oy verdiğini gördü. Baba Charles Lyell az bir farkla kazanan Tory adayına oy verirken, "bizim" Charles Lyell çekimser kaldı. Bu parlamento reformunun ertelenmesinde kilit bir etmen oldu, öte yandan donanmada yüzbaşı rütbesine ulaşmış ve (Amirallik elbette Whig hükümetinin atadığı kişilerce yönetildiği için) yükselmesi Whig himayesine bağlı olan, ancak kritik bir anda Torylere oy vermiş bir adamın oğlu olarak damgalanmış Tom Lyell'in yükselme planları üzerinde kötü bir etki yarattı.

Lyell'in Türler Üzerine Düşünceleri

Principles'ın nihayet basılan ikinci cildinde Lyell dikkatini türler konusuna çeviriyor ve şu sonuca varıyordu:

> Her türün kökeni, bir ferdin yeterli olduğu durumda, tekil bir çift veya fertte olmuş olabilir ve türler ardı ardına, dünyada tayin edilmiş bir yer işgal etmeleri ve tayin edilmiş bir dönem boyunca var olma ve çoğalmalarını sağlayacak tarzdaki yerlerde ve zamanlarda yaratılmış olabilirler.

Lyell'in o dönemdeki görüşüne göre doğrudan "müdahale eden" bir Tanrının işiydi bu ve Nuh'un Gemisi hikâyesinden pek farklı sayılmazdı. Bu hipotezin, 1830'lardaki fosil kayıtlarından anlaşılmış olan, bir dönem dünyada yaşamış birçok türün soylarının tükendiği ve yerlerini başkalarının aldığı fikrine açık bir biçimde sahip çıktığına dikkat ediniz. Zamanının ruhuna uygun olarak Lyell türümüzün hayvanlar âleminden ayrı ve biricik olduğu değerlendirmesini yaparak insan türüne özel bir yer verdi. Öte yandan türlerin soylarının tükenme nedeninin yiyecek gibi kaynaklar için diğer türlerle rekabet etmesi olduğu fikrini *ileri sürdü*.

Principles'ın üçüncü cildi Nisan 1833'te yayımlandı. Lyell'in yaşamının kalanında yaptığı iş bu kapsamlı kitabı güncellemek, yeniden yazmak ve birbiri ardına yeni baskılar çıkartma çerçevesinde şekillendi; on ikinci ve son baskı ölümünün ardından 1875 yılında yayımlandı, Lyell aynı yılın 22 Şubatında Londra'da kitabının son gözden geçirmelerini yaparken (karısının ölümünün üzerinden iki yıl geçmemişken) öldü. 1838 yılında basılan ve ilk modern jeoloji ders kitabı olarak değerlendirilen *Elements of Geology* [*Jeolojiye Giriş*] kitabı bazı düzeltmeler yapılmakla birlikte esasen *Principles*'a dayanıyordu. Gözden geçirmeler için sergilenen bu isteklilik o dönemde jeolojinin hızla gelişen bir alan olmasından değildi sadece.[6] Lyell'in kitabını güncelleme takıntısının altında bunun, hem doğrudan kitap satışları hem de bilim yazarı olarak güncelliğini koruması ve genel olarak zamanının başta gelen jeoloğu olarak değerlendirilmesi yönleriyle (babası 1849'da, California altına hücum yılında ölene dek kesinlikle) onun temel gelir kaynağı olması gerçeği yatıyordu. Lyell 1848'de şövalye ilan

[6] Aslında gerçekten de hızla gelişmekteydi; bilimdeki heyecanlı olaylar dizisi ve konuya olan popüler ilgi düzeyi açısından yakın bir benzetme olarak, kozmolojinin yirminci yüzyıldaki gelişimiyle bir paralellik kurulabilir.

edildi ve 1864'de (mirasla devredilebilen bir tür şövalyelik olan) baronet oldu. 1833 yılından sonra aktif saha jeoloğu olmaya hiçbir biçimde son vermemiş olsa da, artık otuzlu yaşlarının ortasına gelmiş ve *Principles* ve *Elements*'le bilime kendi damgasını vurmuştu. Dolayısıyla sonraki hayatı üzerine söylenecek (göreceğimiz üzere) Charles Darwin'le ilişkisi haricinde fazla bir şey yoktur. Lyell'in sonraki jeolojik saha gezilerinden sadece dünyanın on dokuzuncu yüzyılda nasıl değiştiğini gösteren birinden bahsetmeye değer. 1841 yazında Kuzey Amerika'ya bir yıl süreli bir ziyarete gitti (buharlı gemiyle elbette) ve burada dünyanın ne kadar yaşlı olduğuna dair yeni jeolojik kanıtlarla karşılaşmakla kalmadı, Niagara Şelaleleri gibi yerlerde doğanın gücünü iş üzerinde gördü. Hoşuna giden bir şey de çok yakın zamana kadar keşfedilmemiş bölgelere ulaşımı yeni demiryollarının ne kadar kolaylıkla sağladığını görmek oldu. Herkese açık, müthiş popüler olan dersler verdi ve kitaplarının Yeni Dünyadaki satışlarını patlattı. Bu deneyimden tekrar üç kez gelecek derecede memnun oldu ve Birleşik Devletler hakkında doğrudan bilgi edinmiş bir kişi olarak (Britanya'da onun sosyal konumundakilerin çoğu Konfederasyonu desteklerken) Amerikan İç Savaşı sırasında açık bir Birlik destekçisi oldu. Yine de sonraki yaşamında yaptığı her şey *Principles*'ın yanında gölgede kaldı; hâttâ *Principles* bile birçok insanın gözünde yazarının teşekkür bölümünde belirttiği gibi Lyell'in kitabına büyük bir borcu olan bir kitabın gölgesi altında kaldı diyebiliriz: Charles Darwin'in *Origin of Species* [*Türlerin Kökeni*] eseri. Darwin *Principles*'ten maksimum faydayı sağlamak üzere doğru zamanda, doğru yerde olan, doğru adamdı. Birazdan göreceğimiz gibi, bunu sadece şanslı bir tesadüf saymak da mümkün değildi.

Charles Darwin sahneye çıktığında evrim fikri açısından herhangi bir yeni olma durumu söz konusu değildi. Bu türden evrimci fikirlerin izi eski Yunana dek sürülebilir ve bu kitabın kapsadığı zaman dilimi içerisinde bile 1620'de Francis Bacon, ondan bir süre sonra matematikçi Gottfried Wilhelm Leibnitz tarafından türlerin değişme biçimi konusunda dikkate değer vurgular oldu. On sekizinci yüzyılda Buffon dünyanın farklı bölgelerindeki değişik türlerin birbirlerine benzemelerine karşın incelikli biçimde farklılaşmış olmalarını hayretle gözlemleyerek Kuzey Amerika bizonunun

kökeninin oraya göç etmiş eski bir Avrupa öküz türünden gelmiş olabileceğini, burada "iklimin etkisinde kalarak zamanla bizonlara dönüşmüş" olabileceğini öne sürdü. Charles Darwin'i (ve Alfred Russel Wallace'ı) farklı kılan, "iklimin etkisi nedeniyle olabilir" gibi muğlâk varsayımlar ortaya atmak yerine, evrimin neden gerçekleştiğini açıklayan akla yatkın bilimsel bir kuramla karşımıza çıkmasıdır. Darwin ve Wallace'dan önce evrimin nasıl işliyor olabileceğine ilişkin en iyi fikir (her ne kadar geçmişe edinilmiş bilginin avantajıyla bakanlar tarafından kimi zaman alay konusu yapılsa da, o dönemdeki bilgi düzeyi göz önüne alındığında gerçekten de iyi bir fikirdir), on sekizinci yüzyılın sonunda Charles Darwin'in dedesi Erasmus ve (ondan bağımsız olarak) on dokuzuncu yüzyılın başında Fransız Jean-Baptiste Lamarck tarafından düşünülmüştür.

Evrim Kuramları: Erasmus Darwin ve *Zoonomia*

Darwin ailesi ile dünyadaki yaşamın gizemi arasındaki bağlantı aslında bir kuşak daha geriye, Isaac Newton dönemine dek gider. Erasmus'un babası Robert Darwin 1682 ile 1754 yılları arasında yaşadı ve avukatlıktan emekli olarak 42 yaşında İngiltere'nin iç bölgelerindeki Elston'daki aile evine yerleşti. Aynı yıl evlendi ve yedi çocuğunun en küçüğü Erasmus 12 Aralık 1731 tarihinde doğdu. Robert aile saadeti sürmeye başlamadan birkaç yıl önce, 1718'te Elston köyünde bir taş tabakasının içerisine gömülmüş alışılmadık bir fosil bulmuştu. Bugün buluntunun Jura dönemine ait bir Plesiosaurus parçası olduğu biliniyor; Robert Darwin fosili Kraliyet Derneğine sundu ve teşekkür amacıyla Derneğin aynı yıl 18 Aralık tarihinde yapılan toplantısına davet edildi ve burada Kraliyet Derneğinin o sıradaki başkanı Newton'la tanıştı. Robert Darwin'in yaşamı hakkında fazla bir şey bilinmiyor ancak çocuklarının (üç kız, dört oğlan) bilim ve doğa dünyası konusunda ortalamadan yüksek bir merak duyulan bir ev ortamında yetiştirildikleri kesindir diyebiliriz.

Erasmus Chesterfield School'da eğitim gördü (okul arkadaşlarından biri o dönemki Devonshire Dükünün ikinci oğlu Lord George Cavendish'ti), ardından 1750 yılında yılda 16 pound getirisi olan bir bursun da yardımıyla Cambridge, St. John's College'e gir-

di. Üniversitenin o dönemdeki vahim durumuna rağmen Erasmus başlangıçta edebiyatta oldukça başarılıydı ve bir şair olarak da ün kazandı. Babası zengin bir adam olmadığı için Erasmus geçimini sağlayacak bir mesleği seçmek durumundaydı. Cambridge'teki ilk yılının ardından tıp okumaya başladı; bu arada o dönemde Queen's College'da özel öğretmenlik yapan John Michell'le de arkadaş oldu. Tıp eğitimi 1753 ve (babasının öldüğü) 1754 yıllarında Edinburgh'ta sürdü, ardından 1755 yılında tıp lisansı derecesini almak için Cambridge'e döndü. Bundan sonra bir süre daha Edinburgh'ta zaman geçirmiş olabilir ama orada tıp doktora derecesi aldığına dair (bu onu bu ünvanı akademik yeterlilikleri listesine eklemekten alıkoymasa bile) herhangi bir kayıt yoktur.

Kâğıt üzerindeki yeterlilikleri ne olursa olsun Erasmus Darwin başarılı bir doktordu ve kısa zaman içerisinde Birmingham'ın 24 kilometre kuzeyindeki Lichfield'da işleri iyi giden bir muayenehanenin sahibi oldu. Bilimsel makaleler yayımlamaya da başladı (o dönemde özellikle buhar, buhar makinelerinin yapılması olasılığı ve bulutların oluşması konularına ilgi duyuyordu) ve 30 Aralık 1757 tarihinde, yirmi yedinci yaş gününden birkaç hafta sonra, on sekizinci yaş gününü kutlamaya birkaç haftası olan Mary Howard'la (Polly) evlendi. Birkaç cephede aynı anda süren tüm bu eylemlilik biçimi, hayatını dolu dolu yaşamış olan Erasmus Darwin'e özgü bir özellikti. Çiftin yetişkinliğine eren üç (Charles, Erasmus ve Robert), bebeklikte ölen iki çocukları (Elizabeth ve William) oldu. İçlerinden tek evlenen Robert'ti (1766–1848) ve evrimle ün kazanan Charles Robert Darwin'in babası oldu. Erasmus'un oğlu olan Charles Darwin onun en büyük oğluydu ve babasının göz bebeği olan zeki bir öğrenciydi. Önünde parlak bir tıp geleceği olduğuna kesin gözüyle bakılırken 20 yaşında Edinburgh'ta tıp öğrencisiyken bir diseksiyon esnasında parmağını kesti ve kaptığı enfeksiyondan (septisemi) öldü. O sırada 1778 yılında genç Erasmus da avukatlık yolunda ilerlemeye başlamıştı, genç Robert ise halen okuldaydı ve babasından çok etkilenerek doktor olmaya karar verdi. Ağabeyinin zekâsına sahip olmamasına ve kan görmekten nefret etmesine karşın başarılı da oldu. Genç Erasmus da görece genç yaşta öldü, 40 yaşında bir kaza veya cinayet sonucunda suda boğuldu.

Polly uzun ve acılı bir hastalığın ardından 1770 yılında ölmüştü. Erasmus'un ilk karısını çok sevmiş ve ölümünden derinden etkilenmiş olmasına kuşku olmamasına rağmen, genç Robert'a bakmak için 17 yaşındaki Mary Parker eve taşındığında kaçınılmaz olan oldu ve Erasmus'tan iki kız çocuğu doğurdu. Kızlara babaları tarafından sahip çıkıldı, anneleri taşınıp evlendikten sonra bile Darwin'in evinde rahat koşullarda bakıldılar ve herkes birbiriyle dostluk çerçevesinde görüştü. Daha sonra Erasmus Darwin Elizabeth Pole adlı evli bir hanıma gönül verdi ve kocası öldükten sonra onun onayını almayı başardı; 1781 yılında evlendiler, beraber sadece biri bebekken ölen yedi çocuk daha yaptılar.

Tüm bunlar ve yürüttüğü doktorluk mesleği bir arada düşünülünce Erasmus Darwin'in bilime pek az zaman ayırabildiğini düşünebilirsiniz. Oysa 1761'de Kraliyet Derneği üyesi oldu, Lunar Derneğinin kuruluşunun arkasındaki esas kişiydi ve James Watt, (John Michell aracılığıyla tanıştığı) Benjamin Franklin ve Joseph Priestley gibi bilim insanlarıyla yakın arkadaşlık etti. Bilimsel makaleler yayımladı, bilimdeki yeni gelişmeleri takip etti ve Lavoisier'nin oksijen konusundaki fikirlerini İngiltere'de kabul eden ilk kişilerden biriydi. Linnaeus'u da İngilizceye çevirdi ("stamen" [erkekorgan] ve "pistil" [dişiorgan] kavramlarını botanik diline kazandırdı). Tüm bu işlerin arasında kanal yatırımlarıyla ilgilendi, dövme demir işlerine yatırım yaptı ve çömlek imalathanesinden servet yapan Josiah Wedgwood'la yakın arkadaş oldu ve beraberce kölelik karşıtı mücadeleye katıldılar. Erasmus'un oğlu Robert Darwin ile Josiah'ın kızı Susannah Wedgwood romantik bir ilişkiye girince her iki adam da bundan çok memnun oldu, ancak Josiah evlenmelerinden bir sene önce 1795 yılında öldü. Susannah'a babasından bugünkü 2 milyon pounda eşdeğer bir miktar olan 25.000 pound miras kaldı; bu birçok başka şeyin yanı sıra oğlu Charles Robert Darwin'in geçimini bir meslekte sağlama gibi bir derdinin olmaması anlamına gelecekti.

Robert ve Susannah'ın evlendiği sırada Erasmus Darwin, bilim tarihinde yer almasını sağlayan çalışması nedeniyle büyük bir şöhret kazanmıştı; öte yandan aslında her şeyin başlangıcı, yeni okuyuculara botaniği sevdirme amacıyla Linnaeus'un fikirlerine dayanarak yazılmış şiirsel bir çalışmaydı. *The Loves of the*

Plants [*Bitkilerin Aşkları*] adlı yapıt uzun bir hazırlık döneminin ardından ilk olarak 1789 yılında (Erasmus 57 yaşındayken) isimsiz olarak basıldı. Erasmus bitkileri gerçekten çekici kılmıştı, yazdıklarıyla çok geniş bir okuyucu kitlesini kendisine hayran bıraktı, hâttâ Shelley, Coleridge, Keats ve Wordsworth gibi şairler üzerinde de bir etki yaratmışa benziyor.[7] Bu başarıyı içinde 2440 dizenin, bir doğa dünyası kitabı hacminde yaklaşık 80.000 kelimelik notla (ifade buysa) desteklendiği *The Economy of Vegetation* [*Bitki Ekonomisi*] izledi. (Genelde *Botanic Garden* [*Botanik Bahçesi*] olarak adlandırılır, doğrusunu söylemek gerekirse bu başlık hem *The Economy of Vegetation* hem de *The Loves of the Plants*'i içeren toplu bir baskının adıdır.) Bunun ardından Erasmus 1794 yılında 200.000 sözcüğe ulaşan düzyazı eseri *Zoonomia*'nın ilk cildini yayımladı, bunu 1796'da ilkinden yüzde 50 daha uzun bir ikinci cilt izledi. Kitabın büyük bölümü tıp ve biyolojiye ayrılmış ve birinci ciltteki kırk bölümden sadece bir tanesi bu konuya ayrılmış olsa da, evrim hakkındaki daha önceki manzum yazılarında üstü kapalı söylenen fikirlerini nihayet *Zoonomia*'nın bu birinci cildinde tam anlamıyla ifade etti.

O dönemdeki sınırlı bilgi durumunun handikaplarını taşısa da, Erasmus Darwin'in evrim konusundaki düşünceleri kaba spekülatif değerlendirme ve genellemelerin çok ötesine uzanır. Türlerin geçmişte değişmiş olduğu yönündeki kanıtlara işaret eder ve bilinçli insan müdahalesi sonucu hem bitki hem de hayvanlarda olan değişikliklerin gerçekleşme biçimine dikkat çeker. Verdiği daha hızlı yarış atları yetiştirme ya da yapay seçilim süreciyle daha verimli ürün alma gibi örnekler, torununun geliştireceği kuramın kilit özelliği olacaktır. Karakteristik özelliklerin anne ve babalardan çocuklara nasıl geçtiğini vurgular ve başka şeylerin yanı sıra karşılaştığı "her ayağında fazladan bir tırnak olan kedi cinsine" dikkat çeker. Farklı canlı türlerinin beslenmesinde farklı adaptasyonların rol oynadığını ayrıntılarıyla anlatır; (Charles Darwin'in söylediklerinin eski bir tınısı daha) "papağan gibi bazı kuşların sert cevizleri kırmak için daha sert gagalara sahip olduğu, serçe gibi bazı kuşların daha sert çekirdekleri kır-

[7] Bu çok şaşırtıcı iddia için Desmond King-Hele'nin Erasmus Darwin biyografisine bakınız. Coleridge Erasmus'u 1796 yılında ziyaret etti.

maya, diğerlerininse daha yumuşak çekirdekleri kırmaya uyum sağlamış gagalara sahip oldukları..." yorumunu yapar. Hepsinden daha çarpıcı olan şudur ki (bir Huttoncu olduğu açık!) Erasmus, dünyadaki bütün yaşamın (insan türünün de buna dahil olduğunu ima ederek) ortak bir kaynaktan gelmiş olabileceği yönündeki inancını ifade eder:

> Dünyanın var olmaya başladığından beri geçen çok büyük zaman süresi içerisinde, insanoğlunun tarihinin başlamasından belki de milyonlarca çağ[8] öncesinde, hayal etmek fazla mı cüretkâr olur bilmiyorum ama tüm sıcakkanlı hayvanların yaşayan tek bir liften doğduğunu ve ona BÜYÜK İLK NEDEN tarafından yeni parçalara sahip olma kudretiyle birlikte yeni temayüllerin katılabildiği bir hayvan doğası bahşedildiğini düşünmek çok mu cesurca olur...

Erasmus için Tanrı halen vardır, ancak o dünyada yaşam süreçlerini başlatan ilk nedendir sadece: Burada zaman zaman müdahale edip yeni türler yaratan bir Tanrıya yer yoktur, kökeni ne olursa olsun yaşamın bir kez var olduktan sonra dışarıdan müdahale olmaksızın doğa yasaları gereğince evrimleşerek uyum sağladığı yönünde net bir yaklaşım vardır.[9] Erasmus evrime yön veren bu doğa yasalarının ne olduğunu elbette bilmiyordu. Onun yürüttüğü fikre göre canlı hayvan ve bitkilerin bünyelerindeki değişiklikler, ihtiyaç duydukları bir şey (örneğin yiyecek) için mücadele etmeleri sonucunda veya yırtıcılardan kaçmak için gerçekleşiyordu. Bu bir haltercinin kas yapmasına benzetilebilir. Erasmus elde edilen bu özelliklerin evrimsel değişikliğe yol açarak elde eden bireyin çocuklarına da geçeceğini düşündü. Örneğin tüylerinin ıslanmasından hoşlanmayan bir kuş, suyla temastan kaçınmak için durmadan kendisini hep yukarı doğru gerecek ve bu yolla bacaklarını çok az bir miktar uzatacaktır. Bu çok az uzun

---

[8] "Çağ" derken Erasmus Darwin muhtemelen yaklaşık yüz yıllık bir süreyi kastetmektedir, dolayısıyla evrimin zaman ölçeği konusundaki görüşleri zamanının çok ilerisindedir.

[9] O dönemde kilisenin halen daha türlerin teker teker Tanrı tarafından yaratıldığını ve yaratıldıktan sonra da sabit ve değişmez kaldıklarını öğrettiğini anımsatalım.

bacaklar çocuklarına geçecek ve bu tekrarlanan süreç çok sayıda nesil sonrasında kuğu gibi bacakları olan bir kuşu flamingoya benzer bacakları olan bir kuşa çevirebilecekti.

Bu fikir yanlış olmasına rağmen on sekizinci yüzyılın sonundaki verili bilgi durumunda delice değildi ve Erasmus Darwin en azından evrim olgusu için bilimsel bir açıklama oluşturma çabasıyla saygıyı hak ediyor. Hayatının geri kalan döneminde (başka birçok aktiviteyle birlikte) fikirlerini geliştirmeye devam etti ve 1803 yılında hayatın mikroskopik bir zerreden günümüzdeki çeşitliliğine dek evrimini dizelerle anlatan *The Temple of Nature*'ın [*Doğa Tapınağı*] yayımlanışını gördü. Dizelere bir kez daha kendi başına bir kitap olabilecek miktarda not eşlik ediyordu. Ancak bu kez bir yayıncılık başarısı gerçekleşmedi; Erasmus'un ateizme yakın evrimci fikirleri Napolyon Fransasıyla savaşa tutuşmuş, devrim ve evrim değil istikrar ve güvenlik arayışındaki bir toplumla açıkça uyumsuzdu ve mahkûm edildi. Ayrıca 18 Nisan 1802 tarihinde, 70 yaşında evinde huzur içinde ölen Erasmus da artık kendi düşüncelerini savunabilecek durumda değildi. Erasmus Darwin'inkilere benzer evrimci fikirler, belki de verili siyasal duruma uygun olarak Napolyon Fransasında bazı yönlerden daha iyi savunulacak ve geliştirilecekti.

Jean-Baptiste Lamarck: Lamarkçı Evrim Kuramı

Tam adıyla söylersek Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet de Lamarck Picardy'deki Bazentin'de 1 Ağustos 1744'te doğmuş, Fransız asiller sınıfına alt düzeyden mensup bir ailenin üyesiydi (isim listesi ne kadar uzunsa, soyluluğun o derece küçük olması şaşmaz bir kural gibidir). 11 yaşından 15 yaşına dek Amiens'teki Cizvit Kolejinde eğitim aldı (çocukluk ve gençlik dönemine ilişkin ayrıntılarda belirsizlikler var) ve muhtemelen rahip olması hedefleniyordu. Babası 1760 yılında ölünce okuldan asker olmak üzere ayrılarak orduya katıldı ve Yedi Yıl Savaşları sırasında Felemenk bölgesinde savaştı. Savaş 1763'te sona erdi ve Lamarck ardı ardına atandığı Akdeniz ve doğu Fransa'da gördüğü doğa hayatının sonucu olsa gerek, botanikle ilgilenmeye başladı. 1768'te askeri kariyerini bırakmasına neden olan bir yaralanmaya uğra-

dı ve Paris'e yerleşerek bir bankada çalışmaya ve tıp ve botanik derslerini takip etmeye başladı. Bundan on yıl sonra, Fransa'daki bitkilerin sınıflandırılmasında standart metin olarak kabul gören *Flore française* [*Fransız Florası*] kitabının yayımlanmasıyla botanikçi olarak adını duyurdu. Kitabı sayesinde (ve kitabın basımına yardım eden Buffon'un himayesiyle) Lamarck Académie'ye seçildi ve bir süre sonra bankadaki işini bırakma olanağına kavuştu.

Buffon'un himayesinin bir bedeli vardı. 1781 yılında Lamarck, Buffon'un işe yaramaz oğlu Georges'a Avrupa turu sırasında eğitmen olarak eşlik etme gibi imrenilemeyecek bir görevi yerine getirmek zorunda kaldı; yine de bu ona en azından doğa dünyasını biraz daha inceleme fırsatı sağladı. Seyahatlerinin ardından Lamarck ilgi alanı botaniğin (hâttâ biyolojinin) çok ötesine, meteoroloji, fizik ve kimyayı kapsar şekilde uzansa da, Jardin du Roi ile bağlantılı bir dizi küçük botanik görevi üstlendi. Fransız Devriminden sonra Jardin'in yeniden düzenlenişinde yer aldı ve 1793 yılında o dönemki ifadesiyle "böcekler ve kurtlar" konusunda çalışmak üzere yeni Fransız Doğa Tarihi Müzesine profesör olarak atanması yapıldı; bu karmaşık türler topluluğuna "omurgasızlar" genel adını veren de Lamarck oldu. Bir reformcu olan ve nefret uyandıran iltizamcılıkla herhangi bir bağ kurarak kirlenmemiş Lamarck, devrimi herhangi bir tehlikeye maruz kalmadan atlatmış gibi görünüyor. Profesör olarak Lamarck'ın müzede her yıl vermek zorunda olduğu dersler onun 1800 yılındaki türlerin değişmez olmadığı konusundaki ilk yorumundan başlayarak evrim konusundaki fikirlerinin nasıl aşama aşama evrimleştiğini gösteriyor. Hayvanları en karmaşık formlardan en basit olanlarına doğru betimleyerek "alçalma" kavramıyla (akıl karıştırıcı biçimde) sınıflandırırken omurgasızlar hakkında şunları söylüyordu:

> [Omurgasızlar] doğa felsefecilerinin ilgi alanında olması gereken bu hayret verici alçalmanın örgütlenişini ve hayvan özelliklerindeki ilerleyen azalmayı halen bize diğerlerine oranla daha iyi gösteriyor. Bizleri en sonunda aşama aşama hayvanlaşmanın nihai aşamasına, diğer bir ifadeyle neredeyse hayvanlıklarından şüphe edilecek şekilde, en basit biçimde örgütlenmiş, en kusurlu hayvanlara ulaştırıyor. Doğa büyük ihtimalle bunlarla baş-

> ladı, ardından uzun zamanın ve uygun koşulların yardımıyla bütün diğerlerini biçimlendirdi.[10]

Gerekçelendirmesi baş aşağı sunulmuş olmasına rağmen Lamarck en basit hayvanların daha karmaşık hayvanlara evrimleştiğini söylüyor; süreç için "uzun zaman" gerektiğine atıfta bulunduğuna da dikkat edelim.

Lamarck'ın biyografi yazarı L. J. Jordanova onun Erasmus Darwin'in fikirlerinden haberdar olduğuna ilişkin "bir kanıt olmadığını" söylerken, Darwin'in biyografi yazarı Desmond King-Hele, Lamarck'ın fikirlerinin *Zoonomia*'dan etkilendiği "hemen hemen kesindir" demektedir. Gerçeği bilmemiz mümkün değil ama Lamarck'ın davranışlarında Darwin'e bir yönden büyük bir benzerlik söz konusudur. Özel yaşamı hakkında çok az şey bilinmesine rağmen beraber yaşadığı kadından altı çocuğu olduğunu ve onunla ancak kadın ölüm döşeğindeyken evlendiğini biliyoruz. Ardından en az iki kere daha evlendi (dördüncü bir evlilik yaptığını söyleyenler de var) ve en az iki çocuğu daha oldu. Erasmus Darwin'den (hâttâ Charles Darwin'den) farklı olarak, onun berbat bir yazım stili vardı ve görünüşe göre (görece iyi sayılabilecek yukarıdaki örnekte de görüldüğü üzere) fikirlerini yazılı olarak yeterince anlaşılır şekilde sunmayı başaramadı.

Evrim konusundaki bu görüşlerini 1815 ile (artık 78 yaşında ve kör olduğu) 1822 yılları arasında yedi cilt olarak basılan destansı eseri *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*'te [*Omurgasız hayvanların doğal tarihi*] bir araya topladı. (18 Aralık 1829 tarihinde Paris'te öldü.) Lamarck'ın evrim konusundaki fikirlerini 1815 yılında basılan birinci ciltte ifade ettiği dört "yasa" aracılığıyla sunabilmemiz mümkün:

> Birinci Yasa: Hayatın kendi kuvvetleri gereğince bütün organik bedenlerin hacminde artma yönünde ve parçalarının boyutlarının bizzat hayat tarafından belirlenmiş bir sınıra dek genişlemesi yönünde sabit bir eğilimi vardır.

(Buna kısmen doğru denilebilir; daha büyük bir bedene sahip olmanın evrimsel bir avantaj sağladığı görülüyor ve çok hücreli hayvan türlerinin çoğu evrim sürecinde daha da büyümüştür.)

---

[10] Çeviri Jordanova'dan alıntılanmıştır.

> İkinci Yasa: Hayvanlarda yeni organların üretimi, yeni deneyimlenen ve kalıcı olan ihtiyaçlardan ve ihtiyaçların ortaya çıkarttığı ve muhafaza edilen yeni hareketlerden kaynaklanır.

(Bu da en azından tamamen yanlış sayılamaz; çevre koşulları değişirse bazı evrimsel gelişmelerin önünü açan basınçlar söz konusu olur. *Ancak* Lamarck yanlış biçimde "yeni organların" *bireylerin içerisinde* geliştiğini söylemek istiyor, bir nesilden sonraki nesile devreden çok küçük değişiklikler sonucu olarak değil.

> Üçüncü Yasa: Organların ve özelliklerinin gelişimi bahsi geçen organların kullanımında sabit bir ilişkiye dayanır.

(Bu suya değmekten kaçınmak için kendisini sürekli yukarıya doğru geren flamingonun bacaklarının uzadığı fikridir. Kesinlikle yanlıştır.)

> Dördüncü Yasa: Yaşam süresi boyunca bir bireyin organizasyonunda edinilen ... veya değişen her şey üreme sürecinde korunur ve değişiklikleri deneyimleyenler tarafından bir sonraki nesle aktarılır.

(Edinilen özelliklerin devredilebilmesi Lamarkçılığın esasıdır. Kesinlikle yanlıştır.)

Lamarck'ta belki de en çok vurgulanmayı hak eden yön, Charles Lyell'in boğazına takılı kalıp söyleyemediği ve *Principles*'ı yazarken evrim fikrini reddetmesine sebep olan şeyi yapmış olmasıdır: Evrim sürecine insanı da dahil etmiştir.

Lamarck'ın görüşleri türlerin değişmezliğine kesin biçimde inanan etkili yazar Georges Cuvier'in sert muhalefetiyle karşı karşıya kalırken, Paris'te Lamarck'la beraber çalışan Isidore Geoffroy Saint-Hilaire (1772–1844) tarafından desteklendi. Ne yazık ki Saint-Hilaire'in desteği Lamarckçı görüşlere faydalı olsa da, zararı bundan da büyük oldu. Lamarck'ın fikirlerinden yola çıkarak ilerledi ve doğal seçilim fikrine çok yaklaştı. Lamarck'ın tarif ettiği türden "yeni organların" her zaman faydalı olmayabileceğini varsayarak (1820'lerde) şunları yazdı:

> Bu küçük değişimler vücuda zarar verici etkilere yol açarsa eğer, bunları gösteren hayvanlar yok olur ve bunların yerlerini daha farklı bir biçim, yeni çevreye uyum sağlayacak şekilde değişmiş bir biçim alan diğerleri alır.[11]

Burada hem Lamarkçılığın öğeleri hem de en uygun olanın hayatta kalması fikrinin tohumları bulunur. Şüphesiz Saint-Hilaire türler arası ilişkiler konusunda uçuk kaçık fikirler de benimsemişti; karşılaştırmalı anatomi alanında önemli işler yapmış olmasına rağmen omurgasızlarla yumuşakçaların aynı temel vücut planına sahip olduklarını tespit ettiğini söyleyerek fazla ileri gitti ve Cuvier'in eleştirilerini üzerine çekerek evrim konusundaki fikirleri dahil bütün çalışmalarının değerini düşürdü. 1820'lerin sonunda Lamarck ölmüş ve temel destekçisi büyük oranda gözden düşmüş durumdayken Charles Darwin'in baştan başlaması için yol açılmış haldeydi. Ancak dağılan birikimi toparlayarak tutarlı bir evrim kuramına ulaşması belli bir zaman, fikirlerini yayımlayacak cesarete ulaşması bundan da uzun bir zaman aldı.

Charles Darwin: Hayatı

Charles Darwin hakkında iki popüler mit vardır ve ikisi de yanlıştır. Bunlardan üstü kapalı bahsettiğimiz birincisi onun bir dünya seyahatine çıkma şansı bulmuş hevesli bir genç adam olduğu ve bu yolculuğu esnasında evrimin gerçekleştiğine ilişkin görece rahat bulunabilecek kanıtlara rastgeldiği, bunun sonucunda çağında yaşayan belirli zekâda bir kimsenin de aynı koşullar altında düşünebileceği bir açıklamaya ulaştığıdır. İkincisi, onun kendisine özgü bir kavrayış parıldamasıyla bilimde birkaç nesillik bir sıçrama gerçekleştiren nadir karşılaşılabilecek bir dahi olduğudur. Aslında hem Charles Darwin hem de doğal seçilim fikri çağının ürünüydü ama Darwin de çok farklı disiplinlerin bilgisiyle bilimsel gerçeği araştırırken alışılmadık ölçüde çalışkan, özenli ve ısrarcı davranan biriydi.

[11] Henry Osborn'un, *From the Greeks to Darwin* [*Yunanlardan Darwin'e*] eserinden alıntılanmıştır.

Erasmus Darwin öldüğü sırada oğlu Robert, Shrewsbury bölgesinde sergilediği başarılı hekimlik sayesinde durumunu iyice düzeltmiş ve yaptırdığı The Mount [Dağ] adı verilen ve 1800 yılında tamamlanan güzel bir eve henüz taşınmıştı. Robert 1,80 m'den uzun boyu ve yaşlandıkça şişmanlamasıyla fiziksel olarak babasına benziyordu; Darwin geleneğine uygun olarak sağlıklı çocuklara babalık etti (babası kadar olmasa da); ancak Erasmus, soyunun en küçük ikinci çocuğu olan torunu Charles'ı görecek kadar uzun yaşayamadı. Kızkardeşleri Marianne, Caroline ve Susan 1798, 1800 ve 1803'te doğdular, ağabeyi Erasmus 1804'te, Charles Robert Darwin 12 Şubat 1809 tarihinde ve en sonunda Emily Catherine (ailenin hitabıyla Catty) 1810'da, annesi Susan 44 yaşındayken doğdu. Charles kendisinden büyük üç kızkardeş tarafından şımartıldığı, evde ve kırlarda aylakça gezinebildiği, temel okuma ve yazmayı sekiz yaşına kadar evde Caroline'den öğrendiği ve hayran olduğu bir ağabeye sahip olmasıyla masallardakine benzer bir çocukluk geçirmiş gibi görünüyor. Ancak her şey 1817 yılında çarpıcı biçimde değişti. O yılın ilkbaharında Charles yereldeki bir gündüz okuluna başladı; bir yıl sonra o da (ağabeyi Erasmus'un okuduğu) Shrewsbury okulunda yatılı okumaya başlayacaktı. 1817 yılı Temmuz ayında birbiri ardına çeşitli hastalıklardan çektiği acılı bir hayatın ardından annesi 52 yaşında ani ve sancılı bir bağırsak şikâyeti sonucu yaşamını kaybetti. Robert Darwin bu üzücü olayı kabullenemedi ve babasının mutlu ikinci evliliği gibi bir örnekten çok uzak biçimde, kaybettiği eşinin herhangi bir biçimde bahsinin açılmasını yasakladı ve hayatının geri kalanında sık sık depresyon krizleri yaşadı. Daha sonra Charles Darwin annesini pek az hatırlayabildiğini yazdığına göre koyduğu yasak etkili olmuşa benziyor.

Evin yönetimini devralma açısından Marienne ve Caroline yeterince büyümüşlerdi, daha sonra daha genç kızkardeşler de onlara katıldı. Bazı tarihçiler (ve psikologlar) annesinin ölümünün ve özellikle babasının buna tepkisinin genç Charles üzerinde büyük bir etki yarattığını ve sonraki kişiliğini biçimlendirdiğini öne sürer. Başka bazıları da çok sayıda kızkardeş ve uşağın olduğu büyük bir evde bugünkü sekiz yaşındaki çocukların durumuyla karşılaştırıldığında annesinin daha mesafeli bir karakter olduğu-

nu ve ölümünün kalıcı yara bırakmamasının daha muhtemel olduğunu iddia ederler. Her şeye karşın Charles'ın annesi öldükten bir yıl sonra yatılı okula gönderilmiş ve destekleyici aile ortamını kaybetmiş olması (öte yandan ağabeyi Erasmus'a daha yakınlaşması) gerçeği, 1817 ve 1818 yılındaki etmenlerin bileşkesinin onun üzerinde önemli bir etkide bulunduğuna işaret etmektedir. Shrewsbury okulu, The Mount'a yakındır (tarlalardan sadece on beş dakikalık bir uzaklıkta olmasıyla evi sık sık ziyaret etmeye gayet uygundur); ancak evinden ilk defa uzakta kalan dokuz yaşında bir oğlan için evin 15 dakikalık mı 15 günlük uzaklıkta mı olduğu pek az fark yaratır.

Darwin Shrewsbury okulunda okuduğu dönemde, doğal çevreyi gözlemlediği uzun yürüyüşlere çıkıp numuneler toplayarak[12] ve babasının kitaplığındaki kitaplara dalarak doğa tarihi alanına güçlü bir ilgi duymaya başladı. 1822 yılında Erasmus okuldaki son yılında ve Charles 13 yaşındayken, ağabeyi (o dönem çok moda bir konu olan) kimyaya kısa süren ama tutkulu bir ilgi duydu ve anlayışlı babalarının 50 poundluk yardımıyla The Mount'ta kurdukları kendi laboratuarlarında Charles'ı asistanı olması için kolayca ikna etti. Erasmus aynı yıl içerisinde planlandığı üzere Cambridge'e gitmek için evden ayrılınca laboratuarın yönetimi evde olduğu zamanlarda Charles'a kaldı.

Erasmus doktorluk eğitimi alarak aile geleneğini izliyordu ancak bu mesleğe eğilimi yoktu ve Cambridge'teki akademik programı sıkıcı buluyor, ders programı dışındaki aktivitelerden zevk alıyordu. Charles açısından Shrewsbury okulu da Erasmus'un olmadığı koşullarda aynı ölçüde sıkıcıydı, bunu telafi etme fırsatını 1823 yılı yazında Erasmus'u ziyaret etmesine izin verildiğinde buldu. Kendisi için harika bir anı olan bu deneyim 14 yaşındaki genç üzerinde oldukça kötü bir etki yarattı. Eve döndüğünde büyük bir tutkuyla tüfekle kuş avlamaya girişti, okulda akademik çalışma yerine sporu tercih etmeye başladı. Serseri küçük oğul olma işaretlerini o kadar açık sergiliyordu ki 1825 yılında Robert Darwin okuldan alıp birkaç ay kendi asistanı yaparak ona Darwin tıp geleneğinden bir şeyler

[12] Muhtemelen bu uzun yürüyüşler doğa tarihine ilgi duymaya başlamasının sonucu değil nedeniydi; bu Darwin'in 1817–1818 yılındaki olaylardan derinden etkilendiği yorumuyla uyumludur.

aşılamayı denedi. Ardından da Edinburgh'a tıp öğrencisi olmaya yollandı. Charles sadece 16 yaşında olmasına, Erasmus Cambridge'teki üç yılını yeni tamamlamış ve tıp eğitimini tamamlamak için Edinburgh'ta bir yıl geçirmek durumunda olmasına rağmen, Charles'ın o yıl boyunca Erasmus tarafından bakılarak tıp derslerine katılabileceği, ondan sonra da tıp eğitiminin gereklerini kendi başına yerine getirmeye yetecek kadar büyümüş, sakin ve olgunlaşmış olacağı ümit edildi. Şüphesiz işler böyle yürümedi.

Edinburgh'taki bu bir yıl, Erasmus derslerini idare etmeyi ve iki genç adam Dr. Robert'a müfredat dışı etkinlikleri hakkında ayrıntılı raporlar vermekten kaçınmayı başarmasına karşın, Cambridge'teki harika gençlik anısının birçok yönden bir tekrarı oldu. Charles'ın doktor olma olasılığı tamamen ortadan kalktı, nedeni derslerini aksatması değil mide bulantılarıydı. Aslında bir cesedin diseksiyonu sırasında fiziksel olarak da hastalanmış olmasına rağmen Charles tıp eğitiminin bazı yönlerine ilgi duymuyor değildi. İzlediği iki operasyon dönüm noktası oldu; bunlardan biri bir çocuğa o zamanki tek yol olan anestezi kullanılmadan yapılan müdahaleydi. Özellikle çığlık çığlığa bağıran çocuğun görüntüsü onda derin bir etki yarattı, bu konuda daha sonra *Autobiography*'sinde [*Otobiyografi*] şöyle yazacaktı:

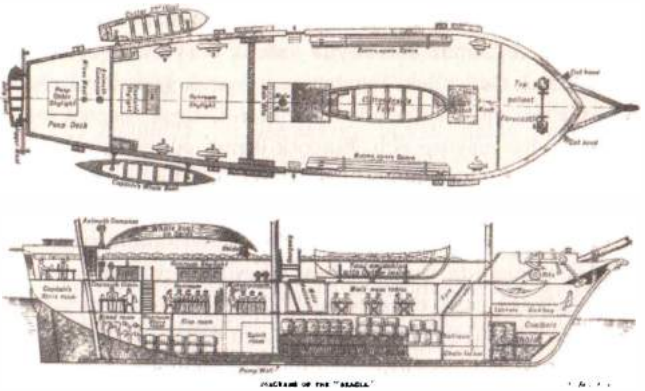
> Onlar işlerini tamamlamadan ben koşarak dışarı kaçtım. Beni buna ikna edecek derecede güçlü bir neden olmayacağı için, bir daha asla bu tarz bir şeye katılmayacaktım; mutlu kloroform günlerinin gelmesinden çok önceleriydi bu.
> Bu iki ameliyat bana bütün bir yıl boyunca rüyalarımda karabasanlar yaşattı.[13]

Bu zayıflığını babasına kabul ettiremeyen Darwin 1826 yılı Ekiminde görünüşte tıp eğitimine devam etmek için Edinburgh'a döndü ama doğa tarihi derslerine kaydoldu, jeoloji derslerine girdi ve denizhıyarlarından büyülenmiş bir İskoçyalı olan deniz yaşamı alanında uzman, karşılaştırmalı anatomici Robert Grant'ten (1793–1874) çok etkilendi. Grant Lamarkçılığı savunan ve Saint-

[13] Nora Barlow'un editörlüğünü yaptığı baskı, Darwin'in gençlik dönemi hakkında bu tarz bilgiler için en iyi kaynaktır.

Hilaire'in evrensel vücut planı konusundaki bazı görüşlerini de paylaşan bir evrimciydi. Bu fikirleri (tıp alanındaki öngörüleri nedeniyle *Zoonomia*'yı okumuş olmasına karşın, otobiyografisine göre içindeki evrimci fikirlerden o dönemde etkilenmemiş olan) genç Darwin'e aktardı ve onu deniz kenarında buldukları yaratıklar üzerinde kendi çalışmalarını yapması yönünde cesaretlendirdi. Jeolojide Darwin dünyanın özelliklerine suyun şekil verdiğini savunan Neptüncüler ile itici güç olarak ısıyı gören Yanardağcılar arasındaki tartışmayı öğrendi (ve ikinci açıklamayı doğru buldu). 1827 yılı Nisanında Darwin'in (daha 18 yaşında) derinden ilgi duyduğu ve üzerinde çok çalışmaya hazır olduğu bir şey bulmuş durumdayken, numaradan tıp derslerine devam ediyor gibi yapması mümkün değildi ve Edinburg'tan herhangi bir derece sahibi olmaksızın geri dönmemek üzere ayrıldı. Muhtemelen babasıyla yaşayacağı kaçınılmaz yüzleşmeyi geciktirmek için The Mount'a dönmekte aceleci davranmadı. Kısa bir İskoçya gezisinin ardından ilk kez Londra'yı ziyaret etti ve burada kızkardeşi Caroline'le buluşarak dava vekilliği yapmaya yeni başlamış yeğeni Harry Wedgwood'la etrafı gezdi. Ardından Paris'e geçerek burada (Harry'nin babası ve Charles'ın büyükbabası Erasmus'un yakın bir arkadaşının oğlu) Josiah Wedgwood II'la ve İsviçre'den İngiltere'ye dönmekte olan kızkardeşleri Fanny ve Emma'yla bir araya geldi.

Ağustos'ta artık sorunla yüzleşmek zorundaydı ve sonuç Robert Darwin'in Charles'a önce Cambridge'e giderek mezun olması ve ardından o dönemde haylaz gençlerin bulabileceği standart saygın meslek olan köy papazlığına başlaması yönünde ısrar etmesi oldu. Zenginlerin kır hayatı uğraşları (avlanma ve partileme) ile sınav hazırlığı için klasikler konusundaki bilgisini güncelleme arasında bölünmüş bir yaz mevsiminin ardından Charles Darwin 1827 yılının sonbaharında Christ's College'e resmi olarak kabul edildi ve bir süre daha derslerine çalıştıktan sonra 1828 yılı başında bu okula yerleşti. Bu kez tıp lisans diplomasını alacak ve ödül olarak yine Erasmus'un eşliğinde büyük Avrupa turuna çıkacaktı. Dört yıllık bir eğitim ve köy papazı yaşamıyla yüzleşmiş Charles'ın yaşadığı çelişki yenilir yutulur gibi olması gerek.



29. *Kraliyet gemisi* Beagle*'ın çizimi, kaynak Darwin'in* Journal of Research*'ü, 1845.*

Bir Cambridge mezunu olarak Darwin'in yaşamı sonraki aylarda Edinburgh'ta kendi önüne koyduğu rotayı izledi; resmi eğitimini bir kenara bıraktı ve gerçekten ilgi duyduğu alana, doğa dünyasına yöneldi. Kendisine hem bir arkadaş hem de bir öğretmen olan Cambridge'ten botanik profesörü John Henslow'un (1795–1861) kanatları altına girdi. Ayrıca Hutton ve Lyell'in tekbiçimci fikirlerini reddetmesine karşın saha çalışmasında çok başarılı olan Woodwardçı jeoloji profesörü Adam Sedgwick'ten (1785–1873) jeoloji öğrendi. Her iki adam da Darwin'i büyük gelecek vaat eden bir öğrenci olarak görüyordu; gerçekten de botanik ve jeolojiyle uğraşırken boşladığı konulara son anda çaresizce saldırmak zorunda kaldığı 1831 yılı başındaki sınavlarda düşünsel kapasitesi ve sıkı çalışma becerisi kendisini öyle bir gösterdi ki, Darwin bile elde ettiği dereceye çok şaşırdı (178 kişi arasında onuncu oldu). Charles Cambridge'teyken Erasmus, babasını tıp yaşamına uygun olmadığına ikna edip 25 yaşında kariyerinden ayrılma izni koparddığı ve Dr. Robert'ın bağladığı gelirle Londra'ya yerleştiği için, bilim alanındaki yeteneğini göstermiş olmasına rağmen Charles için köy papazlığı mesleği daha da fazla gündeme gelmişti. Doktor ne kadar hoşgörülü olursa olsun doğal olarak oğullarından en

azından birinin saygın bir mesleğe sahip olması arzusundaydı.

Charles 29 Ağustos'ta The Mount'a dönmeden önce 1831 yılının yaz aylarını, bunun son büyük jeolojik araştırma gezisi olacağını düşünerek Galler'deki kayaları inceleyerek geçirdi. Oradayken Cambridge'teki eğitmenlerinden biri olan George Peacock'tan hiç beklemediği bir mektup aldı. Peacock (kendi adını taşıyan rüzgâr ölçeği sayesinde nam saldığı) Amirallikten, arkadaşı deniz albayı Francis Beaufort'tan (1774–1857) gelen daveti ileterek Darwin'i kraliyet gemisi *Beagle*'la gerçekleştirilecek haritalandırma amaçlı geziye davet ediyordu. Gemi kaptanı Albay Robert FitzRoy bu uzun gezide kendisine eşlik etme ve özellikle Güney Amerika'nın doğa tarihi ve jeolojisi üzerine çalışma fırsatını değerlendirmek isteyen uygun bir beyefendi arıyordu. Darwin'in adını öneren Henslow, ayrıca ona da bu fırsatı değerlendirmesini tavsiye eden bir mektup yollamıştı. Aslında Darwin ilk düşünülen kişi değildi; kısa bir süre için önce Henslow bizzat katılmayı düşünmüş, ardından düşündüğü himayesindeki başka bir öğrenci de Cambridge'in hemen dışındaki Bottisham'da bölge papazı olmayı tercih ederek öneriyi reddetmişti. Yine de Darwin'in gereken yeterliliklere tam olarak sahip olduğu konusunda hiçbir kuşku yoktu; FitzRoy uzun yolculuk sırasında eşit davranabileceği kendi sınıfının üyesi olan bir beyefendi istemişti, aksi halde gemideki tanrısal emredici konumu içerisinde sosyal açıdan yalıtılmış ve yalnız kalırdı. Beyefendinin (elbette) kendi harcamalarını karşılaması gerekiyordu ve Amirallik gelecek kişinin bu Güney Amerika ve (muhtemelen) dünya seyahatinin sunduğu araştırma olanaklarını değerlendirebilecek beceriye sahip bir doğabilimci olması konusunda çok hassastı. Henslow Beaufort'a (Peacock aracılığıyla) Darwin'i önerdiğinde bu ismin ek bir çekiciliği de oldu. Geçmişte büyükbaba Erasmus Darwin'in yakın dostlarından biri olan Richard Edgeworth'un gönlüne göre dört mutlu evliliği ve 22 çocuğu olmuştu. Erasmus'tan dört yaş daha genç olan Edgeworth dördüncü ve son evliliğini 1798 yılında Francis Beaufort'un 29 yaşındaki kız kardeşi Miss Frances Beaufort'la yapmıştı ve bu Francis Beaufort 1831 yılında Kraliyet Donanmasında hidrograf olarak görev yapmaktaydı. Böylece Beaufort'un FitzRoy'a yolculukta eşlik edecek doğabilimci olarak genç Charles'ı önerirken hiç karşılaşmamış olmasına karşın onu "tanınmış felsefeci ve şair

Darwin'in heves ve istek dolu torunu" olarak tanımlamaktan mutlu olması mümkün oldu.[14]

Beagle Yolculuğu

Darwin'in *Beagle*'da yer almasının önünde halen bazı engeller vardı. İlk olarak (genç Charles'a yolculuk parasını verecek olan) babası, zıpır bir tasarı olarak gördüğü projeye karşı çıktı ancak Charles Darwin'in amcası Josiah II. Wedgwood onun fikrini değiştirmeyi başardı. Ardından henüz Darwin'i görmeden onun kendisine kakalanmak istendiği düşüncesine kapılan ve içinden kendisine eşlik eden kişiyi kendisinin de bulabileceğini düşünen (ve çabuk ateşlenen bir adam olan) Fitzroy itiraz etti; Darwin'le FitzRoy buluşup birbirleriyle çok iyi anlaşınca sorun çözüldü. Sonunda her şey yoluna girdi ve 27 metre uzunluğundaki üç direkli gemi *Beagle* Charles Darwin henüz 23 yaşını tamamlamamışken, 27 Aralık 1831 tarihinde denize açıldı. Bu beş yıllık (dünyanın gerçekten de tam manasıyla dolaşıldığı) yolculuğun ayrıntılarına burada girmemize gerek yok ancak bahsedilmeyi hak eden birkaç nokta var. Birincisi Darwin bütün bu süre boyunca kendisini hep gemiye hapsetmedi, özellikle de gemi resmi haritalandırma işleriyle meşgulken, Güney Amerika'da uzun keşif gezilerine çıktı. İkincisi bilim çevrelerinde ilk olarak biyolog kimliğiyle değil, yolculuk sırasında İngiltere'ye yolladığı fosiller ve diğer numuneler sayesinde jeolog olarak ün kazandı. Son olarak vurgulanmayı hak eden bir ayrıntı daha var: Darwin Şili'de büyük bir depreme şahit oldu ve deniz kabuğu yataklarının deniz kıyısından yaklaşık bir metre yükselerek karaya oturup kuruduğunu bizzat gözlemleyerek depremin toprağı ne kadar yükseğe kaldırdığını gördü. Bu Lyell'in *Principles of Geology*'de ortaya koyduğu fikirlerin doğrudan kanıtıydı. Darwin yolculukta ilk cildi yanına almıştı, ikincisini yolculukta bitirdi, üçüncüsü de onu Ekim 1836'da İngiltere'ye dönüşünde bekliyordu. Dünyayı Lyell'in gözleriyle görünce müzmin bir tekbiçimci oldu ve bunun evrim konusundaki fikirlerinin gelişiminde büyük bir etkisi oldu. Darwin'in daha sonra ifade ettiği gibi:

[14] Browne tarafında alıntılanmıştır.

> Kitaplarımın yarısı Lyell'in beyninden geliyormuş gibi ve ben kendimi onun hakkını yeterince teslim edememiş gibi hissettim hep... Her zaman *Principles*'ın büyük değerinin kişinin zihninin tüm ahengini değiştirmek olduğunu düşündüm.[15]

Darwin eve döndüğünde kendisinin bile zor hayal edebileceği, babasını hem hayrete düşüren hem de sevindiren bir biçimde karşılandı. Aradan fazla zaman geçmeden Lyell'le buluştu ve ülkenin jeoloji ustasına bir eşiti olarak takdim edildi. 1837 yılının Ocak ayında Londra Jeoloji Derneğine (yolculuğundaki en sıcak keşif olan) Şili'deki kıyı yükselmesi konusunda bir makale okudu ve neredeyse derhal Dernek Üyesi seçildi (ilginçtir, Kraliyet Derneğine de üye olduğu 1839 yılına dek Zooloji Derneğinin üyesi olmadı). Jeolog olarak ün kazanmakla kalmadı, aradan fazla zaman geçmeden Lyell'in tarzında bir yazar olarak beğeni kazandı. İlk yazı projesi *Journal of Researches*'ta [Araştırma Güncesi][16] Darwin yolculukta yaptıklarını yazarken Fitzroy da denizcilik yönünden bilgiler veriyordu. Darwin kısa zamanda kendi payına düşen bölümü tamamladı, ancak yayımlanması FitzRoy'un deniz görevleri nedeniyle az zamanı olmasından ve dürüst olmak gerekirse yazım işinde pek başarılı olmamasından dolayı 1839 yılına dek sarktı. Bu FitzRoy'u gücendirse de, kitapta Darwin'in yazdığı bölümlerin kendisininkilere göre daha çok ilgi çektiği görüldü ve kısa zaman sonra bu bölümler kendi başına *Voyage of the Beagle* [*Beagle Yolculuğu*] adıyla yeniden basıldı.

1839 yılı Darwin'in hayatında önemli bir yıldı; 30'una bastığı bu yılda *Journal*'in basımını gördü, Kraliyet Derneği üyesi oldu ve kuzeni Emma Wedgwood'la evlendi. *Beagle*'ın 1836 yılındaki dönüşünden Londra'dan ayrılıp yeni ailesiyle Kent'e yerleştiği 1842'ye dek olan ve kendisinin daha sonra düşünsel açıdan en yaratıcı dönemi olarak betimleyeceği dönemin tam ortasındaydı. Ne yazık ki yine bu dönemde, tam nedeni hiçbir zaman tespit edilemeyen ancak büyük olasılıkla tropik bölgelerde kaptığı bir

---

[15] Mektup Jonathan Howard, *Darwin*'den alıntılandı.

[16] Tam adı "1832'den 1836'ya dek Kaptan R.N. FitzRoy'un Komutası Altında Kraliyet Gemisi 'Beagle'ın Ziyaret Ettiği Çeşitli Ülkelerin Jeoloji Ve Doğa Tarihine İlişkin Araştırma Güncesi" idi.

hastalıktan kaynaklanan ve elden ayaktan düşmesine sebep olan hastalanmalar yaşamaya başladı. Darwin'in İngiltere'ye ilk döndüğünde yerleştiği Londra'dan ayrılması büyük oranda, Çartistler gibi reformcuların başkentin sokaklarında eylemler düzenlediği ve ancak ordunun müdahalesiyle kontrol edilebilen dönemin siyasal çalkantılarından kaynaklanıyordu. Darwinler Kent'teki Down köyünde bulunan Down House'a yerleştiler (köy sonradan adını Downe olarak değiştirdi ama evin ismi aynı kaldı).

Charles ve Emma çiftinin sadece Charles'ın hastalığının nüksetmesi ve çocuklarından bazılarının erken ölümleriyle gölgelenen, uzun ve mutlu bir evliliği oldu. Hayatta kalan çok sayıda çocukları da oldu ve içlerinden bazıları hak ederek yüksek görevlere geldi. İlk doğan William 1839 ile 1914 yılları arasında yaşadı; sonra Anne (1841–1851), Mary (üç haftalıkken öldü, 1842), Henrietta (1843–1930), George (1845–1912), Elizabeth (1847–1926), Francis (1848–1925), Leonard (1850–1943), Horace (1851–1928) ve Charles (1856–1858) doğdular. Bu tarihlerden Leonard'ınkine tekrar bakmaya değer; *Origin*'in basımından epey önce doğan Leonard atomun parçalandığını gördü, bu da bize 1850 ile 1950 yılları arasındaki yüz yılda bilimdeki değişimin temposu hakkında bir fikir vermektedir. Ancak burada aile yaşamı Charles Darwin'in çalışmasına bir arkaplan sağlamanın ötesinde bir önem taşımıyor. Bizi asıl Darwin'in çalışması ve özellikle doğal seçilim yoluyla evrim kuramı ilgilendiriyor.

Darwin Doğal Seçilim Yoluyla Evrim Kuramını Geliştiriyor

Darwin'in kafasında evrimin bir gerçek olduğu konusunda (yolculuğa çıkmadan önce değilse bile) yolculuğundan döndüğü sırada en ufak bir kuşku yoktu. Mesele bu olguyu, evrimin işleyişini açıklayacak doğal bir mekanizma, bir model veya kuram bulmakta düğümleniyordu. Darwin *The Transformation of Species* [*Türlerin Dönüşümü*] üzerine ilk notlarını tutmaya 1837'de başladı ve bir yandan tekbiçimciler ile afetçiler arasındaki tartışmada tekbiçimcilerin doğruluğunun kanıtlanmasında çok önemli rol oynayan jeoloji makaleleri yayımlarken bir yandan da kendi evrimci

fikirlerini geliştirdi. Düğümü çözen adımlardan biri 1838 sonbaharında, evliliğinden bir süre önce Darwin Thomas Malthus'un (1766–1834) ünlü *Essay on the Principle of Population*'ını [*Nüfus İlkesi Üzerine Bir Deneme*] okurken geldi[17]. İlk kez 1798'de anonim olarak basılan deneme Darwin'in okuduğu esnada altıncı baskısını (artık isimli olarak) yapmıştı. Cambridge'te okumuş ve 1788'de din adamı olarak atanmış Malthus makalenin ilk versiyonunu aslında papaz yardımcısı olarak çalışırken kaleme almış, daha sonra ünlü bir ekonomist ve Britanya'nın ilk ekonomi politik profesörü olmuştu. Bu makalesinde insan nüfusu dahil tüm popülasyonların geometrik olarak arttığını, belirli bir zaman aralığında ikiye katlandığını, aynı büyüklükteki bir sonraki zaman aralığında yine ikiye katlandığını ve bunun böyle devam ettiğini vurguladı. Onun yazdığı dönemde Kuzey Amerika'nın nüfusu gerçekten de her yirmi beş yılda bir ikiye katlanıyordu ve bu oranı yakalamak için yapılması gereken ortalama olarak her çiftin 25 yaşına geldiğinde, yine 25 yaşına kadar yaşayacak dört çocuk sahibi olmasıydı. Darwin ailesinin doğurganlığı Charles'a bunun abartılı olmayan bir gereklilik olduğunu düşündürmüş olsa gerekti.

İşin aslı, en yavaş büyüyen memeliler olan fillerdeki çiftler bile hayatta kalarak kendi yaşlarına dek büyüyen dört yavru sahibi olurlarsa, 750 yıl sonra her çiftin soyundan gelen 19 milyon torun hayatta olurdu. Oysa Malthus'un da işaret ettiği üzere on sekizinci yüzyıl sonunda fillerin sayısı 1050 yılında yaşayan fil sayısıyla yaklaşık olarak aynıydı. Ona göre bunun nedeni, nüfusun öldürücü salgın hastalıklar ve özellikle de sınırlı miktarda yiyeceğe ulaşılabilmesi yüzünden kontrol altında kalmasıydı (insanlar söz konusu olduğunda savaşlar da rol oynuyordu); böylelikle Kuzey Amerika'da sömürge yerleşimleri için yeni toprakların açılması gibi özel durumlar haricinde, her bir çift geleceğe ortalama olarak iki çocuk bırakıyordu. Doğal akış işlediğinde çocukların çoğu üreyemeden ölüyordu.

Malthusçu tezler on dokuzuncu yüzyıl siyasetçileri tarafından emekçi kitlelerin toplumsal gelirden aldıkları payı arttırma çabalarının başarısızlığa uğramaya mahkûm olduğunu iddia etmek

[17] Bu makaleye halen basılı olarak Antony Flew'in editörlüğünde yayımlanmış biçimiyle ulaşılabilir.

amacıyla kullanıldı. Buna göre yaşama koşullarındaki herhangi bir iyileştirme, hayatta kalan çocukların sayısını arttıracak ve bunun sonucunda ortaya çıkan nüfus artışı arttırılmış kaynakları yutarak aynı berbat fakirlik durumunu bu kez eskisinden fazla insanın yaşamasına sebep olacaktı.[18] Ancak Darwin 1838 sonbaharında buradan başka bir sonuca sıçradı. Burada evrimin nasıl işleyebileceğine ilişkin bir kuramın içeriği saklıydı: Nüfusun basıncı, *aynı türün üyeleri arasında* hayatta kalma mücadelesi (daha tam ifadesiyle bu bir üreme mücadelesiydi) ve sadece en iyi uyum sağlayan bireylerin hayatta kalması (yeniden üretimi). (Buradaki "en çok fit olan" ifadesi kelimenin spordaki anlamıyla kullanılmamakta, bir anahtarın bir kilide veya bir parçanın yapboza uymasına benzer şekilde en uygun olan anlamına gelmektedir.)

Darwin'in bu fikirleri ilk taslak olarak tarihçilere göre 1839 tarihli bir belgede, daha tam olarak ise Darwin'in verdiği tarihle 1842 yılında kaleme alınmış 35 sayfalık bir taslakta yer alıyordu. Doğal seçilim yoluyla evrim kuramı esas itibarıyla Down House'a bile taşınmadan tamamlanmıştı ve içlerinde Lyell'in de olduğu (ikna olmadı ve bu Darwin'i hayal kırıklığına uğrattı) güvenilir birkaç meslektaşla tartışıldı. Ardından kamuoyunun kurama göstereceği tepkiden korkan ve Emma'yı üzmekten kaygılanan, gelenekçi bir Hıristiyan olan Darwin yirmi yıl boyunca fikrini sakladı. Yine de 1844 yılında elindeki taslağı 189 sayfaya ulaşan, 50.000 sözcük uzunluğunda bir el yazmasına çevirdi ve çevredeki bir okul öğretmenine düzgünce çoğalttırdı; bunları diğer çalışma notlarının arasına, bir kenara koydu ve üzerine Emma'ya yazılmış ölümünden sonra basılmasını rica eden bir not düştü.

Fikrini tamamen sakladığı da söylenemez aslında. Darwin 1845 yılında üzerinde çalıştığı *Voyage of the Beagle*'ın ikinci baskısının sayfaları içerisine çeşitli yerlere birçok yeni malzeme ekledi. Howard Gruber iki baskının karşılaştırılmasıyla bu paragrafların rahatlıkla tespit edilebildiğine ve yeni eklenen bu bölümlerin toplanarak bir çekidüzen verildiğinde doğal seçilim yoluyla evrim hakkında "düşüncesinin neredeyse tamamını size

[18] Bu iddiadaki boşluk Viktoryen dönemde tabu sayılan tek bir sözcükte özetlenebilir: Doğum kontrolü.

veren bir makale" oluşturduğuna dikkat çekmiştir.[19] Bunun tek açıklaması Darwin'in gelecek kuşaklar ve kendi önceliği hakkında kaygı duymuş olmasıdır. Birisi bu fikri ortaya atacak olursa, "hayalet" makaleye dikkat çekebilecek ve ilk kendisinin düşünmüş olduğunu ortaya çıkartabilecekti. Bu arada, en nihayetinde eğer yayımlamaya karar verirse kuramının kabul görmesini daha olası kılmak için bir biyolog olarak isim yapması gerektiğine karar verdi. 1846 yılından itibaren (Beagle'ın onu eve getirmesinden on yıl sonra) kaya midyeleri hakkında kısmen Kuzey Amerika'da topladığı malzemeye dayanarak kapsamlı bir çalışmaya girişti ve bunun sonucunda 1854 yılında üç ciltlik kusursuz bir eser ortaya çıkarttı.

Bu 1848 yılında babasının, 1851 yılında en sevdiği ablası Annie'nin ölümünü yaşadığı bir dönemde sık sık hastalıktan yatağa düşen bir adamın daha önce hiç ün sahibi olmadığı bir alanda elde ettiği çok çarpıcı bir başarıydı. Ona Kraliyet Derneğinin doğabilimcilere verdiği en yüksek ödül olan Kraliyet Madalyasını kazandırdı. İlk kez, birbirine yakın akraba türler arasındaki güç algılanan farkların eksiksiz kavranışına sahip birinci sınıf bir biyolog olarak kabul görüyordu. Fikri tartıştığı çok yakın birkaç sırdaşının teşvikiyle 1850'lerin ortasında elindeki malzemeyi herhangi bir muhalefete fırsat vermeyecek kanıtlarla dolu büyük, kalın bir kitaba çevirmek için toplamaya ve düzenlemeye başlasa da, halen evrim konusundaki fikirlerini yayımlamakta tereddüt gösteriyordu. "1854 yılının Eylül ayından itibaren" diye yazıyordu *Autobiography*'sinde "tüm zamanımı türlerin transmutasyonuyla ilişkili gözlem ve deneylerle ilgili biriktirdiğim devasa not yığınını düzenlemeye adadım". Darwin yaşarken böylesi bir kitabın gün yüzü görüp görmeyeceğinden kuşku duymak mümkün; neyse ki başka bir doğabilimci aynı fikirle ortaya çıktı da, en sonunda kamuoyunun önüne çıkmak zorunda kaldı.

Alfred Russel Wallace

Bu "başka biri" Alfred Russel Wallace, Uzakdoğuda yaşayan bir doğabilimciydi ve 1858 yılında 35 yaşındaydı; Darwin 1844'te

[19] Howard Gruber, *Darwin on Man*

aynı yaştayken kuramının genişletilmiş taslağını kaleme almıştı. Darwin'in ayrıcalıklı yaşamı ile Wallace'ın hayatta kalma savaşı arasındaki tezat çok çarpıcıdır ve bu dönemde bilimin, servet sahibi amatör beyefendilerin imtiyazı olma özelliğini kaybetmeye başladığını göstermesi açısından üzerine durulmayı hak etmektedir. Wallace 8 Ocak 1823'te Monmouthshire (bugün Gwent), Usk'ta doğdu. Sıradan bir ailenin dokuz çocuğunun sekizincisiydi; babası pek başarılı olamayan bir hukukçuydu ve çocuklar temel eğitimlerini evde ondan aldılar. 1828 yılında aile kısa bir süreliğine Dulwich'e, ardından Alfred'in annesinin memleketi olan Hertford'a taşındı. Burada Alfred ve erkek kardeşlerinden John yerel gramer okuluna kayıt oldular ancak Alfred geçinmek için çalışmak zorunda olduğu için 14 yaşında okuldan ayrıldı. 1905 yılında yayımlanan otobiyografisi *My Life*'da [*Hayatım*] Wallace kendisi üzerinde okulun çok az etkisinin olduğunu ancak babası Hertford'da küçük bir kütüphane işletirken oradan ve ayrıca babasının geniş kitap koleksiyonundan aldığı kitapları büyük bir istekle okuduğunu söylemiştir. (Darwin'in ünlü seyahatinden çoktan dönmüş olduğu) 1837 yılında Wallace bir arazi ölçümcüsü olan en büyük ağabeyi William'la beraber çalışmaya gitti. Açık hava yaşantısı hoşuna gitti, kanal ve yol inşa çalışmalarında ortaya çıkan farklı türden kaya katmanları onu büyüledi, fosiller hayrete düşürdü. Ölçüm işinde o dönem fazla para ve gelecek yoktu, bu yüzden Wallace kısa süreliğine bir saat ustasına çıraklık etti, bu işten de ustası Londra'ya taşındığı ve o peşinden gitmek istemediği için ayrıldı. Böylece William'la arazi ölçüm işine geri döndü, bu kez Galler'in iç bölgelerinde bir arazi çitleme programının parçasıydılar; Wallace o dönemde politikaya bulaşmaktan hoşlanmazdı ama sonraları bunu "arazi hırsızlığı" olarak tanımlayacaktı.[20] Ağabeyleri de inşaat işine girdi, binaları kendileri tasarlayarak, mimarlık eğitimi almamalarına ve kitaplardan öğrendiklerine yaslanmak zorunda olmalarına rağmen görünüşe göre başarılı da oldular. Bu arada Alfred Wallace da doğa dünyasının incelenmesine daha fazla ilgi duymaya başlıyor, konuyla ilgili kitaplar okuyarak bilimsel yöntemle bir vahşi çiçek koleksiyonu yapmaya başlıyordu.

[20] *My Life* [*Hayatım*]

Bu görece güzel dönem, Alfred'in babasının öldüğü ve ülkenin iktisadi durgunluğun pençesine düşmesiyle arazi ölçüm işinin bıçak gibi kesildiği 1843 yılında sona erdi. (Aynı dönemde Darwin Down House'a yerleşmiş ve doğal seçilim kuramının en az iki taslağını çoktan kaleme almış durumdaydı.) Alfred birkaç ayını Londra'da erkek kardeşi (inşaatçı) John'la beraber payına düşen küçük mirası harcayarak geçindi. 1844'te bu para da tükenince Leicester'da bir okulda iş bulmayı başardı; en küçük çocuklara temel okuma, yazma ve aritmetik, daha büyüklere arazi ölçüm işini öğretiyordu (işe kabul edilmesinin nedeni de bu olsa gerekti, çünkü diğerlerini herkes öğretebilirdi). Maaşı yıllık 30 pounddu, genç Charles ve Erasmus Darwin'in evlerinde kurdukları kimya laboratuarının 50 pound tuttuğunu hatırlamak bir karşılaştırma fırsatı verecektir. Wallace artık 21 yaşındaydı, Darwin'in Cambridge'ten mezun olduğu yaştan bir yaş daha gençti ve hiçbir geleceği olmayan bir işte çalışıyordu. Leicester'da geçirdiği bu dönemde iki önemli olay oldu. Malthus'un *Essay*'ini (en başta düşünüşü üzerinde çarpıcı bir etki yaratmamış olsa da) ilk kez burada okudu ve başka bir hevesli amatör doğabilimcisiyle, entomolojiye olan ilgisi Wallace'ın çiçeklere duyduğu ilgiyi bütünleyen Henry Bates'le (1825–1892) tanıştı.

Wallace bir aile trajedisi sonucunda (kendisinin de kabul ettiği üzere) ikinci-sınıf bir okul öğretmeni olarak yaşamaktan kurtuldu. 1845 yılı Şubat ayında erkek kardeşi William zatürreden öldü ve William'a karşı görevlerini yerine getirdikten sonra Alfred Kuzey Galler'deki Neath şehrine yerleşerek arazi ölçüm işine geri dönmeye karar verdi. Be sefer şansı yaver gitti; dönemin demiryolu salgınıyla bağlantılı olarak çok iş çıkmıştı ve Alfred kısa zaman içerisinde hayatında ilk defa küçük bir sermaye fonu oluşturmayı başardı. Annesiyle kardeşi John'u kendisiyle oturmaları için Neath'e getirdi ve John'un yardımıyla bir kez daha mimarlık ve inşaat işlerine başladılar. Doğa felsefesine olan ilgisi de gelişti ve Bates'le karşılaşmasının ardından iyice arttı. Wallace giderek ölçüm ve inşaat işlerinin ticari yönünde hayal kırıklığına uğramaya başlıyor, ona borcu olup da ödemeyi geciktirenlerle baş etmekte zorlanıyor ve ödemelerini gerçekten gerçekleştiremeyen küçük alacaklılarla yüzleştiğinde bazen canı olağanüstü sıkılı-

yordu. 1847 Eylülünde Paris'i ziyaret edip Jardin des Plantes'i gördükten sonra Wallace hayatını tümden değiştirecek bir plan yaptı ve Bates'e kendisinin biriktirdiği az miktardaki parayı Kuzey Amerika'ya iki keşilik bir keşif gezisi için harcamayı önerdi. Oraya ulaştıktan sonra yapacakları doğa tarihi çalışmaları için gerekecek parayı, müzelere ve o dönemde (bunda Darwin'in *Beagle* yolculuğunu yazmasının da payı var) tropik bölgelerden gelen acayip şeyler arayan servet sahibi özel koleksiyonerlere satılmak üzere Britanya'ya numuneler yollayarak bulabilirlerdi. Evrim düşüncesine hep sıkı bir inançla bağlanmış olan Wallace otobiyografisinde bu sefere çıkmadan öncesine ilişkin şöyle diyordu: "Türlerin kökeni meselesi kafamda zaten net biçimde formüle edilmiş durumdaydı... Doğadaki olguların dikkatli ve tam bir biçimde incelenmesinin önünde sonunda gizemin çözümünü sağlayacağına kesin olarak inanıyordum."

Brezilya'nın ormanlarında çoğu zaman aşırı zor koşullarda keşif yapmak ve numune toplamakla geçen dört yıl Wallace'a Darwin'in *Beagle* seyahati sırasında kazandığı pratik deneyimi aynen kazandırdı ve hem topladığı numunelerin hem de saha çalışmasının sonucunda yayımlanan makaleleri onun bir doğabilimci olarak ün kazanmasına yardımcı oldu. Ancak keşif gezisi kesinlikle bir zafer olarak değerlendirilemezdi. Alfred'in ona katılmak için 1849'da Brezilya'ya gelen küçük kardeşi Herbert, 1851 yılında sarıhummadan öldü ve Alfred kendisi olmasa kardeşinin hiç oraya gelmeyeceğine dayanarak kardeşinin ölümü nedeniyle hep kendisini suçladı. Kuzey Amerika macerası az daha Alfred Wallace'ın da ölümüne sebep olacaktı. Dönüş yolunda lastik yükü taşıyan, üzerinde seyahat ettiği çift direkli gemi *Helen*'de yangın çıktı ve gemi Wallace'ın topladığı en iyi numunelerle birlikte suya gömüldü. Mürettebat ve yolcular kurtarılana dek denizde üstü açık botlarda on gün geçiren Wallace 1852 sonunda İngiltere'ye (her ne kadar koleksiyonunu 150 pounda sigortalatacak öngörüye sahip olsa da) cebinde beş kuruş ve satacak hiçbir şeyi olmaksızın, ancak oldukça başarılı olan *Narrative of Travels in the Amazon and Rio Negro* [*Amazon ve Rio Negro Seyahatlerinin Hikâyesi*] adlı bir kitabın ve birkaç bilimsel makalenin yazımında kullanacağı notlarla ulaştı. Bates ise Güney Amerika'da kaldı ve

üç yıl sonra sağlam numunelerle birlikte döndü; ancak bu sırada Wallace dünyanın öteki tarafına gitmişti.

Sonraki on altı ay sırasında Wallace bilimsel toplantılara katıldı, British Museum'da böcekler üzerinde çalıştı, İsviçre'de kısa bir tatil yapmak için gereken zamanı buldu ve bir sonraki keşif gezisini planladı. 1854 yılının başındaki bilimsel bir toplantıda Darwin'le de karşılaştı ancak daha sonra her ikisi de buluşmanın detaylarını hatırlayamadı. Bundan daha önemli olan ikisinin mektuplaşmaya başlamasıydı, nedeni de Amazon havzasındaki kelebek türlerinin çeşitliliği konusunda Wallace'ın yazdığı bir yazının Darwin'in ilgisini çekmiş olmasıydı. Bunun sonucunda Darwin Wallace'ın Uzakdoğudan yolladığı numuneleri satın alan müşterilerinden biri oldu, hâttâ notlarında kimi zaman bu numunelerin deniz yoluyla İngiltere'ye getirilmesinin ne kadar pahalıya patladığından (nazik biçimde) şikâyet eder. Wallace'ın Uzakdoğuya gitme kararı almasının nedeni, türler problemine duyduğu ilginin peşinde koşmasının en iyi yolunun, yeryüzünün henüz diğer doğabilimcileri tarafından keşfedilmemiş bir bölgesini ziyaret etmek olacağını ve böylece eve yollayacağı numunelerin (hem bilimsel hem mali olarak) daha değerli olacağı için elde edeceği gelirin kendisine yeteceğini düşünmesiydi. British Museum'daki çalışmaları ve diğer doğabilimcilerle konuşmaları sonucunda Malezya Takımadalarının gereken özellikleri karşıladığına ikna oldu ve 1854 baharında yola çıkmak için gereken parayı denkleştirdi.[21] Bundan yaklaşık altı ay sonra Darwin "devasa not yığınını" düzenlemeye bu kez 16 yaşındaki asistanı Charles Allen'la beraber başlayacaktı.

Bu sefer Wallace'ın gezisi, yine çok az sayıda batılının gitmiş olduğu tropik bir bölgeye seyahatin zorluklarını taşımasına rağmen, tam bir başarıyla sonuçlandı. Sekiz yıl süren bu yolculukta kırktan fazla bilimsel makale yazarak İngiltere'deki dergilere yolladı ve numune koleksiyonları hasar görmeden geri döndü. Yaptığı çalışma, evrim konusundaki fikirlerinden bağımsız olarak, farklı türlerin bir adadan diğerine nasıl yayıldıklarını gösteren coğrafi genişlemelerini tespit etme açısından son derece önemliy-

[21] Hareket tarihi Kırım Savaşının patlak vermesi nedeniyle altı ay gecikmişti.

di (daha sonra bu çalışmalar kıta kayması fikrine bağlanacaktı). Bizi burada elbette evrim ilgilendiriyor. Darwin gibi o da Lyell'in (Darwin'in bir keresinde "zamanın ihsanı" olarak nitelendirdiği) dünyanın devasa yaşını ve küçük değişimlerin birikerek nasıl büyük değişimlere sebep olduğunu tespit eden çalışmalarından etkilenmişti. Wallace evrim fikrini dev bir ağacın dallarına ayrılması biçiminde geliştirdi; tek bir gövdeden büyüyen farklı dallar sürekli ayrılarak daha ince dallara bölünüyor ve büyümesini sürdürüyor; nihayet dünyada bugün yaşayan (hepsi aynı gövdeden çıkma) türler çeşitliliği oluşuyordu. Bu fikirlerini 1855 yılında yayımlanan bir makalede açıkladı, yazdıklarında henüz bu çeşitlenmenin (dalların birbiriyle ilişkili büyüyen iki veya daha fazla ince dala bölünmesinin) nasıl veya neden gerçekleştiğine ilişkin bir açıklama sunmuyordu.

Darwin ve Darwin'in dostları makaleyi memnuniyetle karşıladılar ancak kısa bir süre sonra içlerinden Lyell dahil birkaçı Darwin'in önceliği eğer yakın bir zamanda elindekileri yayımlamazsa Wallace veya bir başkasına kaptıracağından kaygılanmaya başladılar. (Lyell halen daha doğal seçilime ikna olmamıştı ama bir dost ve iyi bir bilim insanı olarak Darwin'in önceliğinin resmileşmesi ve daha geniş bir tartışmanın sağlanması için fikrin basılı hale gelmesini istiyordu.) Düşünce ortamı evrim hakkında açık bir tartışma yürütülmesi için yirmi yıl öncesine göre çok daha elverişliydi, yine de Darwin bir aciliyet görmüyordu ve doğal seçilim fikrini destekleyen çok geniş kanıt birikimini daha da çoğaltmaya devam etti. Wallace'la mektuplaşmalarına bu tarz bir çalışmayı yayımlama hazırlığında olduğuna ilişkin ipuçları yerleştirdi ama kuram hakkında ayrıntı vermedi; amacı Wallace'ı bu oyunda kendisinin daha önde olduğu yönünde uyarmaktı, ancak bunlar Wallace üzerinde cesaretlendirici ve kendi fikirlerini geliştirmesini hızlandırıcı bir rol oynadı.

Çığır açan buluş Şubat 1858'de Wallace Maluku adalarından Ternate'de ateşlenip hastalandığı sırada geldi. Bütün gün yatakta hasta yatıp türler problemini düşünürken aklına Thomas Malthus'un çalışması geldi. Her nesilde neden bireylerin çoğu ölürken bazı bireylerin hayatta kaldığını düşünürken bunun şans eseri olmadığının farkına vardı; hayatta kalıp üreyebilmeyi başa-

ranlar kendi zamanlarında var olan çevre koşullarına en uygun olanlar olmalıydı. Salgına en dirençli olanlar geçirdikleri hastalıklarda hayatta kalıyor, en hızlılar yırtıcı hayvanlardan kaçıyordu, vs. "Ardından birden bu kendi kendine işleyen sürecin *ırkı geliştirmesi* gerekeceği aklıma geldi, çünkü her nesilde kaçınılmaz olarak sonunda aşağı düzeyde olanların hepsi öldürülecek, üstün olan hayatta kalacaktı; bu *en uygunun hayatta kalması* demekti."[22]

Bu doğal seçilim yoluyla evrim kuramının esasıdır. Birincisi çocuklar ebeveynlerine benzer ancak her nesilde bireyler arasında küçük farklılıklar vardır. Sadece çevreyle en uyumlu bireyler üreyecek kadar hayatta kalır, böylece onları başarılı kılan küçük farklılıklar seçilerek bir sonraki nesle geçirilir ve norm halini alır. Koşullar değiştiğinde veya türler yeni bir bölgeye yerleştiğinde (Darwin'in Galapagos Adalarındaki kuşlarda ve Wallace'ın Malezya Takımadalarında gördüğü gibi), türler yeni koşullara uyum sağlamak için değişirler ve bunun sonucunda yeni türler ortaya çıkar. Ne Darwin'in ne de Wallace'ın bilmediği ve netleşmesi yirminci yüzyılı bulan şey, kalıtsallığın nasıl gerçekleştiği ve varyasyonların nereden geldiğiydi (*bkz.* 14. Bölüm). Yine de gözlemlenmiş bir olgu olan küçük değişimlerle kalıtsallık verili kabul edildiğinde doğal seçilim, yeterli zaman olduğu koşullarda evrimin nasıl olup da tek, basit bir ortak atadan otobur yaşam biçimine uyum sağlamış bir antilobu, yenen otu, antilopu yemeye uyum sağlamış bir aslanı, yiyecek olarak ancak belirli türde bir tohum yiyen bir kuşu veya bugün dünyada var olan insan dahil herhangi bir türü üretebildiğine açıklık getirdi.

Wallace'ın 1858 yılının Şubat ayında hasta yatağında deneyimlediği bu aydınlanma anı, "Değişikliklerin Özgün Türden Süresiz Olarak Sapma Eğilimi Hakkında" başlıklı bir makale yazıp içeriği hakkındaki görüşünü sorduğu bir mektupla Darwin'e yollamasına sebep oldu. Paket Down House'a 18 Temmuz 1858 tarihinde ulaştı. Tıpkı Lyell'in ve başkalarının uyarıda bulunduğu gibi fikirleri-

[22] *My Life* [*Hayatım*]. Wallace'ın "en uygun olanın hayatta kalması" kavramını kullandığını açıklayan bu alıntı olaydan çok sonra yazılmıştır, kuramın Darwin veya kendisi tarafından ilk formülasyonlarında bu ifade yer almaz.

ni kendisinden önce başkalarında görmenin şoku ile daha kişisel bir başka şok neredeyse aynı anda meydana geldi: Bundan sadece on gün sonra bebeklik çağındaki oğlu Charles Waring Darwin kızıl hastalığından öldü. Aile sorunlarına rağmen Darwin hemen dürüst olanı yapmaya çalışarak makaleyi Lyell'e gönderdi ve şu notu düştü:

> Benim erken davranmam konusunda söylediklerinin hepsi harfi harfine doğru çıktı... Bundan daha çarpıcı bir tesadüf görmedim hiç; eğer Wallace benim 1842 yılında kaleme aldığım el yazısı taslağı yazmış olsaydı, bundan daha iyi bir kısa özet yapamazdı! ... Ben elbette hiç beklemeden yazarak bunu herhangi bir dergiye yollamasını önereceğim.[23]

Ancak Lyell, Darwin'in yakın çevresinden bir başka doğabilimci Joseph Hooker'la (1817–1911) beraber alternatif bir yol buldu. Konuyu Darwin'in elinden aldılar (Darwin küçük Charles'ın kaybını güçlükle kabul etmeye, Emma'yı teselli etmeye ve cenaze işlerini halletmeye uğraşırken bu işi onlara seve seve bıraktı) ve Darwin'in kuramının 1844 tarihli çerçevesini Wallace'ın makalesine ekleyerek ortak baskı yapılmak üzere Linnaeus Derneğine sundular. Makale dernekte 1 Temmuz'da okundu, hemen büyük bir etki yaratmadı[24] ve usule uygun ve doğru olarak şu etkileyici başlıkla yayımlandı: "*Türlerin varyasyon oluşturma eğilimi ve seçilimin doğal araçları yoluyla türlerin ve değişimlerinin yenilenmesi;* Yazanlar: Charles Darwin Esq., FRS, FLS, & FGS ve Alfred Wallace Esq., İletişim Katkısında Bulunanlar: Sir Charles Lyell, FRS, FLS ve J. D. Hooker Esq., MD, VPRS, FLS, & vs.". Buradaki "&vs" ifadesi müthiş!

Darwin'in *Türlerin Kökeni*'ni Yayımlaması

Wallace'ın makalesinin kendisine bile danışılmadan kavalye muamelesine tabi tutulmasından hiç olmazsa biraz mutsuz ol-

---

[23] *Bkz. Autobiography*, editör Francis Darwin

[24] Otobiyografisinde Darwin şu yorumu yapar: "Ortak ürünlerimiz çok az dikkat çekti ve hatırlayabildiğim tek yazılı yorum Dublin'den Profesör Haughton'unkiydi, onun hükmü de yazılanlarda yeni olan her şeyin yanlış, doğru olanların eski olduğuydu."

masını bekleyebilirsiniz, oysa o bundan memnun oldu ve sonrasında doğal seçilim kuramından bahsederken hep Darwinizm ifadesini kullandı, hâttâ bu adla bir kitap bile yazdı. Çok sonraları şöyle yazacaktı: "1858 tarihli makaleme borçlu olduğumuz tek büyük sonuç Darwin'i yazmaya ve daha fazla ertelemeden *Origin of Species*'ını [*Türlerin Kökeni*] yayımlamaya mecbur bırakmasıydı."[25] Gerçekten böyle oldu: *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of favoured races in the struggle for life* [*Doğal Seçilim Vasıtasıyla Türlerin Kökeni veya hayat mücadelesinde avantajlı ırkların Korunumu Üzerine*] 24 Kasım 1859 tarihinde John Murray tarafından basıldı ve hem bilimsel camiada hem de bütün dünyada büyük bir etki yarattı. Darwin başka önemli kitaplar yazmaya, servetini büyütmeye ve hayatının 19 Nisan 1882'de sonlanacağı Down House'da ailesiyle beraber yaşlılığın keyfini sürmeye devam etti; genel olarak da evrim ve doğal seçilim hakkında kamuoyu önünde tartışma yürütmekten uzak durdu. Wallace da başka kitaplar yazdı, bir süre için çok daha mütevazı düzeyde de olsa zengin oldu, ancak tinselci akıma kapılarak bilimsel ününe leke düşürdü. Spiritüalist görüşleri insanın varlığı konusundaki fikirlerini de etkiledi, insanların Tanrı tarafından özel yaratıldığını ve diğer türlerle aynı evrim yasalarına tabi olmadıklarını savundu. 43 yaşına geldiği 1886 yılında henüz 18 yaşında olan Annie Mitten'la evlendi ve çiftin bir kız ve bir erkek çocuğu oldu. Karşılaştıkları ekonomik güçlüklerden bir türlü kurtulamadılar, ancak 1880'de esasen Darwin ile Thomas Henry Huxley'in[26] fikri

[25] Wilma George'dan alıntılanmıştır.

[26] Huxley'in (1825–1895) bizim burada verebileceğimizden daha fazla yeri hak etmesinin nedeni, ne bilim alanındaki önemli ancak çığır açıcı olmayan çalışmaları hâttâ ne de doğal seçilim kuramının kabul görmesinde "Darwin'in buldoğu" olarak oynadığı roldür. Bilim tarihindeki asıl önemi, sıkı çalışması ve becerisi sayesinde tırnaklarıyla kazıya kazıya aşağı tabakadan çıkıp önde gelen bilimsel bir kişilik haline gelmesi, emekçi sınıflara daha iyi bir eğitim için mücadele etmesi ve sadece beyefendilere açık olmayan yeni okuma olanaklarının Londra, Birmingham ve Manchester'ın yanı sıra Baltimore'da Johns Hopkins Üniversitesinde açılmasına önayak olmasında yatar. Bilimin zenginlerin uğraştığı bir hobi olmaktan çıkıp insanlara yapmaları için para ödenen bir meslek olarak kurumlaşmasına yardımcı olmuştur. 1858'de

olan ve önde gelen bilim insanlarının imzaladığı bir dilekçenin sonucu olarak Kraliçe Victoria'nın Wallace'a hayat boyu yılda 200 poundluk bir maaş bahşetmesinin ardından rahata kavuştular. 1893'te Kraliyet Derneği üyesi seçildi, 1910'da liyakat nişanı aldı ve 7 Kasım 1913'te Dorset, Broadstone'da öldü. Charles Darwin bu sayfalarda karşılaştığımız 1800'den sonra doğan ilk bilim insanıydı; 1900'lü yıllarda ölen ilk bilim insanı da Alfred Wallace oldu. Bilim alanında on dokuzuncu yüzyılda karşılaşılan tüm diğer başarılara kıyasla onların başarısı hepsinden üstün bir yerde duruyor.

aktif olarak işçi sınıfından gelen Wallace'ın değil, (son derece zeki bir bilim insanı olması haricinde, Huxley'in nefret ettiği her şeyin bir örneği olan) amatör beyefendi Darwin'in savunuculuğunu yapması hayatın cilvelerinden biridir. Huxley'i bir dipnota düşürmemizin tek teselisi, onun hakkında her şeyi Adrian Desmond'un harika biyografisinde bulabilecek olmanızdır.

10
Atomlar ve Moleküller

Humphry Davy'nin gazlar üzerine çalışması; elektrokimyasal araştırma – John Dalton'un atom modeli; ilk kez atom ağırlıklarından bahsedilmesi– Jöns Berzelius ve elementlerin araştırılması – Avogadro sayısı – William Prout'un atom ağırlıkları hipotezi – Friedrich Wöhler: Organik ve inorganik maddeler konusunda çalışmalar – Valans – Stanislao Cannizzarto: Atomlar ile moleküller arasındaki ayrım –Mendeleyev ve diğerlerinin periyodik tabloyu geliştirmesi – Termodinamik bilimi – James Joule ve termodinamik – William Thomson (Lord Kelvin) ve termodinamik yasaları – James Clerk Maxwell ve Ludwig Boltzmann: Kinetik kuram ve moleküllerin ortalama serbest yolu – Albert Einstein: Avogadro sayısı, Brown hareketi ve gökyüzünün mavi olmasının nedeni

Charles Darwin on dokuzuncu yüzyıl bilimi üzerine tartışmalarda egemen isim olsa da, aslında bir aykırılıktır. On dokuzuncu yüzyılda (Darwin'in yaşamıyla hemen hemen aynı zaman dilimi içerisinde) bilim, beyefendilerce yerine getirilen ve tek bir bireyin ilgi ve becerilerinin önemli bir etki yaratabildiği bir hobi olmaktan çıkarak, ilerlemenin yerleri belli bir ölçüde doldurulabilen çok sayıdaki bireyin çalışmasına dayalı olduğu çok nüfuslu bir mesleğe dönüştü. Gördüğümüz gibi doğal seçilim kuramında bile fikri Darwin bulmamış olsaydı eğer Wallace bulurdu ve biz bundan sonrasında artık keşiflerin birbirlerinden bağımsız ve büyük oranda habersiz çalışan farklı insanlarca eşzamanlı denilebilecek biçimde yapıldığını giderek daha fazla göreceğiz. Madalyonun öteki yüzü ne yazık ki bilimcilerin sayısının artmasının ataletin de artmasını ve bunun sonucunda değişime karşı bir direnci beraberinde getirmesidir. Bunun anlamı, parlak zekâlı bir birey dünya-

nın işleyişine ilişkin yepyeni bir sezgiyle ortaya çıktığında bunun genellikle otomatikman reddedilmesiyle ve bilimin kolektif aklı tarafından kabul görmesi için bir kuşak geçmesi gerekliliğiyle çok sık karşılaşılmasıdır.



30. *Dalton'un kimyasal element sembolleri.*

İlerleyen bölümlerde, bu ataleti John Dalton'un atomlar konusundaki fikirlerine verilen (veya verilmeyen) tepkide gözleyeceğiz; keza Dalton'un hayatı boyunca bilimin nasıl geliştiğini de rahatlıkla görebileceğiz. Dalton doğduğunda, 1766 yılında bugün bizim bilim insanı olarak sınıflandıracağımız insan sayısı tüm dünyada muhtemelen 300 kişiyi geçmezdi. 1800 yılında, Dalton bugün hatırlanmasını sağlayan çalışmasını yapmak üzere olduğu sırada bu sayı yaklaşık bindi. 1844 yılında öldüğü zaman yaklaşık 10.000 ve 1900 yılında 100.000 civarındaydı. Kaba bir ifadeyle on dokuzuncu yüzyılda bilimcilerin sayısı on beş yılda bir ikiye katlanmıştır. Elbette Avrupa nüfusunun da 1750 ile 1850 yılları arasında yaklaşık 100 milyondan 200 milyona yükseldiğini ve Britanya'nın nüfusunun sadece 1800 ile 1850 arasında yaklaşık 9 milyondan 18

milyona çıkarak ikiye katlandığını hatırlatalım. Bilimcilerin sayısı nüfus artışıyla doğru orantılı olarak arttı ancak ilk verdiğimiz bilim insanı sayısındaki artışın bundan çok daha çarpıcı olduğu kesindir.[1]

Humphry Davy'nin Gazlar Üzerine Çalışması; Elektrokimyasal Araştırma

Amatörlükten profesyonelliğe geçiş süreci, daha kısa bir hayatı olmasına rağmen aslında Dalton'dan da genç olan Humphry Davy'nin kariyerinde çok açık biçimde görülür. Davy 17 Aralık 1778'de Penzance, Cornwall'de doğdu. Cornwall o dönem halen daha İngiltere'den ayrı bir ülke gibiydi ve Cornca tamamen unutulmuş bir dil değildi; ancak Davy'nin başarma tutkusu küçük yaştan itibaren doğduğu yerin sınırlarının çok ötesine uzanıyordu. Davy'nin babası Robert küçük bir çiftlik sahibiydi, aynı zamanda ağaç oymacılığı da yaptı ama hiç zengin olmadı. Annesi Grace daha sonra devrimden kaçmış bir Fransız kadınla beraber bir şapka dükkânı işletti, yine de onun aile bütçesine katkısına rağmen ailenin koşulları öylesine kötüydü ki 9 yaşındaki (beş çocuğun en büyüğü) Humphry, annesinin üvey babası cerrah John Tonkin'in yanına yollandı. Humphry'in babası 1794 yılında ailesine borçtan başka bir şey bırakmayarak öldüğünde Tonkin, Truro Gramer Okulunda göze çarpan bir düşünsel beceri sergilemeksizin okumuş olan Davy'nin önüne ileride Edinburgh'ta tıp okuma hedefini koyarak bölgedeki bir eczanede çıraklığa girmesini önerdi. Bu dönemde Davy göçmen bir Fransız papazdan Fransızca da öğrendi; bunun ne kadar paha biçilmez bir beceri olduğunu kısa süre içerisinde anlayacaktı.

Davy'nin umut vaat eden bir çırak olduğu görüldü ve Benjamin Thompson'u hatırlatan biçimde kendi kendisine bir eğitim programı oluşturdu. Başarılı bir eczacı hâttâ doktor olması bile mümkündü. 1797/98 kışı genç adamın yaşamında bir dönüm noktası oldu. 1797 yılının sonunda, on dokuzuncu yaş gününden kısa bir süre önce Lavoisier'nin *Traité Elémentaire*'ini Fransızca aslından okudu ve kimyaya gönül verdi. Birkaç hafta öncesinde

[1] Rakamlar Greenaway'den.

Davy'nin hâlâ iki yakasını bir araya getirmeye uğraşan dul annesi, verem (tüberküloz) hastalığına tutulmuş ve sağlığı nedeniyle Cornwall'in görece ılıman iklimine gönderilmiş genç bir adamı evine, kış dönemi için kiracı olarak almıştı. Gregory Watt adlı bu genç adam, James Watt'ın Glasgow Üniversitesinde kimya okumuş olan oğlu çıktı. Gregory Watt ve Humphry Davy, Watt'ın 1805 yılında 27 yaşında ölümüne dek sürecek bir dostluk kurdular. O kış Watt'ın Penzance'deki varlığı Davy'ye kimyaya olan ilgisini paylaşacak birini kazandırdı; 1798'de kendi deneylerini gerçekleştirerek (o günlerde henüz kimya alanında olan) ışık ve ısı konusundaki fikirlerini uzun bir el yazması haline getirdi. Bunların çoğu safça fikirlerdi ve bugün yakından incelediğimizde (her ne kadar Davy'nin kalorik fikrini reddettiğini not etmeye değerse de) zayıflıkları apaçık ortadadır; buna karşın bu kendi kendisini eğitmiş 19 yaşındaki bir taşralı için etkileyici bir başarıdır. Humphry Davy, Gregory Watt ve babası James tarafından Bristollu Dr. Thomas Beddoes'la (mektup yoluyla) tanıştırıldı ve ona ısı ve ışık konusundaki makalesini gönderdi.

Beddoes (1760–1808) Edinburgh'ta Joseph Black'ten dersler almış, ardından önce Londra'ya sonra Oxford'a gitmiş ve tıp eğitimini tamamladıktan sonra burada 1789 ile 1792 yılları arasında kimya dersleri vermişti. Daha sonra farklı gazların keşfedilmesi ilgisini çekti ve bu gazların tıpta kullanımını araştırmak amacıyla bir klinik kurmaya karar verdi. Hidrojen solumanın veremi tedavi edebileceği gibi (modern gözle bizde dehşet uyandırabilecek) bir fikre sahipti; Bristol'e taşınarak bir yandan hekimlik yaparken öte yandan gerekli kaynakları topladı ve 1798'te Pnömatik Enstitüsü'nü kurdu. Beddoes kimya çalışmalarında kendisine yardımcı olacak bir asistan arıyordu ve genç Davy işe kabul edildi. Böylece 2 Ekim 1798 tarihinde, yirminci yaş gününe birkaç ay kala Penzance'tan ayrıldı.

Davy Bristol'de bugün azot oksit olarak bilinen gazla, adını daha geniş çevrelere duyurmasını sağlayan deneylerini gerçekleştirdi. İnsan vücuduna etkilerini tespit etmenin tek yolu olarak düşündüğü şekliyle "4,5 litre" azot oksit hazırlayarak bunu ciğerlerini mümkün olduğunca boşaltıp ipek bir keseden içine çekti. Gazın zehirleyici özelliğini derhal keşfetti ve kısa süre sonra buna

zevk düşkünü sınıflar içerisinde sansasyon yarattığı için "gülme gazı" adını verdi. Bir süre sonra yirmilik dişinden acı çektiği sırada Davy kazara gazın acısını hafiflettiğini keşfetti ve hâttâ 1799 yılında bunu "cerrahi operasyonlarda kullanılması gayet mümkün" biçiminde not etti. O dönem ne yazık ki bu önerisi hayata geçirilmedi ve diş çekerken "gülme gazının" kullanılmasında öncü rolü oynamak 1844 yılında Amerikalı dişçi Horace Wells'e kaldı.

Davy çeşitli gazları içine çekerek kendi üzerinde deneyler yapmaya devam etti, hâttâ bunlardan bir tanesi az kalsın ölümle sonuçlanıyordu. Su gazı diye bilinen (aslında karbonmonoksitle hidrojen karışımı olan) ve sıcak odun kömürünün üzerinden buhar geçirilmesi yoluyla üretilen bir maddeyle deney yapıyordu. Karbonmonoksit son derece zehirlidir, hızla acısız derin bir uykuya sebep olarak öldürür (birçok intiharda araba motorunun açık bırakılıp egzoz dumanı solunarak ölmenin seçilmesi bundandır). Davy gazı içine çektiği keseyi bayılmadan az önce dudaklarından bırakmayı başardığı için, uyandığında şiddetli bir baş ağrısı dışında bir şeyi yoktu. Her şeye karşın azot oksitle adını duyurmayı başarmıştı.

Yaklaşık on ay boyunca gazın kimyasal ve fizyolojik özellikleri üzerinde kapsamlı biçimde çalıştıktan sonra Davy keşfettiklerini üç aydan kısa sürede tamamladığı ve 1800 yılında yayımlanan, 80.000 sözcükten uzun bir kitaba çevirdi. Kariyeri açısından bundan daha iyi bir zamanlama olamazdı. 1800 yılında azot oksit çalışması sona ererken Davy, Volta'nın galvanik pili icat (veya keşif) ettiği haberlerinin sonucunda elektrik konusuyla ilgilenmeye başladı. Çalışmalarına bir elektrik akımı hareketi sonucunda suyun hidrojen ve oksijenlerine ayrıştığı klasik deneyle başlayan Davy, kısa zamanda kimya ile elektrik arasında önemli bir ilişki olduğu kanısına vardı. O bu çalışmalarına başlarken Kont Rumford (o zamanki adıyla Benjamin Thompson) Londra'da Kraliyet Kurumunu [Royal Institution, RI] kurmaya çalışıyordu. RI 1799 yılı Mart ayında kurulmuş ancak atanan ilk kimya profesörü Thomas Garnett görevinde başarılı olamamıştı. İlk dersleri iyi geçmiş ancak ikinci dönem dersleri hazırlık yoksunluğu ve heyecan uyandırmayan sunumuyla hayal kırıklığı doğurmuştu. Bunun haklı sebepleri de vardı; Garnett'in eşi yeni ölmüştü ve o sadece derslere değil

her şeye karşı olan heyecanını kaybetmiş gibiydi, 1802 yılında henüz 36 yaşındayken de öldü. Garnett'in başarısızlığının nedenleri bir kenara, RI'ın umut vaat eden başlangıcının üzerine ekleyerek başarılı olmaya devam etmesi için Rumford'un hızlı hareket etmesi şarttı. Bu yüzden Britanya kimyasının semalarında yükselen parlak yıldız Davy'yi kimya alanında asistan öğretmen ve RI'daki laboratuarın müdürü olması için yıllık 100 gine başlangıç maaşı artı RI'da konaklama ve Garnett'in arkasından en üst göreve getirilme olasılığı sunarak ekibe davet etti. Davy kabul ederek 16 Şubat 1801'de işe başladı. Ders sunumları hem her zaman çok iyi hazırlanılmış ve prova edilmiş konuşmalarındaki canlandırma ve heyecanlandırma yönünden hem de bakımlı genç hanımları konu ne olursa olsun derslere çeken yakışıklı görünümü ve karizması sayesinde müthiş başarılı oldu. Garnett (Rumford'dan gelen baskıyla) bir süre sonra istifa etti ve Davy, Rumford Londra'dan ayrılıp Paris'e yerleşmeden hemen önce 1802 yılı Mayıs ayında kimya profesörü olarak atanmasıyla birlikte RI'daki en üst yönetici haline geldi. Oysa henüz sadece 23 yaşındaydı ve Truro Gramer Okulunun sunabileceğinin haricinde hiçbir resmi eğitim almamıştı. Bu açıdan (tam manasıyla bir beyefendi olmasa da) son büyük amatör bilim insanlarından biriydi; ancak RI'ın maaşlı çalışanlarından biri olması hasebiyle de ilk profesyonel bilimcilerdendi.

Genellikle "saf" bir bilimci olarak anılmasına karşın, hem genel anlamda RI'da hem de sanayi ve (özellikle) tarım alanındaki uygulamalarla bilimin ilerlemesine yardım etmesi Davy'nin en büyük çağdaş dönem başarısıydı. Örneğin Tarım Bakanlığının düzenleyiciliğiyle kimyanın tarımda kullanımı konusunda ün kazanan bir dizi ders verdi. Daha sonra (1810'da) bu dersleri (ek olarak elektrokimya derslerini) 500 ginelik bir ücretle Dublin'de tekrarlamasının istenmesi, bundan bir yıl sonra (RI'da 1801'de aldığı başlangıç maaşının yedi katından fazla bir para olan) 750 gineye bir dizi ders daha vermesi, konunun önemi ve Davy'nin sunum becerisi konusunda fikir vericidir. Bu arada Dublin'de Trinity College tarafından onursal hukuk doktoru ünvanına layık görüldü; bu onun aldığı yegâne akademik derece olacaktı.

John Dalton'un (Davy'nin Kraliyet Derneği üyesi olduğu yıl olan) 1803 yılı Aralığında RI'da ders verdiği dönemde kaydettiği bir not-

tan Davy'nin ders hazırlama yöntemi konusunda bir fikir edinebiliriz. Dalton aktarımına göre[2] ilk dersinde anlatacaklarının hepsini kâğıda döküyor, Davy onu konuşmasından önceki akşam anfiye götürüyor ve kendisi en uç köşede oturup dinlerken Dalton'a tüm konuşmayı okutuyor, ardından bu kez Davy okuyor ve Dalton dinliyor. "Ertesi gün konuşmamı yaklaşık 150 ila 200 arası dinleyiciye okudum... Bitince bana çok cömert bir alkış bahşettiler." Yine de Davy (ileride göreceğimiz üzere) birçok çağdaşı gibi, Dalton'un atom modelinin sonuçlarını kabul etme konusunda tereddüt gösterecekti.

Davy'nin elektrokimya araştırması, bu yeni bilimin Kraliyet Derneğinin 1806 yılındaki Baker Konferansında başyapıt niteliğinde bir analiz ve tanıtımını yapmasını sağladı; hâttâ bunu öyle usta işi ve etkileyici bir biçimde yaptı ki, bir sonraki yıl Britanya ile Fransa hâlâ savaşta olmalarına rağmen Fransız Akademisinden bir madalya ve ödüle layık görüldü. Bundan kısa bir süre sonra potas ve sodadan geçirilen elektrik akımlarını kullanarak daha önce bilinmeyen iki metali izole etti ve bunlara potasyum ile sodyum adlarını verdi. 1810 yılında bu kez kloru izole ederek isimlendirdi. Elementlerin herhangi bir kimyasal süreçle bileşenlerine ayrıştırılamayan maddeler olarak doğru tanımını yaptı, klorun element olduğunu ve tüm asitlerin ana bileşeninin oksijen değil hidrojen olduğunu tespit etti. Bu Davy'nin kimya kariyerinde ulaştığı en üst nokta oldu ve yaşamını birçok yönden gerçek potansiyelini hayata geçiremeden sürdürdü. Bunun bir nedeni resmi eğitim almayışının bazen onu doğru dürüst niceliksel analizden yoksun, yalapşap çalışmalara sürüklemesiyse, bir başka nedeni de şöhret ve zenginliğin başını döndürmesi ve bilimsel çalışmalarını yürütmek yerine konumunun sağladığı toplumsal fırsatların zevkini çıkarmaya başlamasıydı. 1812 yılında şövalye ilan edildi, bundan üç gün sonra zengin bir dulla evlendi, birkaç ay sonra da (ileride kendisinin yerini alacak olan) Michael Faraday'i RI'da asistan olarak işe aldı. Aynı yıl RI'daki kimya profesörlüğünden ayrıldı, yerine William Brande (1788–1866) geçse de, laboratuar müdürlüğü görevini devam ettirdi. Bunu gelin hanımla (ve Faraday'la) Fransızların ünlü bilim adamına sağladıkları özel pasaport sayesinde kapsamlı bir Avrupa turu izledi (savaş elbette 1815'e dek sürdü). Bu keyifli yol-

[2] *Bkz.* Hartley

culuğun ardından İngiltere'ye döndüğünde Davy kendi adını taşıyan, madencilerin ünlü güvenlik lambasını tasarladı; bu tasarımın gerçekleşmesi için yapılan çalışma öylesine titiz ve zorlu bir emeği gerektirmektedir ki (ve bu yüzden Davy'nin alışılageldik yaklaşımından o kadar uzaktır ki), kimi yorumcular Faraday'in bu işte büyük emeğinin olduğunu düşünürler. Davy 1818'de baronet, 1820'de Kraliyet Derneği Başkanı oldu. Bu makamın beraberinde taşıdığı bütün törensel işlerden büyük bir keyif alıyordu ve öyle züppe biri haline geldi ki, 1824'te Faraday'in Derneğe üye kabul edilmesine karşı çıkan tek kişi o oldu. 1825 yılından itibaren kronik hastalıkları başladı, RI'daki laboratuar müdürlüğünden emekli oldu ve Britanya bilim sahnesinden çekildi. 1827'den başlayarak iklimin sağlığına daha faydalı geldiği Fransa ve İtalya'ya seyahatler düzenledi ve muhtemelen bir kalp krizi sonucu 29 Mayıs 1829 tarihinde, elli bir yaşında Cenevre'de öldü.

Humphry Davy bilimin ağır ağır profesyonelleşmesinden faydalanan ilk kişilerden biriydi, John Dalton'un bilim (tabiri caizse) kariyeriyse bize on dokuzuncu yüzyılın ilk on yıllarında bu süreçte daha epey bir yol alınması gerektiğini gösteriyordu. Dalton Cumberland'deki Eaglesfield köyünde kesin olarak 1766 yılında ve muhtemelen Eylülün ilk haftasında doğdu. Bir Quaker ailesinden geliyordu, ancak her nedense tam doğum tarihi Quaker kayıtlarında yer almadı. Bebek yaşta ölen üç, hayatta kalan Jonathan ve Mary adlarında iki kardeşi olduğunu biliyoruz; en büyükleri Jonathan'dı, Mary'ninse John'dan büyük mü küçük mü olduğu kayıtlarda belirtilmiyor. Babaları dokumacıydı ve ailenin iki odalı bir evi vardı, bir oda çalışmak ve diğer günlük işler için, diğer oda uyumak için kullanılıyordu. Dalton zorla Latince dayatılmayan ve matematiğe ilgi duymasının önünü açan bir Quaker okulunda okudu ve kitap ve dergilerini okumasına izin veren bölgedeki zengin bir Quaker olan Elihu Robinson'un dikkatini çekti. 12 yaşından itibaren Dalton aile bütçesine katkı yapmaya başlamak durumunda kaldı, önce evinde, daha sonra Quaker Toplantı Salonunda mütevazı bir ücret karşılığında kendisinden daha küçük (bazıları fiziksel olarak kendisinden daha büyük gösteren) çocuklara özel ders vermeye çalıştı; ancak bu işte başarı elde edemeyince vazgeçip çiftlik işlerinde çalışmaya başladı. 1781 yılında büyük bir Quaker nüfu-

sun yerleşik olduğu zengin bir kent olan Kendal'da Quakerler için açılmış bir okulun işletilmesinde kuzenlerinden biri olan George Bewley'e yardımcı olan ağabeyi Jonathan'ın yanına giderek toprağa bağlı bir yaşamdan kurtulmuş oldu. Kuzenleri 1785 yılında emekli olunca iki kardeş okul yönetimini devraldı, kızkardeşleri de ev bakım işlerini üstlendi ve John Dalton 1793'e dek yaşamını burada sürdürdü. Yavaş yavaş bilime ilgi duymaya başladı, döneminin popüler dergilerine sorular hazırladı, gelen soruları yanıtladı, meteorolojik gözlemler yapmaya başladı ve yaptığı gözlemleri 24 Mart 1787 tarihinden başlayarak ölümüne dek her gün kaydetti.

Gelecek vaat etmeyen işinin sunduğu kısıtlı imkânların ve düşük mali getirilerin hayal kırıklığına uğrattığı Dalton önüne bir avukat veya hekim olma hedefi koydu ve Edinburgh'ta tıp okumanın ne kadara malolacağını araştırdı. (Quaker olduğu için ederinden bağımsız olarak ne Oxford'da ne de Cambridge'te okuma olanağı vardı.) Entelektüel açıdan bu işe uygun olduğu kesindi; ama arkadaşları bu tutkusunu hayata geçirmek için gereken kaynağı elde etme umudu olmadığını düşünüyor ve söylüyorlardı. Kısmen biraz daha para kazanmak, kısmen de bilim arzusunu doyurmak için Dalton küçük bir giriş ücreti uygulanan kamuya açık konferanslar vermeye başladı ve aşama aşama genişlettiği çalışma bölgesi Manchester'e dek uzandı. İşi sayesinde edindiği ünün de etkisiyle 1793 yılında, 1786 yılında kurulmuş ve bir zekâ örneği sayılamayacak biçimde New College [Yeni Üniversite] adı verilmiş Manchester'daki yeni bir üniversitede matematik ve doğa felsefesi öğretmeni oldu. Manchester'a taşındıktan kısa bir süre sonra Kendal'da kaleme aldığı meteorolojik gözlemleri bir kitap biçiminde yayımlandı. Bu kitaptaki bir ek bölümde Dalton, su buharını ve havayla ilişkisini ele alarak buharı hava parçacıkları arasında var olan parçacıklar olarak betimledi; bir su buharı parçacığını çevreleyen hava parçacıklarının "eşit ve zıt basınçlarının onu başka bir buhar parçacığının yanına taşıyamadığını ve bu nedenle yoğuşumun gerçekleşemediğini" tespit etti. Bunu ileride oluşturacağı atom kuramının habercisi olarak değerlendirebiliriz.[3]

[3] Aslında o sırada bu sadece bir modeldi ancak tarihi nedenlerle ben de bunu bir kuram olarak adlandırma yönündeki ortak kararın dışına çıkmayacağım.

Manchester, Dalton'un yaşadığı 50 yıl içerisinde küçük ölçekli ev içi üretimden şehirdeki fabrikalara taşınan dokuma endüstrisiyle nüfusu hızla artan bir kentti. Kendisi bu sanayiyle doğrudan ilişkili olmasa bile New College gibi eğitim kurumlarının yeni yaşam biçiminin gerektirdiği teknik becerilere sahip giderek büyüyen bir kesimin ihtiyaçlarını karşılayan varlığı nedeniyle Dalton da bu dönüşümün bir parçasıydı. Buradaki derslerine 1799 yılına dek devam etti; geçen süre içerisinde özel eğitmen olarak iyi bir gelir elde edebilecek kadar ün kazanmıştı ve hayatının geri kalanını da Manchester'da geçirdi. Neredeyse Manchester'a gelir gelmez ün kazanmasının nedenlerinden biri renk körü olmasıydı. Bu durum daha önce hiç tespit edilmemişti, Dalton renkleri etrafındaki insanlar gibi görmediğini ve ağabeyinin de aynı durumdan muzdarip olduğunu tespit etti. İkisi de özellikle mavi ve pembeyi birbirinden ayıramıyordu. Dalton 31 Ekim 1794 tarihinde Manchester Edebiyat ve Felsefe Derneğinde durumunun ayrıntılı analizini içeren bir makale okudu ve bu durum kısa süre içerisinde Daltonizm olarak bilinmeye başlandı (dünyanın bazı bölgelerinde halen bu isim kullanılır).

Bundan sonraki yaklaşık on yıl boyunca Dalton'un meteorolojiye duyduğu derin ilgi, onu su buharı konusunda aktardığımız fikirlerinin devamı olarak gaz karışımlarının doğası üzerine daha derin düşünmeye sevk etti. Bir gazın sürekli hareket halinde, birbirlerine ve içinde oldukları kabın duvarlarına çarpıp duran çok sayıdaki parçacıktan oluştuğu fikrine ulaşamadı, bunun yerine durağan bir çözümlemeyle gazın birbirlerinden yaylarla ayrılan parçacıklardan oluştuğunu düşündü. Bu sınırlılığına rağmen farklı gazların çeşitli sıcaklık ve basınç koşullarında işgal ettiği hacimler arasındaki ilişkiyi kurdu, gazların suda çözünme biçimini ve gazın içerisindeki tekil parçacıkların ağırlıklarının genel özellikleri üzerindeki etkisini tespit etti. 1801 yılında da, bir kap içerisindeki gazların karışımının uyguladığı toplam basıncın aynı koşullar altında (aynı kapta aynı sıcaklıkta) her bir gazın kendi başına uygulayacağı basınçların toplamı olduğunu söyleyen kısmi basınçlar yasasını formüle etti.

John Dalton'un Atom Modeli; İlk Kez Atom Ağırlıklarından Bahsedilmesi

Notları tam olmadığı için Dalton'un düşüncesinin gelişiminin izini sürmek tam anlamıyla mümkün değil ama 1800'lü yılların başlangıcında her elementin o elemente özgü farklı türde bir atomdan yapılmış olduğunu ve bir elementi diğerinden farklılaştıran ayırıcı özelliğin atomlarının ağırlığıyken, belirli bir elementin aynı ağırlıktaki atomlarının birbirlerinden ayırt edilemediğini düşündüğünü biliyoruz. Temel atomlar yaratılamaz ve yok edilemez. Bu temel atomların belirli kurallar doğrultusunda birbirleriyle birleşerek "bileşik atomlar" (bugün buna molekül diyoruz) oluşturmasıysa mümkündür. Hâttâ Dalton farklı elementlerin temsil edildiği bir semboller sistemi de oluşturdu, ancak bu fikir genel kabul görmedi ve bir süre sonra da bugün bildiğimiz, elementlerin isimlerinden (bazı durumlarda latince isimlerinden) yola çıkan alfabetik gösterim geçerlilik kazandı. Dalton'un modelindeki en büyük kusur, onun hidrojen gibi elementlerin tekil atomlardan değil (bugün verdiğimiz isimle) moleküllerden, H'den değil H_2'den oluştuğunu anlamamış olmasıydı. Kısmen bu nedenle bazı molekül birleşimleri yanlıştı, modern gösterimle suyu H_2O olarak değil HO olarak düşündü ve ele aldı.

Dalton modelinin bazı kısımları çeşitli makale ve konferanslarında betimlenmiş olsa da, fikrin ilk tam aktarımı Aralık 1803 ve Ocak 1804'te RI'da verilen ve Davy'nin Dalton'a sunum tarzında yardımcı olduğu konferanslarda sunuldu. Sistem, Thomas Thomson'un *System of Chemistry* [*Kimya Sistemi*] adlı kitabının 1807 yılındaki üçüncü baskısında (özel bir önem atfedilmeksizin) ve 1808 yılında, içinde tahmini bir atom ağırlıkları listesiyle birlikte yayımlanan Dalton'un kendi kitabı *New System of Chemical Philosophy*'de [*Kimya Felsefesinin Yeni Sistemi*] anlatıldı. (İlk atom ağırlıkları tablosunu Dalton 1803 yılındaki bir makalesinin sonunda sunmuştu.)

Dalton'un modeli bariz güç ve yeniliğine rağmen on dokuzuncu yüzyılın ilk on yılının sonundaki bilim dünyasında bir deprem yaratmadı. Çok sayıda kişi kimi zaman felsefi nedenlerle (atomlar arasındaki boşluklarda hiçbir şey olmadığı iması nedeniyle) atom

fikrini kabul etmekte zorlandı. Hâttâ fikri benimseyenlerin birçoğu da bunu ancak buluşsal* bir yol olarak, elementlerin küçük parçacıklardan oluşmuş *olsalardı* nasıl davranacağını bulmak için kullanılan bir araç olarak ele aldı; elementlerin ille de bu küçük parçacıklardan oluşması *gerekmiyordu*. Dalton atomunun kimyanın gerçek bir özelliği olarak kabul görmesi için neredeyse yarım yüzyıl gerekti ve ancak yirminci yüzyılın ilk yıllarında (Dalton'un öngörüsünden neredeyse tam yüz yıl sonra) atomların varlığına ilişkin kesin kanıtlar doğru kabul edildi. Dalton bu fikirlerin gelişimine daha başka bir katkı yapmasa da uzun yaşamı boyunca çeşitli şekillerde onurlandırıldı (bunların içerisinde 1822 yılında Kraliyet Derneği üyesi ve 1830 yılında Davy'nin ardından Fransız Akademisinin tarihinde kabul ettiği toplam sekiz yabancı meslektaştan biri olmak da vardı). 27 Temmuz 1844'te Manchester'da öldüğünde Quaker yaşam biçiminin tamamen dışında bir tarzda, yüz at arabasının geçit töreninde yer aldığı, tam anlamıyla üst düzey bir cenaze töreni düzenlendi; artık atom kuramı kabul görme yolunda ilerliyordu.

Jöns Berzelius ve Elementlerin Araştırılması

Dalton'un fikrinin geliştirilmesinde bir sonraki adım 20 Ağustos 1779 tarihinde Väversunda'da doğmuş olan İsveçli kimyacı Jöns Berzelius'tan geldi. Bir öğretmen olan babası Berzelius 4 yaşındayken ölmüş, annesi Anders Ekmarck adında bir papazla evlenmişti. 1788 yılında annesi de ölünce Berzelius amcalarından birinin ailesinin yanında yaşamaya başladı ve 1796'da Uppsala Üniversitesinde tıp okumaya başladı. Eğitimine harçlarını ödemek için çalışmak amacıyla bir süre için ara verse de, 1802 yılında tıp doktoru ünvanıyla mezun olmayı başardı. Mezuniyetinin ardından Stockholm'e taşınarak burada önce kimyacı Wilhelm Hisinger'in (1766–1852) yanında ücretsiz asistan, ardından benzer bir sıfatla tıp profesörü asistanı ve Stockholm'deki tıp fakültesinde eczacı olarak çalıştı; 1807 yılında profesör ölünce, onun yerine atanan kişi başarılı çalışması sayesinde Berzelius oldu. Bir süre sonra da tıptan vazgeçerek kimyaya yoğunlaştı.

* Heuristic [hōristik] –yn.

İlk dönem çalışmaları Davy'ye benzer şekilde Volta'dan esinlenmesi sonucunda elektrokimya alanında oldu, neyse ki aldığı eğitim sayesinde Berzelius Davy'den çok daha titiz bir deneyciydi. Bileşiklerin elektriksel açıdan artı ve eksi parçalardan oluştuğu (belli bir noktaya kadar doğru ama evrensel olarak değil) fikrini ilk ortaya atan kişilerden ve Dalton'un atom kuramının ilk takipçilerinden biriydi. 1810 yılından itibaren Berzelius farklı elementlerin birbirleriyle birleşme oranlarını ölçmek amacıyla deneyler gerçekleştirmeye başladı (1816 yılına gelindiğinde 2000 farklı bileşik üzerinde çalışmıştı). Bu zorlu çalışmanın sonucunda Dalton'un kuramının gereksinim duyduğu deneysel desteği sağlamaya doğru ilerleyerek o dönemde bilinen kırk elementin hepsinin atom ağırlıklarının doğruya yakın bir tablosunu üretti (yalnız ölçümler hidrojene göre değil oksijene göre yapılmıştı). Her ne kadar genel kabul görmesi için epey bir zaman gerekecek olsa da, elementlerin adlandırılmasında günümüzde kullanılan alfabetik sistemi icat eden kişi de oydu. Bu arada Berzelius ve Stockholm'deki meslektaşları selenyum, toryum, lityum ve vanadyum gibi bazı "yeni" elementleri de izole ederek tespit ettiler.

Kimyacıların elementlerin benzer kimyasal özelliklere sahip "aileler" biçiminde gruplandırılabileceğini düşünmeye başlaması da bu döneme rastlar. Berzelius klor, brom ve iyodun oluşturduğu gruba "halojenler" (tuz yapıcılar anlamına gelir) ismini verdi; isim icat etmekte usta bir kişi olarak "organik kimya", "kataliz" ve "protein" kavramlarını da ortaya attı. İlk kez 1803'te basılan *Textbook of Chemistry* [*Kimya Kitabı*] adlı eseri çok sayıda baskı yaparak büyük bir etki yarattı. 1835 yılında evlendiği gün İsveç Kralı tarafından baron ilan edilmesi, onun kimyada taşıdığı önem ve İsveç'te gördüğü saygının bir göstergesidir. 1848 yılında Stockholm'de ölmüştür.

Avogadro Sayısı

Her ikisi de 1811 yılında formüle edilen ve beraberce atom fikrini ileriye taşıyan iki fikir vardı ki, bunları ne Berzelius ne Dalton (ne de başka biri) hemen kavrayabilmişti. Gazların belirli hacimler oranında birleştiği ve tepkimenin ürünlerinin hacminin tepkimeye

giren gazların hacimleriyle basit bir biçimde bağlantılı olduğu düşüncesini, ilk kez Fransız kimyacı Joseph Louis Gay-Lussac (1778–1850) 1808 yılında kavradı ve 1809 yılında yayımladı. Örneğin iki hacim hidrojen bir hacim oksijenle birleşerek iki hacim su buharını oluşturur. Bu keşif, tüm gazların aynı genişleme ve sıkışma yasalarına uyduğunu gösteren deneylerle birlikte İtalyan Amadeo Avogadro'nun (1776–1856) 1811 yılında, herhangi bir gazın belirli bir hacminin verili bir sıcaklıkta aynı sayıda parçacık içerdiği hipotezini duyurmasına yol açtı. Aslında Dalton'un moleküller ve atomların hepsi için "atom" kelimesini kullandığı yerde, bu kez Avogadro her ikisi için birden "molekül" ifadesini kullanmıştı. Karmaşa yaratmamak amacıyla biz modern terminolojiye bağlı kalalım. Eğer, örneğin her bir oksijen molekülü, elementin hidrojen molekülleri arasında paylaşılabilecek şekilde bölünebilen iki atomunu içeriyorsa, Avogadro'nun hipotezi Gay-Lussac'ın keşfini açıklıyordu. Oksijenin (ve diğer elementlerin) çok atomlu bir moleküler biçimde (bu örnekte O değil O_2 biçiminde) var olabileceğinin fark edilmesi ileriye doğru atılmış son derece önemli bir adımdı. Böylece iki hacim hidrojen bir hacim oksijenin iki katı kadar molekül içeriyor ve bunlar birleştiğinde her bir oksijen molekülü her bir hidrojen molekülü çiftine bir atom sağlıyor ve sonuçta başlangıçtaki hidrojen hacmindeymiş gibi aynı sayıda molekül oluşuyordu.

Modern gösterimle $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$.

William Prout'un Atom Ağırlıkları Hipotezi

Avogadro'nun fikirleri o dönemde fazla dikkate alınmadı ve sonraki on yıllarda hipotezin sınanacağı deneylerin eksikliğiyle de birleşerek atom hipotezinin geliştirilmesindeki ilerleme oldukça yavaş seyretti. Yapılmış olan bazı iyi deneyler de, ironik biçimde, bu dönemde ortaya çıkan başka bir iyi fikir hususunda ciddi kuşkular uyandırdı. Dalton'un çalışmasının izinden ilerleyen Britanyalı kimyacı William Prout (1785–1850) 1815 yılında daha ağır elementlerin bir şekilde hidrojenden oluşmuş olabileceğini ima eder şekilde, bütün elementlerin atom ağırlıklarının hidrojenin atom ağırlığının tam katları olduğunu öne sürdü. Ancak on dokuzuncu yüzyıldaki deney teknikleri bu ilişkinin tam olarak doğru olmadı-

ğını gösterecek kadar iyiydi ve kimya teknikleriyle tespit edilen atom ağırlıklarının birçoğu, hidrojenin atom ağırlığının tam sayı katı olarak gösterilemiyordu. Bulmacanın çözümü yirminci yüzyılda izotopların (aynı elementin çok az farklı atom ağırlıklarına sahip atomlarıdır ve her bir izotop bir hidrojen atomunun ağırlığının tam sayı katı bir atom ağırlığına sahiptir) keşfedilmesiyle mümkün oldu (çünkü kimyasal yolla tespit edilen atom ağırlıkları, bir elementin sahip olduğu bütün izotopların atom ağırlıklarının ortalamasıdır) ve Prout'un hipotezi atomların doğasına ilişkin kilit önemde bir öngörü olarak kabul edildi.

Kimyada atomlar düzeyindeki ince farkların en az bir yarım yüzyıl daha araştırılmasına ihtiyaç varken, öte yandan kimyasal organizasyonların daha üst düzeylerinde nelerin olduğunun anlaşılmasında çok önemli bir gelişme yaşanıyordu. Deney yapanlar uzun zamandan beri, maddi dünyadaki her şeyin kimyasal maddelerin iki çeşidinden birine denk düştüğünün farkındaydılar. Su veya adi tuz gibi bazı maddeler ısıtılabiliyor ve yapılarını görünüş itibarıyla değiştiriyor (kırmızı kor halini alıyor, eriyor, buharlaşıyor vs) ama soğutulduklarında başlangıçtaki kimyasal durumlarına dönüyorlardı. Diğerleri, örneğin şeker veya odun ise ısı eylemi sonucunda tamamen değişime uğruyorlardı ve mesela bir odun parçasının "yanmasını geri almak", onu eski haline döndürmek çok zordu. 1807 yılında Berzelius bu iki tür malzeme arasındaki ayrıma resmiyet kazandıran kişi oldu. İlk malzeme grubu canlı olmayan sistemlerle, ikinci grup canlı sistemlerle yakından bağlantılı olduğu için bunlara "inorganik" ve "organik" isimlerini verdi. Kimya geliştikçe organik maddelerin genel anlamda inorganik maddelere oranla çok daha karmaşık bileşiklerden oluştuğu ortaya çıktı; ayrıca organik maddelerin doğasının, kimyanın canlı şeylerde cansız şeylerde olduğundan daha farklı işlemesini sağlayan bir "hayat kuvvetinin" varlığıyla bağlantılı olduğu da düşünülmeye başlandı.

Friedrich Wöhler: Organik ve İnorganik Maddeler Konusunda Çalışmalar

Burada saklı anlam olarak organik maddelerin *yalnızca* canlı sistemler tarafından yapılabildiği ima edildiği için, 1828 yılın-

da Alman kimyacı Friedrich Wöhler'in (1800–1882) çok farklı bir amaçla yürüttüğü deneyler esnasında kazara ürenin (idrarın bileşenlerinden biri) amonyum siyanat gibi basit bir maddenin ısıtılmasıyla yapılabildiğini keşfetmesi son derece dramatik bir sürpriz oldu. O sırada amonyum siyanat inorganik bir madde olarak değerlendiriliyordu; bu son bulgunun ve daha önce yaşamla herhangi bir bağlantısı olmamış maddelerden organik malzemelerin üretildiği benzer deneylerin ışığında "organik" tanımı değişikliğe uğradı. On dokuzuncu yüzyılın sonuna gelindiğinde artık organik kimyada rol oynayan herhangi bir gizemli hayat kuvvetinin var olmadığı ve organik bileşenleri inorganik bileşenlerden iki şeyin ayırdığı açıklığa kavuştu. Birincisi organik bileşenler daha karmaşıktır, bu karmaşıklık her bir molekülün (genellikle) farklı elementlerden çok sayıda atom içermesinden kaynaklanır. İkincisi organik bileşenlerin hepsi karbon içerir (ve bu aslında karmaşık olmalarının da sebebidir, çünkü ileride göreceğimiz üzere karbon atomları birçok başka atomla ve diğer karbon atomlarıyla çok ilginç biçimlerde birleşme becerisine sahiptir). Bu karbon içermekte olan amonyum siyanatın artık organik bir madde olarak değerlendirildiği anlamına gelir; ancak bu Wöhler'in keşfinin taşıdığı önemi hiçbir biçimde azaltmaz. Günümüzde laboratuarlarda artık basit inorganik malzemelerden eksiksiz DNA dizilimleri üretmek bile mümkündür.

Bugün kabul edilen organik molekül tanımı karbon içeren bütün molekülleri kapsamaktadır ve organik kimya, karbonun ve karbon bileşiklerinin kimyasıdır. Hayat, atomların ve moleküllerin dünyasında işleyen kimya kurallarına aynen uymakta olan karbon kimyasının bir ürünü olarak görülmektedir. Darwin'in ve Wallace'ın evrim konusundaki fikirleriyle birlikte bu on dokuzuncu yüzyılda insan türünün evrendeki yerine bakışımızda büyük bir kaymaya sebep olmuştur. Doğal seçilim bize hayvanlar dünyasının bir parçası olduğumuzu ve özel bir insan "ruhunun" varlığına ilişkin herhangi bir kanıt olmadığını söylerken, kimya da hayvanlar ve bitkilerin fiziksel dünyanın parçası olduklarını ve özel bir "hayat kuvvetinin" var olduğuna ilişkin herhangi bir kanıt olmadığını söylemektedir.

Valans

Tüm bunlar açıklığa kavuşurken kimya bir yandan da atomlar konusuyla uğraşmak zorunda kalıyordu. 1852 yılında İngiliz kimyacı Edward Frankland'in (1825–1899) ilk kez anlaşılır bir analizini yapmayı başardığı valans [değerlik] kavramı, bir elementin bir başkasıyla birleşme veya bir süre sonra ortaya çıkan biçimiyle ifade edersek, belirli bir elementin *atomlarının* diğer atomlarla birleşme becerisini ölçüyordu ve onlarca yıl süren kafa karışıklığının ardından ulaşılan temel kavramlardan birisiydi. Bu özelliği o dönemlerde nitelendirmek için kullanılan kavramlardan biri olan "equivalence" [denklik], bugün kullandığımız "equivalency" [ekivalans, eşdeğerlik] ifadesine yol açmıştır. Kimyasal birleşimler açısından bir anlamda iki birim hidrojenin bir birim oksijene, bir birim azotun üç birim hidrojene vs denk olduğu söylenebilir. İskoçyalı Archibald Couper (1831–1892) 1858 yılında kaleme aldığı bir makalede atomların birleşme biçimi ve valansın tasvirini basitleştirerek kimyasal bağlar fikrini ortaya attı. Böylelikle hidrojenin valansının 1 olduğu, bunun başka bir atomla bir bağ kurabileceği anlamına geldiği söylenmeye başladı. Oksijenin valansı 2'dir, öyleyse iki bağ kurabilir. Böylece mantıken bir oksijen atomuna "ait olan" iki bağın ikisi de bir hidrojen atomuna bağlanarak suyu oluşturur: H_2O veya tire işaretleri bağları simgeleyecek şekilde yazarsak H–O–H. Benzer biçimde azotun valansı üçtür, üç bağ kurar, böylece aynı anda üç hidrojen atomuyla birleşerek amonyağı oluşturur: NH_3. Bağlar aynı elementin iki atomu arasında da kurulabilir, bunu oksijende görürüz: O_2 veya O=O. Hepsinden daha ilginci, karbonun valansı dörttür, dolayısıyla aynı anda dört ayrı atomla, başka karbon atomları dâhil, dört ayrı bağ kurabilir.[4] Bu özellik karbon kimyasının temelini oluşturuyordu; Couper da hızlı bir akıl yürütmeyle organik kimyanın temelinde yatan karmaşık karbon bileşiklerinin, zincirin uç kısımlarındaki "artan" bağlara bağlanan diğer atomlarla bu şekilde "el ele tutuşmuş" karbon atomları zincirlerinden oluşmuş olabileceği görüşünü ortaya attı. Couper'ın makalesinin basımı gecikti ve aynı fikir ilkönce, ondan

[4] Veya daha az sayıda eşle "çift bağ" (hâttâ üçlü bağ) kurabilir, örneğin karbondioksitte durum böyledir: CO_2 veya O=C=O.

bağımsız olarak Alman kimyacı Friedrich August Kekulé (1829–1896) tarafından yayımlandı; bu o dönem Couper'ın çalışmasının gölgede kalmasına sebep oldu. Yedi yıl sonra Kekulé başka bir öngörüde bulunarak karbon atomlarının halka da kurabileceklerini ortaya attı (en çok rastlanan biçimi altı karbon atomundan oluşan altıgen halkadır); bağlar halkadan dışa doğru uzanarak başka atomlarla (hâttâ başka atom halkalarıyla) birleşiyorlardı.

Stanislao Cannizzarto: Atomlar ile Moleküller Arasındaki Ayrım

1850'li yılların sonunda Couper ve Kekulé'nin fikirlerinin havada dolaştığı bir ortamda artık birisinin çıkıp Avogadro'nun çalışmasını yeniden keşfetmesi ve doğru bir bağlama oturtması için koşullar olgunlaşmıştı. Bu birisi Stanislao Cannizzaro'ydu; aslında ne yaptığını anlatmak pek zor olmasa da, öyle ilginç bir yaşamı var ki, ondan bazı bölümleri aktarmak için konuyu bir miktar dağıtmanın baştan çıkarıcılığına direnmek mümkün değil. Bir yargıcın oğlu olan Cannizzaro 13 Temmuz 1826 tarihinde Sicilya'nın Palermo kentinde doğdu. Palermo, Napoli, Pisa ve Turin'de eğitim aldıktan sonra 1845–1847 yılları arasında Pisa'da laboratuar asistanı olarak çalıştı. Ardından Sicilya'ya döndü ve tarihçilerin 1848'e "devrimler yılı" adını takmalarına yol açan Avrupa'daki ayaklanma dalgasının bir parçası olan, iktidardaki Napoli Kralının Bourbon rejiminine karşı, yenilgiye uğrayan isyana katılarak dövüştü. (Hayatı iki kat ilginç kılan şeyse, Cannizzaro'nun babasının bu dönemde polis şefi olmasıydı.) Ayaklanmanın yenilgisinin ardından Cannizzaro gıyabında idama mahkûm edilince Paris'e sürgüne gitti ve burada Doğa Tarihi Müzesinde kimya profesörü olan Michel Chevreul'la (1786–1889) birlikte çalıştı. Cannizzaro'nun İtalya'ya dönüşü ancak 1851 yılında mümkün oldu; İtalya'da önce Piedmont'ta[5] Collegio Nazionale at Alessandria'da kimya dersleri verdi, ardından 1855'te kimya profesörü olarak Cenova'ya yer-

[5] Bu dönemde İtalya halen daha küçük devletçiklerden oluşuyordu, bu yüzden Canizzaro'nun Sicilya'da yenilgiye uğramış bir devrimci olması, onun İtalya anakarasında başka yerlerde mültecilik hakkı elde etmesini otomatik olarak engellemiyordu.

leşti. Cenova'da olduğu bu dönemde Avogadro'nun hipotezini ele aldı ve 1811'den bu yana kimyada gerçekleşen ilerlemenin bağlamına oturttu. Cannizzaro 1858 yılında, Avogadro'nun ölümünden iki yıl sonra çıkardığı bir broşürde (bugün bunlara ön baskı diyoruz) atomlar ile moleküller arasındaki temel farka (Dalton ve Avogadro'nun çığır açıcı çalışmalarından bu yana var olan karışıklığı gidererek) işaret etti. Ayrıca gazların gözlemlenen hareketlerinin (hacimlerinin bileşim yasaları, buhar yoğunluğunun ölçümü vs) Avogadro hipoteziyle birlikte kullanılmasıyla, atom ve molekül ağırlıklarının nasıl bir hidrojen atomunun ağırlığına göreli olarak hesaplanabileceğini açıkladı ve tüm bunlara atom ve molekül ağırlıklarını gösteren kendi hazırladığı bir tabloyu da ekledi. Broşür 1860 yılında Almanya'nın Karlsruhe kentinde düzenlenen uluslararası bir konferansta herkese dağıtıldı ve elementlerin periyodik tablosunun kabulünü sağlayan fikirlerin gelişimi üzerinde çok önemli bir etki yarattı.

Öte yandan Cannizzaro'nun önceliği, fikirlerinin şahsi takibini yapmak değildi. 1860 yılının sonraki aylarında Giuseppe Garibaldi'nin Sicilya'yı işgal eden ve adadaki Napoliten rejime son vermekle kalmayıp hızla Sardinyalı II. Victor Emmanuel'in yönetimi altında İtalya'nın birliğine yol açan kuvvetlerine katıldı. Çarpışmanın ardından Cannizzaro 1861 yılında Palermo'da kimya profesörü oldu ve 1871 yılına dek burada kaldı. Ardından Roma'ya yerleşerek kendisinin kurduğu İtalyan Kimya Enstitüsünde kimya profesörlüğünün yanı sıra parlamentoda senatörlük ve bir dönem senato başkan yardımcılığı görevlerinde bulundu. 10 Mayıs 1910 tarihinde Roma'da ölmeden önce, atomların varlığının kesin surette kabul edildiğini görecek kadar uzun yaşamıştı.

Mendeleyev ve Diğerlerinin Periyodik Tabloyu Geliştirmesi

Periyodik tablonun keşfedilme (veya icat edilme) öyküsü, hem zaman olgunlaştığında aynı bilimsel keşfin nasıl birbirlerinden bağımsız farklı insanlarca yapılabildiğini hem de yeni fikirleri kabul etmeye karşı hep var olan o eski direnci göstermesi açısından ilgi çekicidir. Cannizzaro'nun çalışmasının hemen ardından

1860'lı yılların başlarında İngiliz endüstriyel kimyacı John Newlands (1837–1898) ve Fransız mineralbilimci Alexandre Béguyer de Chancourtois (1820–1886) elementlerin atom ağırlıklarına göre düzenlendiğinde tekrarlanan bir kalıbın oluştuğunu birbirlerinden bağımsız olarak tespit ettiler. Atom ağırlıkları hidrojenin atom ağırlığının sekiz katı ve onun katları olan, düzenli aralıklara sahip elementler birbirlerine benzer özellikler gösteriyorlardı.[6] Belki Béguyer'nin 1862'de yayımlanan çalışması göz ardı edildi ama (düşüncesini anlaşılır biçimde açıklayamadığı ve kitabında açıklayıcı bir tek diyagrama dahi yer vermediği için bu kısmen kendi hatası sayılabilir) Béguyer'nin çalışmasından habersiz olan Newlands 1864 ve 1865 yıllarında konuyla ilgili bir dizi makale yayımladığında ondan da beter bir muameleyle karşılaştı. Meslektaşları kimyasal elementleri atom ağırlıklarına göre düzenlemenin isimlerine göre alfabetik sırayla düzenlemekten herhangi farkının olmadığını söyleyerek alay ettiler. Düşüncesini tam olarak açıkladığı esas makalesi Kimya Derneği tarafından reddedildi ve Dimitri Mendeleyev periyodik tablonun kâşifi olarak kabul edildikten çok sonra, ancak 1884 yılında yayımlanabildi. Newlands'ı üye olarak kabul etmekten hep kaçınmış olan Kraliyet Derneği 1887 yılında onu Davy Madalyası vererek ödüllendirdi.

Mendeleyev aslında periyodik tablo fikrine ulaşan üçüncü kişi de değildi. Bu onur –yine de onur diyelim– Alman kimyacı ve tıp adamı Lothar Meyer'e (1830– 1895) aittir; kendisinin de sonradan kabul ettiği üzere görüşlerini açıklayacak cesaretten belli ölçüde yoksun olduğu için nihayetinde ödül Mendeleyev'e gitmiştir. Meyer kimya alanında adını 1864'de yayımlanan *The Modern Theory of Chemistry* [*Modern Kimya Kuramı*] adlı ders kitabıyla duyurdu. Kitabında açıkladığı Cannizzaro'nun fikirlerinin tutkulu bir takipçisiydi. Kitabını hazırlarken bir kimyasal elementin özellikleri ile atom ağırlığı arasındaki bağlantının farkına vardı ama bir ders kitabında alışılmamış ve sınanmamış bir fikri desteklemekten çekindiği için sadece üstü kapalı geçti. Sonraki birkaç yıl içerisinde periyodik tablonun daha tam bir versiyonunu geliştirdi ve

[6] Newlands'ın Cannizzaro'nun çalışmasını geliştirenlerden biri olması şaşırtıcı sayılamaz. Newlands'ın annesi İtalyan kökenliydi ve Canizzaro gibi Newlands da 1860'da Garibaldi'yle beraber Sicilya'da savaşmıştı.

bunu 1868'de tamamlanan ama ancak 1870'de basılabilecek olan kitabının ikinci baskısına eklemeye niyetlendi. Bu arada Mendeleyev kendi periyodik tablosunu (1860'lardan bu yana aynı yönde yapılan tüm çalışmalardan habersiz olarak) ortaya koydu. Meyer, Mendeleyev'in önceliğine hiçbir zaman karşı çıkmadı; bunun nedeni Mendeleyev'in Meyer'in bir türlü atamadığı adımı atma cesaretine (ya da cüretine) sahip olmasından çok, periyodik tablodaki boşlukları doldurmak için "yeni" elementler gerektiğini öngörmüş olmasıydı. Yine de Meyer'in bağımsız çalışması genel kabul gördü ve Meyer ile Mendeleyev 1882 yılında Davy madalyasını paylaştılar.

Mendeleyev'in 1860'larda Batı Avrupa kimyasında olan gelişmelerden tümden habersiz olması belli ölçüde şaşırtıcıdır.[7] 7 Şubat (o dönemde Rusya'da kullanılan eski takvimle 27 Ocak) 1834 tarihinde, on dört kardeşin en küçüğü olarak Tobolsk, Sibirya'da doğdu. Doğdukları bölgedeki okulun başında olan babaları Ivan Pavloviç, Dmitri henüz çocukken kör oldu ve sonrasında ailenin bakımını, gelir elde etmek için bir cam imalathanesi kuran yılmaz bir kadın olan annesi Marya Dmitrievna üstlendi. Mendeleyev'in babası 1847'de öldü, ondan bir yıl sonra da cam fabrikası çıkan yangın sonucu tahribata uğradı. Büyük çocukları öyle veya böyle ayakta duracak yaşa geldikten sonra Marya Dmitrievna en küçük çocuğunun mümkün olan en iyi eğitimi alması konusunda kararlıydı ve yaşadıkları parasal sıkıntıya rağmen onu St. Petersburg'a götürdü. Taşradan gelen fakir öğrencilere gösterilen önyargılı tavır yüzünden bir üniversitede yer edinemese de 1850 yılında, geçmişte babasının da mezun olduğu Pedagoji Enstitüsündeki eğitim fakültesine öğrenci olarak kaydoldu. Bundan on hafta sonra annesinin ölmesinin ardından Dimitri'nin de tıpkı annesi gibi kararlı bir genç olduğu görüldü. Bir yıl Odessa'da öğretmenlik yaparak tamamladığı stajının ardından öğretmenlik yeterliliğini kazandı, ardından da St. Petersburg Üniversitesinde kimya dalında yüksek lisans yaptı ve 1856 yılında mezun oldu. Üniversitede birkaç

[7] Mendeleyev Newlands'ın çalışmasından habersiz olsa da, Béguyer'ninkinden haberdar olmuş olabilir; yine de bu onun Béguyer'nin 1862 yılındaki makalesindeki yinelenen kalıplar hakkındaki görece karışık ifadelerinin çok ötesine ulaşan başarısını gölgelemez.

yıl alt kademede çalıştıktan sonra Paris ve Heidelberg'de devlet destekli bir araştırma programına katılarak buralarda Robert Bunsen ve Gustav Kirchoff'a bağlı olarak çalıştı. Cannizzaro'nun atom ve molekül ağırlıkları konusundaki broşürünü dağıttığı 1860 yılındaki Karlsruhe toplantısına katıldı ve kendisiyle tanıştı. St. Petersburg'a döndükten sonra Mendeleyev şehrin Teknik Enstitüsünde genel kimya profesörü oldu ve 1865 yılında doktora eğitimini tamamladı. 1866 yılında St. Petersburg Üniversitesinde kimya profesörü oldu; bu görevi Rusya'daki akademik sistemin koşullarını protesto eden öğrencilerin yanında saf tuttuğu için henüz 57 yaşında olmasına rağmen "emekli olmaya" zorlandığı 1891 yılına dek sürdürdü. Üç yıl sonra üzerine atılı suçlardan aklanarak Ağırlıklar ve Ölçüler Bürosunda kontrolör oldu ve 2 Şubat (eski tarihle 20 Ocak) 1907'de ölene dek bu görevini devam ettirdi. İlk Nobel Ödülü alanlardan biri olma şansını ucu ucuna kaybetti; 1906'da aday gösterildi ama ödülü bir oy farkla floru izole eden ilk kişi olan Henri Moissan (1852–1907) kazandı. Nobel Komitesi tekrar toplanmadan önce de (Moisson gibi) öldü.

Mendeleyev de Meyer gibi adını 1868 ve 1870 yıllarında iki cilt olarak basılan *Principles of Chemistry* [*Kimya İlkeleri*] adında bir ders kitabı kaleme alarak duyurdu. Yine Meyer gibi o da kitabı üzerinde çalışırken elementlerin kimyasal özellikleri ile atom ağırlıkları arasında bir ilişki olduğunu fark etti ve 1869 yılında "Elementlerin Özellikleri ile Atom Ağırlıkları Arasındaki İlişki" adlı klasik makalesini yazdı.[8] Mendeleyev'in çalışmasını aynı dönemde benzer fikirlere sahip bir sürü kişiden ayıran ve büyük kılan şey, onun keşfettiği örüntüye uymalarını sağlamak için elementlerin sırasını (bir nebze) yeniden düzenlemeye ve henüz keşfedilmemiş elementler için periyodik tabloda boşluklar bırakmaya cüret göstermiş olmasıydı. Aslında yaptığı yeniden düzenleme oldukça küçük dokunuşlar içeriyordu. Elementleri tam olarak atom ağırlıklarına göre sıralayan Mendeleyev onları ızgara misali birbirinin altına, satranç tahtasına benzer şekilde sekizli sıralara

[8] Charles Darwin'in *Türlerin Kökeni*'ni yazmasından tam on yıl sonra; on dokuzuncu yüzyılda birbirine paralel ilerleyen o kadar çok bilimsel çalışma vardı ki yer yer kimin neyi ne zaman yaptığının kaydını tutmak bile zorlaşıyor!

yerleştirdi, böylece tablonun sütünlarında birbirinin altında yer alan elementler benzer kimyasal özelliklere sahip oluyordu. En hafifi "satranç tahtasının" en üst solunda, en ağır en alt sağında olacak şekilde, atom ağırlıklarına sıkı sıkıya bağlı kalınarak yapılmış bu düzenlemede bazı bariz tutarsızlıklar da vardı. Örneğin tellür bromun altına geliyordu ve bu ikisi birbirinden tamamen farklı kimyasal özelliklere sahipti. Aslında tellürün atom ağırlığı iyotunkinden çok az bir miktar daha büyüktür (modern ölçümler tellürün atom ağırlığının 126,60, iyotun atom ağırlığının ise 126,90 olduğunu göstermektedir; aradaki fark sadece yüzde 0,55'dir). Tabloda bu iki elementin yerini değiştirip iyotu benzer kimyasal özelliklere sahip olduğu bromun altına koyarak kimyasal açıdan ait olduğu yere yerleştirebiliriz.

Reihen	Gruppe I. — R^2O	Gruppe II. — RO	Gruppe III. — R^2O^3	Gruppe IV. RH^4 RO^2	Gruppe V. RH^3 R^2O^5	Gruppe VI. RH^2 RO^3	Gruppe VII. RH R^2O^7	Gruppe VIII. — RO^4
1	H=1							
2	Li=7	Be=9,4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=24	Al=27,3	Si=28	P=31	S=32	Cl=35,5	
4	K=39	Ca=40	—=44	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55	Fe=56, Co=59, Ni=59, Cu=63.
5	(Cu=63)	Zn=65	—=68	—=72	As=75	Se=78	Br=80.	
6	Rb=85	Sr=87	?Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	—=100	Ru=104, Rh=104, Pd=106, Ag=108.
7	(Ag=108)	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=122	Te=125	J=127	
8	Cs=133	Ba=137	?Di=138	?Ce=140	—	—	—	— — — —
9		(—)	—	—	—	—	—	
10	—	—	?Er=178	?La=180	Ta=182	W=184	—	Os=195, Ir=197, Pt=198, Au=199.
11	(Au=199)	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208	—	—	
12	—	—	—	Th=231	—	U=240	—	— — — —

31. *Mendeleyev'in elementler tablosunun ilk hali, 1871*

Mendeleyev'in attığı bu cesurca adımın doğruluğu, atomun kalbinde yer alan çekirdeğin yapısının araştırıldığı yirminci yüzyılda açıkça görüldü. Bir elementin kimyasal özelliklerinin her atomun çekirdeğindeki proton sayısına (atom numarası), atom ağırlığınınsa çekirdekteki protonlarla nötronların toplam sayısına bağlı olduğu açığa çıktı. Periyodik tablonun günümüzde kullanılan biçimi elementleri atom ağırlıklarının artışına göre değil, atom numaralarının artışına göre sıralamaktadır; yine de karşılaşılan durumların ezici çoğunluğunda, daha yüksek atom numa-

raları olan elementler aynı zamanda daha büyük atom ağırlığına sahiptir. Sadece nadir birkaç durumda fazladan birkaç nötronun varlığı elementlerin atom ağırlıklarına göre sıralanışını atom numarasına göre sıralanışından farklılaştırmaktadır.

Mendeleyev'in on yıllar sonra varlığı saptanacak olan proton ve nötronların bilgisine sahip olmadan yaptıkları sadece bunlardan ibaret olmuş olsa onun periyodik tablosuna da kendisinden öncekiler gibi fazla önem verilmeden geçilirdi. Öte yandan tablosunun kolonlarında benzer kimyasal özelliklere sahip elementlerin birbirinin altına denk gelebilmesi için Mendeleyev'in tabloda boşluklar bırakması gerekti. 1871 yılında o dönemde bilinen 63 elementin hepsine yer verdiği tablosunu geliştirerek tellür ile iyotun yer değiştirmesi gibi birkaç değişiklik yaptı ve üç boşluk bırakarak buralara henüz keşfedilmemiş olan elementlerin gelmek zorunda olduğunu söyledi. Boşlukların olduğu yerdeki tablo kolonlarına uygun elementlere bakarak bu keşfedilmemiş elementlerin hangi özelliklere sahip olması gerektiğini ayrıntılarıyla tahmin edebiliyordu. Gerçekten de tablodaki bu boşlukları doldurması gereken üç element, Mendeleyev'in öngördüğü özelliklere tam olarak sahip biçimde sonraki on beş yıl içerisinde keşfedildi; galyum 1875'te, skandiyum 1879'ta, germanyum 1886'da bulundu. Mendeleyev'in periyodik tablosu başlangıçta evrensel kabul görmemesine rağmen, 1890'lı yıllara gelindiğinde artık periyodiklikten yana bir kuşku kalmamıştı: Birbirine benzer kimyasal özelliklere sahip elementlerin aynı aileden gelmeleri ve bu elementlerin atom ağırlıklarının hidrojenin atom ağırlığının sekizin pozitif katları biçiminde gruplaşması, kimya dünyasının doğasına ilişkin derin bir gerçeği ifade ediyordu. Bu aynı zamanda yirminci yüzyılın bilim insanlarının izlemesi gereken bilimsel yöntemin klasik bir örneğiydi. Bir veri yığınından yola çıkan Mendeleyev bir örüntü bulmuş ve buna dayanarak deney yoluyla sınanabilen bir öngörü gerçekleştirmişti; deneyler öngörüsünü doğruladığında öngörü temelinde ortaya atılan hipotezi güç kazanmıştı.

Bugünün gözüyle baktığımızda bize şaşırtıcı gelebilir belki ama yine de bu, atomların birbirleriyle iyi tanımlanmış biçimde birleşen küçük somut varlıklar biçiminde gerçekten var olduklarına ilişkin bir kanıt olarak evrensel kabul görmedi. Kimyacılar

maddenin iç yapısının araştırılmasında bir yönden ilerleyip en azından atom hipotezini destekleyen kanıtlara ulaşırlarken, öte yandan fizikçiler ayrı bir yoldan giderek en sonunda atomların var olduğunun yadsınamaz kanıtlarına ulaşacaklardı.

Termodinamik Bilimi

On dokuzuncu yüzyıl fiziğinde bu yönde ilerlenen alan ısı ve hareketin araştırılması, bir diğer deyişle termodinamik oldu. Termodinamik fizikçilerin ısıyı iş üzerinde görmelerini sağlayan ve bu makinelerde neler olup bittiğini araştırmalarını esinleyen sanayii devrimiyle birlikte hem gelişti hem de ne olup bittiğinin bilimsel yönden anlaşılmasıyla daha verimli makinelerin tasarlanmasını ve yapılmasını sağlayarak sanayii devrimini besledi. On dokuzuncu yüzyılın başında, gördüğümüz üzere ısının doğası konusunda henüz bir uzlaşma sağlanmış değildi ve kalorik hipotezinin de, ısının hareketin bir biçimi olduğu fikrinin de kendi takipçileri vardı. 1820'lerin ortasında termodinamik (William Thompson bu terimi ilk kez 1849 yılında ortaya atacak olsa da) bilimsel bir konu olarak kabul görmeye başladı ve 1860'ların ortalarına gelindiğinde temel yasa ve ilkeleri ortaya çıkmıştı. Buna rağmen bu alandaki çalışmanın bir kısmının sağladığı sonuçların atomların varlığına ilişkin kesin kanıt olarak kabul edilmesi için aradan bir kırk yıl daha geçmesi gerekti.

Termodinamik anlayışının gelişiminde kavramsal gelişimin temel halkaları enerji fikri, enerjinin (Rumford'un savaş toplarının açığa çıkardığı ısı üzerine çalışmalarıyla gayet açık imada bulunduğu üzere) bir biçimden diğerine çevrilebileceği ancak yaratılmayacağının ve yok edilemeyeceğinin kavranması ve çalışmanın, işin kendisinin bir enerji biçimi olduğunun anlaşılması oldu. Termodinamiğin bir bilim olarak gelişiminin başlangıcı olarak Fransız Sadi Carnot'nun (1796–1832) 1824 yılında yayımladığı bir kitabı kabul etmek uygun gözükmektedir. Kitabında (*Réflexions sur la puissance motive du feu [Ateşin gücü üzerine düşünceler]*) Carnot makinelerin ısıyı işe çevirme verimliliğini analiz etti (ve bu arada işin bilimsel bir tanımını yaptı), işin ısı yüksek bir sıcaklıktan daha düşük bir sıcaklığa geçtikçe yapıldığını göster-

di (bu ısının her zaman daha sıcak bir nesneden daha soğuk bir nesneye aktığını, tersinin geçerli olmadığını söyleyen termodinamiğin ikinci yasasının erken bir formunu ifade ediyordu) ve hâttâ içten yanmalı motorların yapılabileceğini ileri sürdü. Ne yazık ki Carnot henüz 36 yaşındayken koleradan öldü ve tuttuğu defterlerde bu fikirlerin daha da geliştirilmiş halleri olmasına rağmen ömrü bunları yayımlamaya yetmedi. Ölüm nedeninden kaynaklı kişisel eşyalarıyla birlikte el yazmalarının çoğu da yakıldı; geriye kalan birkaç sayfa bize hangi sonuçlara ulaşmış olabileceği hakkında bir fikir veriyor. Her şeye rağmen Carnot, ısı ve işin birbirlerine dönüştürülebildiğini açık biçimde tespit eden ve belirli miktarda ısı için (örneğin 1 gr su 1°C soğuduğunda kaybedilen ısı) ne kadar iş gerektiğini (bu da belirli bir ağırlığı ne kadar yukarı kaldırdığıyla ölçülüyordu) hesaplayan ilk kişi oldu. Carnot'nun kitabı başlangıçta pek fazla etki yaratmadı ancak 1834'de Émile Clapeyron'un (1799–1864) bir makalesinde onun kitabına atıfta bulunulduktan sonra termodinamik devrimini tamamlayan fizikçiler kuşağınca tanınarak, özellikle de William Thomson ve Rudolf Clausius üzerinde önemli bir etki yarattı.

Carnot'nun hikâyesi biraz karmaşıkmış diye düşünüyorsanız, fizikçilerin enerjinin doğasının farkına varmasının epey dolambaçlı yollardan geçerek gerçekleştiğini söylemeliyiz. Enerjinin korunumu ilkesini formüle eden ve ısının mekanik denkliğinin doğru bir tespitini[9] yayımlayan ilk kişi Alman bir fizikçi olan Julius Robert von Mayer (1814–1878) oldu. Elde ettiği sonuçlara buhar makineleri değil insanlar üzerinde yaptığı incelemelerden ulaşmıştı ve bunlara fizikçiler söz konusu olduğu için esasen "yanlış" yönden ulaşmış olmasının bir sonucu olarak, fikirleri ortaya atıldıkları dönemde büyük oranda yok sayıldı (en azından hafife alındı). Mesleki yeterliliğini yeni elde etmiş olan Mayer 1840 yılında Doğu Hint Adalarına giden bir Hollanda gemisinde doktor olarak çalışıyordu. O dönemde kanatma hem hastalık belirtilerini (sözde) azaltmak amacıyla, hem de biraz kan akıtmanın insanların sıcakla baş etmesini kolaylaştırdığına inanılan tropik bölgelerde rutin bir uygulama olarak görülüyordu. Mayer

[9] Marc Séguin (1786–1875) 1839 yılında bunun daha ham bir biçimini yayımlamıştı.

sıcakkanlı hayvanların vücuttaki oksijenle beraber yakıt olarak iş gören yiyeceklerin yavaş yavaş yakılması sonucunda sıcak kaldıklarını gösteren Lavoisier'nin çalışmasından haberdardı. Oksijen açısından zengin olan açık renk kırmızı kanın ciğerlerden çıkıp tüm vücutta atardamarlar içerisinde taşındığını, oksijen açısından yetersiz koyu mor kanın ise toplardamarlarla ciğerlere geri taşındığını da biliyordu. Bu yüzden Java'da bir gemicinin toplardamarını açtığında kanın tıpkı normal arteryel kan gibi parlak renkli olduğunu görünce şaşkınlığa düştü. Mürettebatın geri kalanının, bu arada kendisinin de venöz kanında durumun aynı olduğu ortaya çıktı. Aynı şeyi daha önce birçok doktor görmüş olsa gerekti; ancak ne olduğunu kavrayacak kıvraklığa sadece yirmili yaşlarının ortasında ve yeni mezun olmuş Mayer sahipti. Venöz kanın oksijen yönünden zengin olmasının nedeni, tropik bölgelerin ısısında bedenin sıcak kalmak için daha az yakıt yakmak (bu yüzden daha az oksjen tüketmek) zorunda olmasıydı. Mayer bunu kas hareketlerinden doğan ısı, güneşin ısısı, yanan kömürün ısısı, ne varsa bütün ısı ve enerji biçimlerinin birbirlerine dönüştürülebilir olmasının göstergesi olarak değerlendirdi; bu ısı veya enerji asla yaratılamıyor, sadece bir biçimden bir başka biçime geçebiliyordu.

Mayer 1841'de Almanya'ya döndü ve hekimlik yaptı. Tıbbi çalışmalarının yanı sıra fiziğe duyduğu ilgiyi devam ettirdi, geniş okumalar yaptı ve 1842 yılından itibaren bu fikirlere dikkat çeken (veya çekmeye çalışan) ilk bilimsel makalelerini yayımlamaya başladı. 1848 yılında ısı ve enerji konusundaki fikirlerini dünyanın ve güneşin yaşı konusundaki bizim de kısaca bahsedeceğimiz tartışmaya taşıyarak geliştirdi. Ancak çalışmaları fizik camiasının hiç dikkatini çekmedi ve Mayer kabul görmemesinin yarattığı bunalım nedeniyle 1850 yılında intihara kalkıştı, 1850'ler boyunca da çeşitli akıl hastanelerine yatırıldı. 1858 yılından başlayarak çalışması yeniden keşfedildi ve Hermann von Helmholtz (1821–1894), Clausius ve John Tyndall (1820–1893) Mayer'in çalışmasının hakkını verdiler. Mayer'in sağlığı düzeldi ve ölümünden yedi yıl önce 1871 yılında Kraliyet Derneğinin Copley Madalyasıyla ödüllendirildi.

James Joule ve Termodinamik

Enerji konusuna ciddi anlamda eğilen ilk kişi (çalışmasının önü kesilen talihsiz Carnot hariç tutulursa) bir bira işletmesi sahibi zengin bir adamın oğlu olarak Manchester yakınlarındaki Salford'da doğan James Joule (1818–1889) oldu. Maddi durumu iyi bir aileden gelen Joule yaşamak için çalışmak zorunda değildi, yine de gençliğinde ileride miras yoluyla pay sahibi olması beklenen bira imalathanesinde belirli bir süre geçirdi. Bira mayalanmasında oluşan gazların Priestley'in çalışmasını esinlemesi gibi, iş makineleriyle yaşadığı doğrudan deneyim onun da ısı konusuna ilgi duymasını tetiklemiş olabilir. Bu deneyimi yanına kar kaldı, çünkü Joule'un babası bira fabrikasını 1854 yılında James 35 yaşındayken sattı ve fabrika ona miras kalmamış oldu. Joule özel eğitim verilerek yetiştirildi; 1834 yılında babası James ile ağabeyini John Dalton'dan kimya eğitimi almaya yolladı. O sırada Dalton 68 yaşındaydı ve sağlığı kötüydü ama hâlâ özel dersler veriyordu; ancak önce Öklit öğretmek konusunda ısrarcı olduğu için oğlanlar ondan pek az kimya öğrenebildiler, haftada iki saat biçiminde iki yıl boyunca süren bu özel dersler de 1837 yılında Dalton'un hastalığı nedeniyle sona erdi. Joule 1844 yılında ölene dek Dalton'la arkadaşlığını sürdürdü ve ona zaman zaman çay ziyaretlerinde bulundu. 1838 yılında Joule, aile evindeki odalardan birini laboratuara çevirerek burada bağımsız çalışmalar yürütmeye başladı. Manchester Edebiyat ve Felsefe Derneğinin de aktif bir üyesiydi ve burada yapılan sunumlarda (üye olmadan önce bile) Dalton'un yanına otururdu, dolayısıyla bilim dünyasında geniş planda olup bitenleri yakından takip edebiliyordu.

Joule'un erken dönem çalışması elektromanyetizma konusundaydı ve o dönemdeki buhar makinelerinden daha güçlü ve verimli bir elektrikli motorun icat edilmesini hedefliyordu. Araştırması başarısız oldu belki ama onu iş ve enerjinin doğasını araştırmaya yöneltti. 1841 yılında *Philosophical Magazine* (buraya gönderdiği ilk makale, kısa bir özeti yayımlansa da Kraliyet Derneği tarafından geri çevrildi) ve Manchester Edebiyat ve Felsefe Derneği için elektrik ile ısı arasındaki ilişki konusunda makaleler kaleme aldı. 1842'de Britanya Bilimsel İlerleme Kurumunun [British Association for the Advancement of Science; kısaca BA] gezici bir etkinlik

olan ve o yıl Manchester'da yapılan yıllık toplantısında fikirlerini sundu. Henüz sadece 23 yaşındaydı. Joule'un bir su konteynerini bir çarkla karıştırarak sıcaklık artışını ölçme yoluyla işin ısıya çevrildiğini gösteren klasikleşmiş deneyini de kapsayan en önemli çalışması sonraki birkaç yıl içerisinde gerçekleştirildi ancak kamuoyuna biraz garip bir biçimde duyuruldu. 1847 yılında Manchester'da başka şeylerin yanı sıra enerjinin korunumu yasasını ve onun fizik dünyasındaki önemini anlattığı iki ders verdi. Joule'un bildiği kadarıyla daha önce hiç kimse böyle bir şey yapmamıştı. Bu fikirlerin basılı hale gelmesi arzusuyla ağabeyinin yardımıyla bu derslerin bir gazetede yayımlanmasını ayarladı; böylelikle bilim camiasına bu gelişmeyi yaymadan önce *Manchester Courier* okuyucularını şaşırtarak ders notlarını tam biçimiyle yayımlamış oldu. Aynı yıl içerisinde BA Oxford'da toplanıp Joule burada da fikirlerinin kısa bir özetini sununca izleyiciler arasından bir genç adam, (o zamanlar 22 yaşındaki) William Thomson ileri sürülen fikirlerin önemini derhal kavradı. İkisi arkadaş ve gazlar kuramı, özellikle de gazların genişlediğinde soğuma biçimi konusunda (Joule–Thomson etkisi olarak bilinir ve buzdolabının çalışma prensibi buna dayanır) bilimsel çalışma ortağı oldular. Atom hipotezi yaklaşımına dayalı olarak 1848 yılında bir başka önemli makale yayımlayarak gaz moleküllerinin hareket ettiği ortalama hızı tahmin etti. Hidrojeni içerisinde oldukları kabın duvarlarına ve birbirlerine çarpıp seken çok küçük parçacıklardan yapılmış olarak ele alarak, 60 °F [15,5 °C] sıcaklıkta ve 30 inçlik [76,2 cm] civaya denk gelen bir basınçta (bunlar rahat bir odanın koşullarına yakın koşullardır) gaz parçacıklarının (her bir parçacığın ağırlığı ve gazın uyguladığı basınçtan giderek) saniyede 1897,5 metre hareket etmesi gerektiğini hesapladı. Oksijen molekülleri hidrojen moleküllerinden on altı kat daha ağır olduğu, ilgili hesaplama da bir bölü kütlenin karekökü olduğu için, soluduğumuz havada aynı koşullar altında oksijen molekülleri bu hızın dörtte biri oranında, saniyede 474,39 metre hızla hareket eder. Joule'un gaz dinamiği ve özellikle enerjinin korunumu yasası hakkındaki çalışması 1840'ların sonunda geniş kabul gördü (hâttâ 1849'da Derneğe konunun esaslarını ortaya koyan bir makale okuması gerekti, bunun makalesinin daha önce reddedilme-

sinin telafisi anlamı taşıdığına hiç kuşku yok) ve Joule 1850'de Kraliyet Derneğine üye seçildi. Otuzlu yaşlarına gelmişti ve bu durumda sıkça rastladığımız üzere sonrasında gençlik döneminde yaptığı çalışmaların önemiyle boy ölçüşebilecek çalışması olmadı ve ondan bayrağı Thomson, James Clerk Maxwell ve Ludwig Boltzmann devraldı.

William Thomson (Lord Kelvin) ve Termodinamik Yasaları

Joule doğuştan şanslıydı ve bu yüzden hiç üniversitede çalışma gereği duymadı dedik; Thomson'un doğuştan şansı da hemen hemen tüm yaşamını üniversite ortamı içerisinde geçirmesi oldu. William 26 Haziran 1824'de doğduğunda babası James Thomson Belfast'taki (Belfast Üniversitesinin öncüsü olan) Royal Academical Institution'da matematik profesörüydü. Birkaç kardeşi vardı, anneleri William henüz 6 yaşındayken öldü; William ve ileride yine fizikçi olacak olan kardeşi James (1822–1892) evde babaları tarafından eğitildiler. Baba James Thomson 1832'de Glasgow Üniversitesinde matematik profesörü olunca iki oğlan 1834 yılında, William henüz 10 yaşındayken resmi olarak üniversiteye kayıt yaptırarak (hedeflenen lisans derecesi almak olmasa da derslere girmelerine resmiyet kazandırılarak) derslere girmeye başladılar. William 1841 yılında Cambridge Üniversitesine gitti ve 1845'te mezun oldu, öğrenciliği esnasında yazdığı bilimsel makaleler nedeniyle birkaç ödül kazandı ve *Cambridge Mathematical Journal*'de bir dizi makalesi yayımladı. Mezun olduktan sonra William kısa bir süre Paris'te çalıştı (burada Carnot'nun çalışmalarını öğrendi) ama babasının arzusu bu son derece zeki oğlunun Glasgow Üniversitesinde kendi yayında çalışmasıydı. Glasgow'daki doğa felsefesi profesörü 1846 yılında (beklenmedik biçimde denemez, oldukça yaşlıydı) ölünce, onun yerine William'ın seçilmesi için sonunda başarıya ulaşan bir kampanya yürüttü. James Thomson bu başarının keyfini sürecek kadar uzun yaşamadı ve 1849 yılında koleradan öldü. William Thomson (22 yaşında olduğu) 1846 yılından 75 yaşında emekli olduğu 1899 yılına dek Glasgow'da doğa felsefesi profesörü olarak kaldı. Ardından alışkın olduğu üniver-

site ortamından kopmamak için üniversiteye araştırma öğrencisi olarak kayıt yaptırdı ve böylece büyük olasılıkla Glasgow Üniversitesine giren hem en genç hem de en yaşlı öğrenci olmuş oldu. 17 Aralık 1907'de Ayrshire'daki Largs'da öldü ve Westminster Abbey'de Isaac Newton'ın yanına gömüldü.

Thomson'un sahip olduğu ünün ve defnedildiği yerin de işaret ettiği kendisine gösterilen saygının tek nedeni bilim alanındaki başarıları değildi. En büyük etkiyi Victoria dönemi Britanyasında (onun uzmanlığından faydalanmayan iki denemenin başarısızlığının ardından) çalışan ilk atlantik ötesi telgraf kablosunun başarısı dahil olmak üzere, teknoloji uygulamalarında oynadığı rolle yarattı ve sahip olduğu çok çeşitli patent ona bir servet sağladı. Özellikle bu kablonun başarısındaki payı (bu o dönem için yirmi birinci yüzyılın başlangıcında internet kadar önemliydi) onun 1866'da şövalye ilan edilmesini sağladı, 1892 yılında adını Glasgow Üniversitesi arazisinden geçen küçük nehirden alarak Largs Baronu Kelvin ilan edilmesinin nedeni de endüstriyel ilerlemede oynadığı bu öncü roldür. Asaleti onun önemli bilimsel çalışmasından çok sonraları gelse de, Thomson bilim çevrelerinde bile çoğu zaman Lord Kelvin (ya da sadece Kelvin) olarak anılır; bunun bir nedeni de onu aralarında akrabalık bağı olmayan fizikçi J. J. Thomson'dan ayırt etmektir. Onun emeğine ithafen mutlak veya termodinamik sıcaklık ölçeğine Kelvin ölçeği adı verilmiştir.

Bir sonraki bölümde ağırlık vereceğimiz elektrik ve manyetizma dahil başka alanlarda da çalışmış olmasına karşın Thomson'un yaptığı en önemli iş, on dokuzuncu yüzyılın ikinci yarısının başlangıcında termodinamiği bir bilim dalı olarak kurumlaştırmış olmasıdır. Thomson büyük oranda Carnot'nun çalışmasından yola çıkarak 1848 gibi erken bir tarihte, ısının işe eşdeğer olduğu fikrine dayanan mutlak sıcaklık ölçeğini ve sıcaklıkta belirli bir değişimin belirli miktarda işe karşılık geldiğini buldu. Bu ikisi mutlak ölçeği tanımlar ve bir sistemden daha fazla ısı çıkartılamayacağı için daha fazla işin de yapılamayacağı olası en düşük sıcaklığın (–273 °C, bugün 0 K olarak yazılır) varlığına dönük bir imayı da beraberinde getirir. Aynı dönemde Almanya'da Rudolf Clausius (1822–1888) da Carnot'nun fikirlerini işlemekte ve geliştirmektedir (Carnot'nun çalışmasının gözden geçirilmesi şarttı, her şey bir

yana kalorik fikrini kullanmıştı). Thomson 1850'li yılların başında Clausius'un çalışmalarından haberdar olduğu sırada zaten aynı yönde sonuçlara ulaşıyor durumdaydı. Her ikisi de, birbirlerinden bağımsız sayılabilecek biçimde termodinamiğin temel ilkelerine ulaştılar.

Termodinamiğin ilk yasası bilindiği gibi gayet basit bir biçimde ısının iş olduğunu söyler ve bunun 1850'lerde bir doğa yasası olarak ifade edilmek zorunda kalınışı, on dokuzuncu yüzyıl bilimindeki gelişimin ilgi çekici bir ayrıntısıdır. Termodinamiğin ikinci yasası aslında çok daha önemlidir, hâttâ belki de tüm bir bilim tarihinin en önemli ve temel fikridir. Bu yasanın bir biçimi, ısının kendi iradesiyle soğuk bir nesneden daha sıcak bir nesneye doğru hareket edemeyeceğini söyler. Bu biçimde söylendiğinde kulağa gayet açık ve masum bir ifade gibi gelir. Bir buz parçası sıcak suyla dolu bir sürahiye koyulduğunda ısı, sıcak sudan soğuk buza akarak buzu eritir; buzdan suya akarak buzu daha soğuk ve suyu daha sıcak yapmaz. Öte yandan grafik açıdan ele alındığında ikinci yasanın evrensel önemi daha anlaşılır hale gelir. Yasa şeylerin aşınarak tükendiğini söylemektedir: her şey tükenir, evren dahil. Başka bir bakış açısıyla, evrendeki düzensizlik (matematik açıdan Clausius'un "entropi" adını verdiği bir miktarla ölçülür) toplamda her zaman artar. Düzenin korunması veya artması, sadece dışarıdan bir enerji akışı tarafından beslenen dünya gibi yerel bölgelerde mümkündür. Öte yandan güneşten beslenen dünyadaki yaşamın ürettiği entropideki azalmanın, güneşin parlamasını sağlayan (işleyen bütün) süreçlerle bağlantılı entropi artışından daha küçük olması bir doğa yasasıdır. Bu sonsuza dek devam edemez; güneşin sağladığı enerji arzı tükenmez değildir. Bunun bilincine varan Thomson 1852 yılında yayımlanan bir makalesinde şöyle yazar:

> Geçmişteki sonlu bir zaman dönemi ve gelecekte karşılaşılacak sonlu bir zaman dönemi içerisinde dünya, şu anki maddi dünyada işleyen bilinen süreçlerin tabi olduğu yasalar uyarınca olanaksız olan süreçler devreye girmemiş veya girmeyecek olduğu müddetçe, insanın şu anki yerleşimi için elverişsiz olmuş olmalı ve yine elverişsiz olacaktır.

Bu, bilimsel ilkelerin uygulanmaya başlanmasından bu yana geçen süre içerisinde, dünyanın (ve dolaylı olarak evrenin) bir başlangıcı olduğunun ilk gerçek bilimsel kabulüydü. Thomson soruna bilimsel ilkeleri uyguladı ve o dönem bilinen en etkili süreçle yavaşça kendi ağırlığı altında büzüşen, gitgide kütleçekim enerjisini ısıya çeviren güneşin mevcut hızla ne kadar daha ısı üretebileceğini hesaplayarak güneşin yaşını ortaya çıkardı. Sonuç birkaç on milyon yıldı ve bu zaman ölçeği 1850'lerde yerbilimcilerin gerekli olduğunu söyledikleri ve daha sonra evrimcilerin de gerekli göreceklerinden daha düşüktü. Bulmacanın çözümü elbette radyoaktivitenin keşfi ve ardından Albert Einstein'ın ünlü $E = mc^2$ formülüyle maddenin bir enerji biçimi olduğunu gösteren çalışmasıyla mümkün oldu. Tüm bunları sonraki bölümlerde ele alacağız ancak jeoloji ve evrimin zaman ölçekleri ile zaman fiziğinin önerdiği zaman ölçekleri arasındaki çelişkinin on dokuzuncu yüzyılın ikinci yarısı boyunca gündemde bir yer tuttuğunu belirtelim.

Bu çalışması Thomson'u Thomson'dan bağımsız olarak benzer sonuçlara ulaşmış olan Hermann von Helmholtz'la (1821–1894) da karşı karşıya getirdi. İki adamın destekçileri arasında kimin önceliğe sahip olduğu konusunda pek eğitici sayılamayacak bir ağız dalaşı patladı, bu da aslında bir yönden anlamsızdı, çünkü hem talihsiz Mayer hem ondan da talihsiz John Waterston her ikisinden de önce sonuca ulaşmıştı. Waterston (1811–1883?) Edinburgh'ta doğmuş, önce mühendis olarak İngiltere demiryollarında çalışmış, ardından East India Company'de [Doğu Hindistan Kumpanyası] işe başlayacaklara eğitim vermek için 1839'da Hindistan'a taşınmış bir İskoçyalıydı. 1857 yılında erken emekli olmasına yetecek kadar parayı biriktirmişti ve tüm zamanını bir süre sonra termodinamik adını alacak olan dala ve diğer fizik alanlarına adayabilmek için Edinburgh'a geri döndü. Zaten çok uzun zamandır boş zamanlarında bilimle uğraşıyordu; 1845 yılında bir makale kaleme almış ve bu makalede enerjinin bir gazın atomları ve molekülleri arasında istatiksel yasalar uyarınca dağıldığını, her molekülün aynı hıza sahip olmadığını, istatiksel yasalarla uyumlu olarak ortalama hız civarında belirli bir hız aralığında dağıldıklarını açıklamıştı. 1845'te bu çalışmasını anlatan

bir makalesini Hindistan'dan Kraliyet Derneğine gönderdi ancak Dernek makaleyi reddetmekle kalmadı, bir de hızla kaybetti (hakem kurulu anlamamış ve bu yüzden saçma bularak reddetmişti). Makale bu fikirlere dayalı olarak gazların (özgül ısıları gibi) özelliklerinin hesaplamalarını içeriyordu ve esasen doğruydu; ancak Waterston da kendisinde bir kopya bulundurmayı ihmal etmişti ve İngiltere'ye döndükten sonra bağlantılı (genellikle göz ardı edilen) makaleler yayımlamasına rağmen bir daha asla bu makaleyi yazmadı. Ayrıca hem Thomson hem de von Helmholtz'dan önce, Mayer'le ise hemen hemen aynı zamanda ısının güneşi sıcak tutma yolunun kütleçekim kaynaklı olabileceği yönünde aynı düşünceye ulaşmıştı. Çalışmaları hemen hiç takdir görmeyen Waterston, Mayer gibi hasta oldu ve bunalıma girdi. 18 Temmuz 1883 tarihinde evinden yürüyerek çıktı ve bir daha geri dönmedi. Yine de öyküde bir (tür) mutlu son da var: 1891 yılında Waterston'un kayıp el yazması Kraliyet Derneğinin mahzenlerinde bulundu ve 1892 yılında yayımlandı.

James Clerk Maxwell ve Ludwig Boltzmann: Kinetik Kuram Ve Moleküllerin Ortalama Serbest Yolu

Bu süre içerisinde gazların kinetik kuramı (gazları atom ve molekül bileşenlerinin hareketi açısından ele alan kuram) ve istatistiksel mekanik yaklaşımı (atom ve moleküllerin oluşturduğu toplamların davranışını betimlemek için istatiksel kuralların uygulanması) çoktan yerleşiklik kazanmıştı. Bu fikirleri kurumsallaştıran iki kilit isim (bir sonraki bölümde başka bir bağlamda karşımıza çıkacak olan) James Clerk Maxwell ve Ludwig Boltzmann'dı (1844–1906). Joule'un bir gazın içerisindeki moleküllerin devinim hızını hesaplamasının ardından, Clausius ortalama serbest yol fikrini ortaya attı.[10] Moleküllerin Joule'un hesapladığı yüksek hızlarda sapma olmadan hareket edemeyeceği açıktır; tekrar tekrar bir-

[10] Kinetik kuramın erken bir versiyonunun Bristol doğumlu John Herapath (1790–1868) tarafından geliştirilerek 1821 yılında yayımlandığını belirtmemiz gerekir. Sayısal açıdan doğru olmasını beklemek zamanının çok ilerisinde olmasını gerektirse de Herapath'ın çalışması Joule tarafından biliniyordu ve onun doğru yönde ilerlemesine yardımcı oldu.

birlerine çarparak farklı yönlere doğru sekerler. Ortalama serbest yol, bir molekülün çarpışmalar arasında katettiği ortalama mesafedir ve çok küçüktür. BA'nın 1859'daki (o yıl Aberdeen'da yapılan) yıllık toplantısında Maxwell, Waterston'un kayıp makalesindeki bulguların çoğunu (bilmeden) kapsayan bir sunum yaptı. Bu sefer bilim dünyası dikkat kesilmeye hazırdı. Bir gazdaki parçacıkların hızlarının ortalama hız etrafında nasıl dağıldıklarını gösterdi, havadaki moleküllerin 15, 5 °C'deki ortalama hızını saniyede 459 metre olarak hesapladı ve bu moleküllerin ortalama serbest yolunun bir santimetrenin 1/178.800'i olduğunu tespit etti. Başka bir ifadeyle her molekül her bir saniyede 8.077.200.000 (sekiz milyardan fazla) çarpışma yaşıyordu. Gerçekte sürekli hareket eden çok küçük devasa sayıdaki parçacıktan oluşmuş ve bu parçacıklar arasında hiçbir şeyin olmadığı bir gazda, ortalama serbest yolun kısalığı ve bu çarpışmaların sıklığı gazın düz, akışkan bir sıvı olduğu yanılsamasını yaratıyordu. Daha önemlisi bu çalışma ısı ile hareket arasındaki ilişkinin tam olarak anlaşılmasını (bir cismin sıcaklığı, cismi oluşturan atomlar ve moleküllerin hareket ettiği ortalama hızın ölçüsüdür) ve kalorik kavramının nihai olarak terk edilmesini sağlıyordu.

Maxwell 1860'lı yıllarda bu fikirleri geliştirip uygulayarak gazların viskozitesi ve daha önce gördüğümüz üzere genişleyince nasıl soğudukları gibi (bunun nedeni, gazdaki atomların ve moleküllerin birbirlerini hafifçe çekmeleri, dolayısıyla gaz genişlediğinde bu çekimi yenmek için iş yapılmasının gerekmesi, böylece parçacıkların yavaşlaması ve bu yüzden gazın soğumasıydı) gözlemlenen birçok özelliğine açıklık getirdi. Avusturyalı Ludwig Boltzmann Maxwell'in fikirlerini alarak işledi ve geliştirdi; bunun ardından yapıcı bir geri besleme sonucu bu kez Maxwell Boltzmann'ın bazı fikirlerini kullanarak kinetik kuramda yeni ilerlemeler sağladı. Bu geri beslemenin bir sonucu bugün Maxwell-Boltzmann dağılımı olarak bilinen ve bir gazdaki moleküllerin ortalama hızlarını (veya kinetik enerjilerini) betimleyen istatistiksel kuraldır.

Boltzmann'ın bilime birçok başka önemli katkısı oldu ama bunların en büyüğü, maddenin genel özelliklerinin (termodinamiğin ikinci yasası dahil) onu oluşturan atom ve moleküllerin

basit fizik yasalarına (esasen de Newton yasalarına) uyan ve tamamen şansa dayalı olarak işleyen birleşik özelliklerinden çıkarsandığı istatistiksel mekanik alanındaydı. Bugün bu, atomlar ve moleküller fikriyle kopmaz bağlı olarak kabul görmektedir; istatistiksel mekaniğin olgunluk dönemini Amerikalı (Rumford'un kendisini Britanyalı olarak gördüğünü hatırlarsak bilime gerçek bir katkı yapmış ilk Amerikalı) Willard Gibbs'ın (1839–1903) çalışmasıyla yaşamış olan İngilizce konuşan ülkelerdeyse hep böyle görülmüştür. Öte yandan bu fikirler Almanca konuşulan ülkelerde on dokuzuncu yüzyılın sonunda bile atom-karşıtı felsefecilerce ağır biçimde eleştiriliyor ve hâttâ Wilhelm Ostwald (1853–1932) gibi bilimciler (yirminci yüzyılda bile) atomların kimyasal elementlerin gözlemlenen özelliklerini betimlemeye yarayan buluşsal bir araç, varsayımsal bir kavram olduğunda ısrar ediyordu. Zaten bir depresyon rahatsızlığı geçirmiş olan Boltzmann çalışmasının hak ettiği saygıyı asla göremeyeceğine inanıyordu. 1898 yılında hesaplamalarını ayrıntılandırdığı bir makale yayımlayarak "gazlar kuramı tekrar gündeme geldiğinde yeniden keşfedilmeyi gerektirecek fazla bir şey kalmayacağını" ümit ettiğini belirtti. Aradan fazla zaman geçmeden, 1900 yılında başarısız bir intihar girişiminde bulundu (ve bu muhtemelen ilk başarısız intihar girişimi değildi), bunun ışığında bu makalesi bir çeşit bilimsel intihar notu olarak değerlendirilebilir. Ardından bir süre için kendisini toparlamışa benziyor ki, 1904 yılında Birleşik Devletlere giderek St. Louis'teki Dünya Fuarında ders verdi ve California Üniversitesinin Berkeley ve Stanford kampüslerini ziyaret etti; burada garip hal ve tavırları "ünlü bir Alman profesörün hafif gösterişçi yapmacıklıkları ile manik coşkunluklarının karışımı"[11] olarak yorumlandı. Akıl sağlığındaki iyileşme (davranışları iyileşme olarak görülebilirse eğer) fazla uzun sürmedi ve Boltzmann 5 Eylül 1906 tarihinde Trieste yakınlarındaki Duino'da ailesiyle yaptığı bir tatil sırasında kendisini astı. İroniktir ki, Boltzmann'ın Ostwald gibi kuşkucuları bile en sonunda atomların var olduğuna ikna edecek olan çalışmanın bundan bir yıl önce basıldığından haberi yoktu.

[11] *Bkz.* Cercignani

Albert Einstein: Avogadro Sayısı, Brown hareketi ve Gökyüzünün Mavi Olmasının Nedeni

Bu çalışmanın yazarı tarihteki en ünlü patent memuru olan Albert Einstein'dı. Kısaca nasıl patent memuru olduğunu açıklayalım. 1900'lü yılların başında (1905 yılında 26 yaşında olan) Einstein genel akademik camianın dışında çalışan ve atomların gerçek olduğunu kanıtlama fikrine takıntılı, çok zeki bir genç bilim insanıydı. Daha sonra *Autobiographical Notes*'da[12] [*Otobiyografik Notlar*] da yazdığı gibi, bu dönemde "belirli sonlu büyüklükteki atomların varlığını olabildiğince kesin hale getirecek" kanıtları araştırmaya tümüyle odaklanmış durumdaydı. Einstein bu araştırmasını yirminci yüzyılın başında artık bilim insanlarının geçim kaynağı olarak görülmeye başlanmış ve üniversitede araştırmalarına devam etme umudu taşıyan herkes için temel gereklilik halini almış olan doktora derecesi elde etme amacı bağlamında gerçekleştiriyordu. Einstein Zürih'teki Eidgenössische Technische Hochschule'den (ETH; İsviçre Federal Teknoloji Enstitüsü) 1900 yılında mezun olmuş, final sınavlarında başarılı olmasına rağmen kendisini ETH'deki profesörlere sevdirememiş (hocalarından biri olan Hermann Minkowski (1864–1909) genç Albert'i "matematiğe hiç emek vermeyen" bir "tembel serseri" olarak betimlemişti) ve asistan olarak işe alınmasını veya akademik mevki elde etmesini sağlayacak iyi bir referans almayı başaramamıştı. Böylece önce bir dizi kısa süreli yarı-zamanlı işte çalıştıktan sonra 1902'de Bern'de patent memurluğuna başladı. Zamanının çoğunu (sadece boş zamanlarını değil, patent başvurularıyla ilgilenmesi gereken iş saatlerinin çoğunu da) bilimsel konular üzerine çalışmakla geçirdi ve 1900 ile 1905 yılları arasında birkaç makale yayımladı. Her şeye karşın en önemli hedefi doktora derecesini almak ve akademinin kapılarının yeniden kendisine açılmasıydı. ETH doğrudan doktora derecesi vermiyordu ama ETH mezunlarının doktora tezlerini onaylaması için Zürih Üniversitesine gönderebildikleri bir düzenleme vardı ve Einstein da bu yolu izledi. Sonunda sunmaktan vazgeçtiği tamamlanmamış bir çalışmanın ardından 1905

[12] P. A. Schilpp'in çevirdiği ve editörlüğünü yaptığı, Open Court, La Salle, Illinois, 1979 baskısına ulaşılabilir.

yılında Zürih'teki tez denetleyicilerince[13] son derece başarılı bulunacak olan ve atomlar ve moleküllerin gerçek olduğunu her tür şüpheden uzak biçimde kanıtlamasını sağlayan iki makalesinden ilkini tamamladı.

(Kendisinden 11. Bölümde daha fazla bahsedeceğimiz) Thomas Young'ın 1816 yılındaki çalışmalarından bu yana, atomların varlığı fikrini kabul eden bilimciler bu küçük parçacıkların boyutlarını tahmin etmek için bir dizi kaba ama işe yarar yöntem bulmuşlardı. Young bir sıvıdaki yüzey gerilimini; bir su bardağının yüzeyindeki çelik iğnenin "yüzmesini" olanaklı kılan esnekliği (büyük bir dikkatle!) araştırarak su moleküllerinin boyutlarını nasıl tahmin edebileceğini buldu. Moleküllerde yüzey gerilimi açıklanabiliyordu çünkü sıvının molekülleri birbirlerini çekiyordu, bir anlamda yapışkandılar. Su yığını içerisinde çekim her yerde eşit olarak hissediliyordu ancak yüzeyde moleküllerin üzerinde onları yukarı çekecek komşuları yoktu ve çekim onları sadece yana ve aşağıya çekiyor ve sıvının yüzeyindeki esnek dış bölgeye hapsediyordu. Young ortaya çıkan gerilimin etkinliğinin, kaba bir tahminle moleküllerin boyutlarıyla aynı olarak kabul edilebilecek olan çekim kuvvetinin dağılım genişliğiyle bağlantılı olması gerektiğini öne sürdü. Yüzey geriliminin ölçümlerinden yola çıkarak "suyun parçacıkları" olarak adlandırdığı şeyin büyüklüğünün "bir santimetrenin bir ila beş milyarda biri arasında" olması gerektiğini hesapladı; bu modern tahminlerden yaklaşık olarak sadece on kat daha büyük olan, bir santimetrenin 5 ila 25 milyarda biri arasında demekti. Waterloo Savaşından sadece bir yıl sonra elde edilen bu etkileyici başarı, kuşku duyanları ikna etmeye yetecek kadar doğru bulunmadı.

On dokuzuncu yüzyılın ikinci yarısında daha kesin birkaç tahmin daha yapıldı; bunlardan birini daha örnekleyelim: 1860'lı yılların ortasında Avusturyalı kimyacı Johann Loschmidt[14] prensipte

[13] Einstein çevresine denetleyicilerin tezine tek bir itirazı olduğunu, bunun da tezin aşırı kısa olmasından kaynaklandığını anlatmayı severdi. İddiasına göre sonradan bir cümle eklemiş ve tez kabul edilmişti. Elbette bu hikâyeye ihtiyatla yaklaşmakta fayda var.

[14] Loschmidt (1821–1895) az kalsın olduğundan daha ünlü olacaktı. Organik moleküllerin yapısı hakkında çok sayıda önemli fikre bağımsız olarak ulaştı, ancak çalışmasını 1861 yılında yalnızca özel olarak dağıtılan

oldukça basit bir teknik kullandı. Bir sıvıda tüm moleküllerin yanlarındaki moleküllere değdiğini ve moleküller arasında hiç boş alan olmadığını, sıvının hacminin ise bütün moleküllerin hacimlerinin toplamına eşit olduğunu ileri sürdü. Aynı miktarda sıvı buharlaştırılarak gaz haline getirildiğinde moleküllerin toplam hacmi aynı kalıyor ancak bu kez aralarında boş yer oluyordu. Gazın ölçülebilen basıncı ve Avogadro sayısından yola çıkarak ortalama serbest yolun hesaplanmasıyla gerçekte gazın ne kadarının boş uzay olduğunu ortaya çıkarmak için bağımsız bir yol bulmuştu. 1860'larda bu şık fikirdeki zorluk azot gibi gazların sıvılaştırılmasında düğümleniyordu, ayrıca bu sıvıların yoğunlukları (verili bir kütlenin hacmi) çeşitli biçimlerde tahmin edilmeliydi. Buna rağmen iki hesaplama kümesini birleştiren Loschmidt havadaki moleküllerin büyüklüğü (bir milimetrenin birkaç milyonda biri) ve Avogadro sayısı için (yaklaşık $0,5 \times 10^{23}$ veya beşin arkasında yirmi iki sıfır) bir değer tahmininde bulunmayı başardı. Avogadro sayısı ve gazlar konusunda önem taşıyan başka bir sayıyı, standart sıcaklık ve basınç koşulları altında bir metreküp gazdaki moleküllerin sayısını da tanımladı. Bugün Loschmidt sayısı olarak bilinen bu sayı günümüzdeki ölçümle $2,686763 \times 10^{25}$'tir.

Einstein'ın tez çalışmasında moleküllerin boyutlarını tespit etme sorununun ele alınışındaysa gazlar değil çözeltiler, özelde de sudaki şekerin çözeltileri kullanılıyordu. Ayrıca on dokuzuncu yüzyılın ikinci yarısında gelişen termodinamik bilgisi devreye sokuluyordu. Bir çözeltideki moleküllerin bazı yönlerden gaz moleküllerine çok benzer biçimde hareket etmesi olgusu ilk karşılaşıldığında şaşırtıcı gelse de doğruydu. Einstein'ın bundan faydalanma biçimi ozmoz [geçişme] olarak bilinen bir olguyla ilgiliydi. Yarısı suyla dolu, su moleküllerinin geçişine yetecek büyüklükte delikleri olan bir setle ortadan ikiye ayrılmış bir kap düşünün. Her bir saniyede her yönde ortalama olarak aynı sayıda molekül setten geçecek ve kabın iki yarısındaki sıvı seviyesi aynı olacaktır. Şimdi kabın bir tarafına şeker koyarak bir çözelti yaratın. Şeker molekülleri su moleküllerinden çok daha büyük oldukları için yarı geçirgen zar [membran] adı verilen bu setten geçemeyecekler-

bir broşür olarak yayımladığı için 1860'ların ortasında benzer fikirler ileri süren Kekulé'nin gölgesinde kaldı.

dir. Bu durumda setin diğer tarafındaki sıvı seviyesi ne olur? Bu problemle ilk kez karşılaşan çoğu insan, şekerin varlığının setin o tarafındaki basıncı arttıracağı, bunun daha fazla su molekülünü zardan ittirip geçirerek şekersiz taraftaki seviyeyi yükselteceği tahminini yapar. Gerçekteyse termodinamiğin ikinci yasası gereği tam tersi olur.

İkinci yasanın basit versiyonu olan ısının sıcak nesnelerden soğuk nesnelere akması, evrendeki tüm farkların ortalamaya kavuşma eğilimine bir örnektir (şeylerin aşınma nedeni de budur). Örneğin ısı, bütün evrenin sıcaklığını eşitlemeyi denemek amacıyla sıcak yıldızlardan uzayın soğuğuna doğru akar. Açık bir örüntünün (hâttâ muğlâk bir örüntünün) olduğu bir sistem, bir örüntünün olmadığı bir sisteme göre daha fazla düzene ve bu yüzden daha az entropiye sahiptir. (Siyah beyaz bir satranç tahtasının entropisi, düzgün gri renkle gölgelenmiş benzer bir tahtaya göre daha azdır.) İkinci yasayı "doğa farktan nefret eder" biçiminde sloganlaştırabiliriz. Demin verdiğimiz örnekte de, su zardan geçerek çözeltinin *içerisine* girer, şeker çözeltisinin etkinliğini seyreltir ve böylece setin diğer tarafında kalan saf sudan farksız hale getirir. Sıvı seviyesi aslında şekerin olduğu tarafta *artar*, saf suyun olduğu yerde *düşer*. Setin bir tarafındaki çözelti ile diğer taraftaki su arasındaki yükseklik farkının neden olduğu bu fazladan basınç, zardan geçmeye çalışan suyun basıncını (ozmotik basınç) dengelemeye yetinceye dek sürer. Dolayısıyla ozmotik basınç, sistem oturduktan sonra yükseklik farkını ölçme yoluyla kolayca belirlenebilir. Ozmotik basınç çözeltideki çözülen maddenin (bu örnekte şeker) molekül sayısına bağlıdır; çözelti ne kadar yoğunsa basınç o kadar büyüktür. Moleküllerin büyüklüğü, bu moleküllerin çözelti hacminde işgal ettiği kesir oranında hesaplamaya girer. Moleküllerin ortalama serbest yolu da moleküllerin zardan yayıldığı hızla olan bağlantısı gereği devreye girer. Tüm bunları bir araya getiren Einstein (1906'da küçük değişikliklerle tekrar yayımlanacak olan) tezinde, Avogadro sayısının $2{,}1 \times 10^{23}$ olduğunu ve su moleküllerinin çapının santimetrenin birkaç yüz milyonda biri olması gerektiğini hesapladı. 1906 yılında basılan versiyonda daha hassas deneylerden elde edilen yeni verilerle Avogadro sayısının değerini $4{,}15 \times 10^{23}$'e, 1911'de de $6{,}6 \times 10^{23}$'e yükselterek düzeltti; ancak bu

arada Einstein'ın başka bir önemli makalesine dayanarak yapılan deneyler Avogadro sayısını ciddi bir kesinliğe kavuşturmuştu.[15]

"Belirli sonlu büyüklükteki atomların varlığını olabildiğince kesin hale getirecek" kanıtları sağlamayı hedefleyen ikinci çalışma 1905 yılında tamamlanarak basıldı ve olup bitenlerin çok daha basit bir fiziksel ifadesini sağladı; atomların varlığından kuşku duyan son kişileri de ikna edecek nihai kanıt halini almasının nedenlerinden biri de buydu. Ayrıca bizleri, sonraki on yıllarda fiziğin birçok alanında önemli bir etki yaratacak olan istatistiksel tekniklerle de tanıştırdı.

Einstein'ın bu klasikleşmiş makalesi Brown hareketi olarak bilinen olgu üzerineydi. Aslında Einstein çalışmasına Brown hareketini açıklama niyetiyle başlamamıştı, atomlar ve moleküllerin varlığının kendisini büyük ölçekte nasıl gösterebileceği konusunda (bütün problemlerde alıştığımız yaklaşımıyla) ilk ilkelerden yola çıkmış, *daha sonra* betimlediği şeyin bu bilinen olguya karşılık gelebileceğini öne sürmüştü. Makalenin başlangıç paragrafında yaklaşımını açıklıyordu:

> Bu çalışmada ısının moleküler-kinetik kuramı uyarınca bir sıvıdaki mikroskobik olarak görünür büyüklükteki cisimlerin, termal moleküler hareketler sonucunda bir mikroskopla kolayca gözlemlenebilecek büyüklükte hareketler sergilemek zorunda oldukları gösterilecektir. Burada ele alınacak hareketlerin Brown moleküler hareketi denilen şeyle özdeş olması mümkündür ancak bu ikincisiyle ilgili ulaşabildiğim veriler bu soruna ilişkin bir karara varmamı sağlayacak kesinlikte değildir.[16]

Brown hareketi adını, bu olguyu 1827 yılında bir mikroskopla polen tanecikleri üzerinde çalışırken keşfetmiş olan İskoçyalı bit-

[15] Avogadro sayısını ve örneğin bir maddenin kütlesinin sıvı ve gaz formlarındaki göreli hacimlerini bilmenin size otomatik olarak moleküllerin büyüklük ölçümünü verdiğini tekrar hatırlatmakta fayda var; dolayısıyla Avogadro sayısı ölçümlerinden bahsettiğimizde bunun moleküllerin büyüklük ölçümleri olarak okunması gerekir.

[16] Einstein'ın 1905 yılındaki klasik makalelerinin tümünün İngilizcede yorumlarla birlikte John Stachel'in editörlüğünde yeniden yayımladığı *Einstein's Miraculous Year* [*Einstein'ın Mucize Yılı*] kitabından çevrilmiştir.

kibilimci Robert Brown'dan (1773–1858) almaktadır. Bu (çapları genellikle bir milimetrenin yüzde birinin yarısından daha küçük olan) taneciklerin suda yüzerken zigzaglar çizerek düzensiz bir tarzda hareket ettiklerini gözlemlemiştir. Başlangıçta bunun taneciklerin canlı olmasından ve suda yüzmelerinden kaynaklandığı düşünüldü, ancak bir süre sonra parçacıkların yaşayan şeylerle hiçbir bağlantısının olmadığının açık olduğu koşullarda dahi (havadaki duman parçacıkları gibi), sıvının içinde (veya havada) salınan bu çok küçük taneciklerin hepsinin aynı biçimde hareket ettiği anlaşıldı. 1860'lı yıllarda atom hipotezi güç kazanınca birkaç kişi moleküllerin taneciklere çarpmasının bu harekete sebep olabileceğini ileri sürdü; ancak tek bir molekülün bir polen taneciğine ölçülebilir bir "vuruş" yapabilmesi için taneciğin boyutlarının belirli bir büyüklükte olması gerekirdi ki bunun saçma olduğu açıktı. On dokuzuncu yüzyılın devamında Fransız fizikçi Louis-Georges Gouy (1854–1926) ve İngiltere'den William Ramsay (1852–1916) birbirlerinden bağımsız biçimde, istatistiksel yaklaşımın Brown hareketini açıklamak için daha iyi bir yolu olanaklı kıldığını ileri sürdüler. Suda veya havada asılı duran bir parçacık her tarafından sürekli olarak büyük sayıda molekülün bombardımanına uğruyorsa, ortalama olarak tüm yönlerden hissettiği kuvvet aynı olacaktır. Ancak zaman zaman, tamamen şans eseri bir taraftan çarpan moleküllerin sayısı daha fazla olacak, bu da taneciğin fazladan basıncın olduğu taraftan uzağa doğru çekilmesini sağlayacaktır. Bu fikirlerini ayrıntılarıyla geliştirmediler ve Einstein düzgün istatistiksel yoldan onlara benzer kendi fikrini ortaya attığında daha önce ileri sürülmüş bu düşüncelerden neredeyse kesin biçimde habersizdi. (Einstein konuyla ilgili yayımlamış literatüre bakmadan ilk ilkelerden yola çıkarak kendi fikirlerini oluşturmasıyla meşhurdur.)

Einstein'ın makalesinin bu kadar etkili olmasının sebebi tam da tam olduğu içindi; probleme yanlışsız bir matematik ve istatistik yanıt sunuyordu. Polen taneciğinin, ortalama olarak üzerine her taraftan gelen basıncın eşit olmasından kaynaklı, esasen bulunduğu noktada hafifçe sallanarak yerinde kalması gerektiğini düşünmeniz mümkün. Ancak her düzensiz hareketlenme rastgeledir, dolayısıyla taneciğin bir yöne doğru biraz çekildikten sonra

aynı yöne doğru tekrar veya geldiği yere doğru veya herhangi bir yöne doğru çekilmesinin olasılıkları eşittir. Sonuç zigzaglı bir yol izlemesi ve (tüm zigzaglar üzerine çekilen düz bir çizgiyle ölçülen) başlangıç noktasından uzaklaştığı mesafenin, her zaman ilk vuruştan bu yana geçen zamanın kareköküyle orantılı olmasıdır. Bu, ölçüme nereden başlarsanız başlayın (hangi hareketi ilk vuruş kabul ederseniz edin) doğrudur. Bu sürece günümüzde "rastgele hareket" denmektedir ve onun arkasında yatan (Einstein'ın bulduğu) istatistiğin –örneğin radyoaktif elementlerin bozunumunu açıklarken– taşıdığı önem kabul görmüştür.

Einstein sayıları hesaplamanın içine yerleştirdi ve herhangi bir mikroskop uzmanının kendisini Brown hareketini yeterince ayrıntı elde edecek ölçüde gözlemlemeye adadığında gözlemlerle de test edebileceği "moleküler kinetik kurama" dayalı olarak bir öngörüde bulundu. Avogadro sayısını moleküllerin hareket ettiği hıza ve parçacıkların Brown hareketi sonucu başlangıç noktalarından uzaklaşmalarındaki ölçülebilir hıza bağlayan bir denklem oluşturdu. 17 °C'lik suda salınan bir milimetrenin binde biri büyüklüğündeki bir parçacıkta, Avogadro sayısı olarak 6×10^{23} değerini kullanarak (kafadan atarak değil, daha sonra bahsedeceğimiz 1905 yılında gerçekleştirdiği başka bir çalışmaya dayanarak)[17], bir dakikada bir milimetrenin altı binde biri kadar bir kayma olacağı öngörüsünde bulundu. (Parçacık dört dakikada iki kat daha uzağa, on altı dakikada dört kat daha uzağa, vb gidecektir.) Bu ölçüde yavaş kaymaların gereken tamlıkta ölçülmesi gibi zorlu bir işi Fransız Jean Perrin (1870–1942) üstlendi ve ulaştığı sonuçları yirminci yüzyılın ilk on yılının daha sonraki yıllarında yayımladı. Bunun üzerine Einstein vakit geçirmeksizin kendisine şu satırları yazdı: "Brown hareketinin bu kadar hassas ve kesin biçimde araştırılmasının olanaksız olduğunu düşünürdüm; sizin bu işi üstlenmiş olmanız bu konu için büyük bir şans." Perrin'in 1926 yılında bu çalışması nedeniyle Nobel Ödülüne layık görülmesi, o dönemde atomların ve moleküllerin var olduklarının kanıtlanmasının ne kadar önemli olduğuna ilişkin bir göstergedir.

[17] Artık Avogadro sabiti de denilen Avogadro sayısının günümüzdeki değeri $6{,}022 \times 10^{23}$'tür.

Öte yandan Einstein hâlâ atomların varlığına ilişkin kanıt bulma ve Avogadro sayısına ilişkin araştırma çalışmalarına son vermiş değildi. 1910 yılının Ekim ayında ışığın bizzat havanın içerisindeki gaz molekülleri tarafından saçılışı nedeniyle gökyüzünün mavi rengine nasıl kavuştuğunu açıklayan bir makale kaleme aldı. Mavi ışık bu yolla kırmızı veya sarı ışıktan daha kolay saçılıyordu, bu yüzden güneşten gelen doğrudan ışık, turuncu renkte olmasına rağmen (gökteki moleküllerin birinden diğerine çarpıp sekerek) mavi ışık halini alarak gökyüzündeki tüm yönlerden bize ulaşıyordu. Daha önce 1869 yılında John Tyndall bu tür bir ışık saçılmasından bahsetmiş, ancak bunu havanın içerisindeki toz parçacıklarının ışık üzerindeki etkisi yönüyle ele almıştı; tozun yarattığı ve güneş ışığındaki maviyi daha da eksilten bu saçılma güneşin gün doğumu ve batımında daha kırmızı görünmesinin nedeniydi. Başka bilimciler doğru olarak gökyüzünün mavi olmasının havada salınan tozdan değil hava moleküllerinden kaynaklandığını öne sürmüşlerdi; ancak hesaplamaya sayıları sokan Einstein oldu. Gökyüzünün maviliğini Avogadro sabitini başka bir biçimde hesaplamak için kullandı ve böylece –1910 yılında halen daha gerekiyorsa eğer– atomların ve moleküllerin varlığı konusunda destekleyici yeni kanıtlar sağlamış oldu.

Bu çalışma gayet şık olmasına karşın, aslında Einstein'ın yine ışıkla ilgili olan ama ışığı çok daha temel bir biçimde ele alan esas çalışmasının taşlarını döşüyordu. Özel görelilik kuramını bağlamına oturtabilmek için ışığın doğasına ilişkin kavrayışın on dokuzuncu yüzyılda nasıl geliştiğine ve bunun Einstein'ı bilimin en kutsal ilkeleri olan Newton'ın hareket yasalarında bir değişikliğe ihtiyaç duyulduğu düşüncesine nasıl getirdiğine bakmamız gerekecek.

11
Işık Olsun

Işığın dalga modelinin dirilişi – Thomas Young: Çift yarık deneyi– Fraunhofer çizgileri – Spektroskopinin gelişimi ve yıldızların tayfları – Michael Faraday: Elektromanyetizma çalışmaları– Elektrik motoru ve dinamonun icat edilmesi – Faraday'in kuvvet çizgileri – Işık hızının ölçülmesi– James Clerk Maxwell'in bütünsel elektromanyetizma kuramı – Işık elektromanyetik bozulmanın bir biçimidir – Albert Michelson ve Edward Morley: Michelson–Morley ışık deneyi – Albert Einstein: Özel görelilik kuramı – Minkowski: Kuram çerçevesinde uzay ve zamanın geometrik birleşimi

Newton'ın ışığı bir parçacık akışı olarak ele alan yaklaşımı, hem Newton'ın bilimin bilirkişisi olarak sahip olduğu itibarın hem de parçacık modelinin gerçekten de dalga modelinden daha iyi olduğuna ilişkin kanıtların varlığı sebebiyle, kendisine rakip olan ışığın dalga modeli karşısında on sekizinci yüzyılın sonuna dek baskın durumda oldu. Ondan sonraki yaklaşık yüz yıl içerisinde gelişen yeni ışık kavrayışı ise önce Newton'ın bile hükümlerinde yanlışsız olmadığını, daha sonra yirminci yüzyıl başında bu kez onun hareket yasalarının da mekanik biliminde son söz olmadığını gösterdi. Bu açıdan Newton'ın etkisi gelişimin önünde gerçekten bir engel oluşturdu; daha önce bahsettiğimiz Huygens'in çalışmaları bir yana, on sekizinci yüzyıl sonunda aslında çok sayıda gözlemsel kanıt vardı ve bunların izinde daha büyük bir tutkuyla ilerlenmiş olsaydı eğer dalga modelinin kabul görmesi birkaç on yıl daha önce gerçekleşebilirdi. Hâttâ Newton tarih sahnesine çıkmadan önce bile ışığın dalga olarak hareket ettiğini gösteren kanıtlar söz konusuydu. O dönemde değeri bilinmeyen bu çalışmanın sahibi İtalyan fizikçi Francesco Grimaldi (1618–1663) Bologna'daki Cizvit kolejinde matematik profesörüydü ve ışık üzerine

çalışmalarını tıpkı Newton'ın daha sonra yapacağı gibi, karanlık bir odaya küçük bir delikten güneş ışığı ışını girmesini sağlayarak gerçekleştirdi. Işık ışınının ikinci bir küçük delikten geçerek bir ekrana ulaştığında ışığın ekrandaki görünümünün renkli çizgili ve ışık delikten doğru çizerek geçmiş olsa olması gerekenden biraz daha geniş olduğunu buldu. Işığın delikten geçtiği için dışa doğru hafif büküldüğü şeklindeki "kırınım" adını verdiği bir olgunun varlığını (doğru olarak) tespit etti. Ayrıca (bir bıçak ağzı gibi) küçük bir cisim ışık ışınının içerisine yerleştirildiğinde, ışığın cismin kenarında kırınıma uğradığı ve gölgeye karıştığı yerde, cismin gölgesi renkli kenarlara sahip oluyordu.[1] Bu ışığın dalga olarak hareket ettiğinin doğrudan bir kanıtıdır ve aynı etki, bir deniz veya bir göldeki dalgaların önünü kapatan engelleri aşarak veya engellerdeki boşluklardan geçerek hareket etmeleri sırasında da görülebilir. Şüphesiz işin içerisine ışık girdiğinde dalga boyları çok küçük olduğu için etkisi de çok düşüktür ve sadece çok dikkatli ölçümlerle tespit edilebilir. Grimaldi'nin çalışması ancak ölümünden iki yıl sonra *Physico-mathesis de lumine, coloribus, et iride* adlı bir kitapta yayımlanabildi. Görüşlerini savunması ve duyurması mümkün olmadığı gibi, o dönem kitabın farkına varan az sayıda kişinin de sonuçları doğrulamak için gereken hassas deneyleri gerçekleştirmeye mahir (veya istekli) olmadıklarını tahmin edebiliyoruz. Kitabın taşıdığı önemi fark edenlerden birinin Grimaldi öldüğünde 21 yaşında olan Newton olması olasıdır; ancak Grimaldi'nin gözlemlenen olguyu ne yansımanın ne de kırınımın açıklamadığı yönündeki kanıtlarının gücünü yeterli bulmamış olsa gerektir. Newton Grimaldi'nin kitabındaki dalga modelini kabul etmiş olsa bilimin nasıl gelişebileceği üzerine tartışmak cezbedici olsa da sonuç verici olmaz.

Işığın Dalga Modelinin Dirilişi

Işığın parçacık modelinin hâkimiyeti Newton'ın 1727'deki ölümünün ardından on sekizinci yüzyıl boyunca sürse de, diğer alternatifi düşünen insanlar da vardı ve bunlardan en önemlisi daha

[1] Çizgiler gökkuşağı gibi renklidir, çünkü ışığın farklı dalga boyları farklı miktarlarda bükülür ve farklı dalga boyları farklı renklere tekabül eder.

önce bahsettiğimiz İsviçreli matematikçi Leonhard Euler'di. Euler en az eylem ilkesi fikrini geliştirdiği saf matematik alanındaki çalışmalarıyla tanınır. (Bu ilke bize doğanın tembel olduğunu söyler; bunun bir belirimi de ışığın en kısa yolu izleyerek doğrusal hareket etmesidir.) Joseph Lagrange (1736–1813) bu çalışmanın izinden ilerledi ve en nihayetinde yirminci yüzyılda kuantum dünyasının matematik betimlemesi için gereken temel sağlandı. Daha önce belirttiğimiz gibi Euler matematiğe π, e, i gibi gösterimleri soktu, keza doğrudan güneşe bakmanın doğurduğu tehlikeye örnek teşkil eden bir deneyim yaşadı. 1733 yılında St. Petersburg'da matematik profesörüyken sergilediği bu aptallık sağ gözünün kör olmasına neden oldu. 1760'ların sonuna doğru sol gözünü de katarakt nedeniyle kaybetmesi yaşadığı talihsizliğin bedelini ikiye katladı, yine de bunların hiçbiri onun matematik alanındaki olağanüstü üretkenliğini yavaşlatamadı.

Euler ışık modelini 1746 yılında Berlin'deki Frederick the Great's Academy of Sciences'ta [Büyük Friedrich Bilimler Akademisi] çalışırken yayımladı (daha sonra Çariçe II. Katerina onu St. Petersburg'a davet etti, geri kalan yaşamında orada kaldı). Euler'in görüşlerindeki başarının sırrı, kırınımın bu yolla açıklanmasındaki zorluk dahil parçacık yorumunda karşılaşılan güçlüklerin tümünü dikkatle derleyerek dalga modelini destekleyen kanıtları tek tek göstermesinde yatıyordu. Bilinçli olarak ışık dalgaları ile ses dalgaları arasında bir benzetme kurdu ve 1760'larda yazılmış bir mektupta "ses için hava neyse, güneş ışığı için de esirin o olduğunu" yazarak güneşi "ışık çınlatarak yayan bir çan" olarak betimledi.[2] Benzetme açık ve net olmasına karşın en iyimser gözle bile kusurluydu ve bize on sekizinci yüzyılın ortasında dalga modelinin önünde henüz daha alması gereken çok yol olduğunu gösteriyordu. Fizik dünyasının on dokuzuncu yüzyılın deneysel teknikleri meseleyi kuşku bırakmayacak biçimde açıklığa kavuşturana dek ışığın doğası konusundaki yaklaşımını terk etmeye ikna olmaması sürpriz sayılamazdı. Bu görüş değişikliğine doğru ilerlenmesi için ilk ciddi adımı atacak kişi Euler 1773 yılında öldüğünde henüz 10 yaşındaydı.

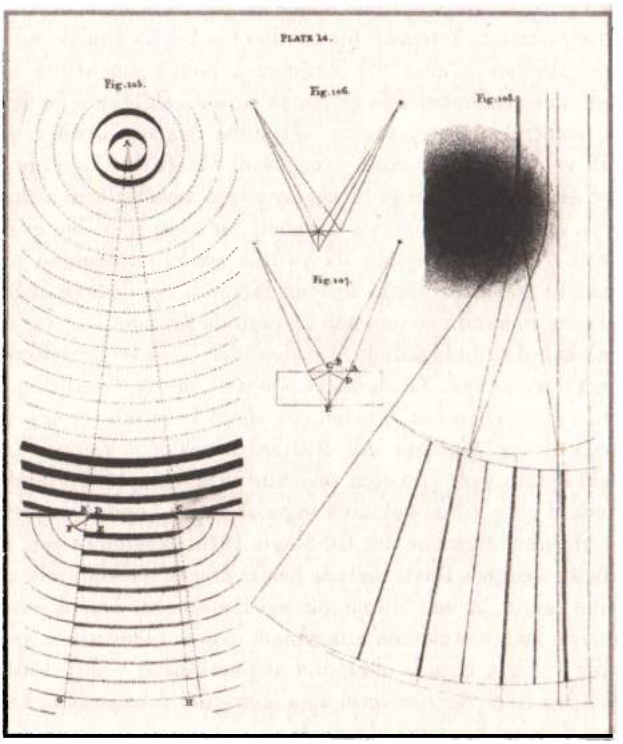
[2] Alıntı Zajonc'tan

Thomas Young: Çift Yarık Deneyi

Thomas Young 13 Temmuz 1773'te Milverton, Somerset'te doğdu. Harika çocuklardandı; 2 yaşında İngilizce, 6 yaşında Latince okuyabiliyordu, 16 yaşına geldiğinde Yunanca, Fransızca, İtalyanca, İbranice, Keldanice, Süryanice, Arapça, Farsça, Türkçe, Samarya ve Etiyopya dillerini öğrenmişti. Zengin bir aileden gelen Young (babası bankerdi) istediğini yapma özgürlüğüne sahipti ve çocukluk ve gençliğinde çok az resmi eğitim aldı. Buna ihtiyacı olmadığı da çok açıktı, (öğrendiği diller listesinin gösterdiği gibi) Ortadoğu arkeolojisi ve tarihine küçük yaştan itibaren ilgi duyarak, ayrıca fizik, kimya ve birçok başka ek şey daha öğrenerek kendi kendisine çalıştı. Yetenekli bir hekim olan büyük amcası Richard Brocklesby'den (1722–1797) etkilenerek büyük amcasının Londra'daki muayenehanesinde çalışmak (sırası geldiğinde de devralmak) amacıyla 19 yaşında tıp eğitimine başladı. Londra, Edinburgh ve 1796'da hekimlik yeterliliğini aldığı Göttingen'de okudu ve Almanya'da yaptığı birkaç ay süren seyahatlerin ardından (büyük amcasının ölümüyle beraber) bir süre için Cambridge'e yerleşti. Tıp öğrenciliğinin ilk yılında gözün odaklanma mekanizmasını (kasların gözün mercek biçimini nasıl değiştirdiğini) açıklamış ve bunun sonucunda 21 yaşında Kraliyet Derneği üyesi olarak kabul edilmiş olduğu için şimdiden bilimsel çevrelerde tanınmış durumdaydı. Emmanuel College'da kaldığı Cambridge'teki iki yılında elinden her iş gelen çok yönlü becerikliliği sayesinde "Harika Young" lakabını aldı. Richard Brocklesby Young'a Londra'daki evinin yanı sıra tüm servetini bırakınca 1800 yılında 27 yaşındaki genç adam hekimlik yapmak üzere Londra'ya yerleşti. 1811 yılından ölümüne dek (10 Mayıs 1829) yaşamının geri kalanında St. George's Hastanesinde hekim olarak tıp alanında çalışmasına karşın, bu onu bilime çok çeşitli alanlarda önemli katkılar yapmaya devam etmekten alıkoymadı. Hayat hikâyesinde sadece tek bir kusurlu dönem olduğunu söyleyebiliriz; Young 1801'den 1803'e dek RI'da dersler verdi ama izleyicilerin beğenisini kazanmayan dersleri başarıya ulaşmadı.

İlgi alanı çok geniş olan Young astigmatizmin gözün korneasının her yönde aynı eğiklikte olmamasından kaynaklandığını açıkladı, renkli görmenin gözdeki farklı reseptörleri etkileyen üç temel

rengin birleşiminden (kırmızı, yeşil ve mavi) kaynaklandığını fark eden ilk kişi oldu (bu arada renk körlüğünün bu reseptörlerden bir ya da birkaçının çalışmamasının kaynaklı olduğunu açıkladı), (bir önceki bölümde gördüğümüz üzere) moleküllerin boyutlarını tahmin etti, kraliyete dışişleri bakanı olarak hizmet etti ve çalışması 1819 yılında isimsiz olarak yayımlandığı için hakkı tam olarak verilmese de Rosetta [Reşid] Taşında yazılanların deşifre edilmesinde öncü bir rol oynadı. Bizi burada ilgilendiren elbette Young'ın en çok bilinen çalışması, ışığın dalga olarak hareket ettiğini kanıtlayan ışık deneyleridir.



32. *Young'ın ışık dalgalarının nasıl yayıldığını gösteren çizimleri. Young'ın 1807 tarihli* A Course of Lectures on Natural Philosophy and Mechanical Arts [Doğa Felsefesi ve Mekanik Sanatlar Üzerine Dersler] *adlı eserinden.*

Young ışıktaki girişim olgusu konusundaki deneylerine 1790'lı yılların sonunda Cambridge'teyken başladı. 1800 yılında *Outlines of Experiments and Enquiries Respecting Sound and Light* [*Ses ve Işıkla İlgili İnceleme ve Deneyler Konusunda Taslak*] çalışmasında Newton ve Huygens'in rakip modellerini birbirleriyle karşılaştırdı ve ışığın farklı renklerinin farklı dalga boylarına denk düştüğünü önererek Huygens'in dalga modelini destekleme "sonucunu ortaya çıkardı". 1801 yılında tartışmaya ana katkısı olan ışık dalgalarındaki girişim fikrini kamuoyuna duyurdu. Bu bir göldeki dalgaların (örneğin sakin bir göle aynı anda farklı yerlerden iki çakıl taşı atılırsa) karışık minik dalgalanmalar oluşturacak şekilde birbirleriyle girişime uğramasıyla tamamen aynı şekilde gerçekleşiyordu. Young önce Newton'ın gözlemlediği Newton halkaları gibi olguların girişimle nasıl açıklanabileceğini gösterdi ve Newton'ın deneyindeki verileri kullanarak kırmızı ışığın dalga boyunu (modern birimlerle) $6{,}5 \times 10^{-7}$ metre ve mor ışığı $4{,}4 \times 10^{-7}$ metre olarak hesapladı. Bu sayıların günümüzdeki ölçümlerle uyuşması Newton'ın ne kadar iyi bir deneyci, Young'ın da ne kadar iyi bir kuramcı olduğunu göstermektedir. Ardından Young bugün adını verdiği Young deneyini, diğer ismiyle çift yarık deneyini tasarlamaya ve gerçekleştirmeye koyuldu.

Çift yarık deneyinde ışık (şart olmasa da, ideali saf renkte bir ışık, yani tek bir dalga boyu olmasıdır) bir karton parçasında açılmış dar bir yarıktan geçirilir. ("Dar"dan kasıt, yarığın ışığın dalga boyu kadar bir genişlikte olması gerektiğidir, bu kabaca bir metrenin milyonda biridir, dolayısıyla usturayla açılmış bir yarık uygun olacaktır.) Yarıktan geçen ışık etrafa yayılır ve benzer iki paralel yarığa sahip olan ikinci bir karton parçasının üzerine düşer. Bu iki yarıktan da geçen ışık bu kez bir ekranın üzerine düşerek ekranda "girişim deseni" adı verilen bir ışık ve gölge deseni yaratır. Young'ın açıkladığı gibi, her iki yarıktan birden ulaşan dalgaların birbirlerine ayak uydurdukları durumda her iki dalgadaki tepeler birbirine eklenir ve parlak olur; yarıklardan geçen dalgalar birbirleriyle (faz yönünden) uyumsuzsa, bu durumda bir dalgadaki tepe diğer dalgadaki çukur tarafından götürülür ve karanlık olur. Ekranda görülen desenin aralıkları ışığın dalga boyuna bağlıdır ve bu dalga boyu desendeki çizgilerin aralıkları ölçülerek hesaplanabilir. Işığı

uzayda vızır vızır hareket eden mini minnacık güllelerden oluşan bir akıntı gibi ele alarak bu olguyu açıklamak kesinlikle mümkün değildir. Young bu çalışmasını esasen 1804 yılında tamamlar ve 1807'de şöyle yazar:

> (Desenin) ortası her zaman aydınlık ve her iki tarafındaki parlak çizgiler öyle bir uzaklıkta ki, onlara gediklerin birinden gelen ışık diğerine oranla varsayılan dalga yayılmasının genişliğinin bir, iki, üç veya daha fazla katı daha uzun bir uzayı aşmış olmak zorundayken, girişime uğrayan karanlık yerler varsayılan dalga yayılmasının yarısı, bir buçuğu, iki buçuğu veya daha fazla kadar bir farka denk düşmektedir.[3]

On yıl sonra Young ışık dalgalarının, ses dalgaları gibi boyuna (itme-çekme) dalgalar olmadığını, bir taraftan diğerine hareket eden bir dikine "dalgalanma" sonucu oluştuğunu öne sürerek modelini daha da geliştirdi. Yine de meslektaşlarını ikna etmekten çok uzak olan ışık çalışması Young'ın Britanya'daki fizikçilerce eleştirilmesine sebep oldu: Newton'ın söylediği bir şeyin yanlış olabileceğini söylemesi kızgınlık uyandırmakla kalmadı, iki ışık ışınının *toplanmasıyla* karanlık yapılabileceği fikriyle de dalga geçildi. Koltuğunda birçok başka karpuz daha taşıyan Young nihayetinde bundan fazla zarar görmediği gibi bilimin ilerleyişi de duraksamadı, çünkü çok kısa süre içerisinde dalga modelini destekleyen benzer kanıtlar o dönem Britanya'nın en büyük hasmından (belki de olması gerektiği gibi) Fransa'dan geldi.

Augustin Fresnel 10 Mayıs 1788 tarihinde Broglie, Normandiya'da doğdu. (Tıpkı d'Héricy ailesi ve Georges Cuvier gibi) Fransız Devriminin kargaşasından kaçmak için Caen yakınlarındaki arazisindeki malikânesinde inzivaya çekilmiş bir mimarın oğluydu ve 12 yaşına dek evde eğitim gördü. Caen'deki École Centrale'de okuduktan sonra 1804 yılında Paris'e giderek mühendislik eğitimi almaya başladı. 1809'da inşaat mühendisi oldu ve memur olarak Fransa'nın değişik bölgelerinde yol projelerinde çalıştı; gündüz işinin dışındaysa optik alanına ilgi duymaya başla-

[3] Young'ın *A Course of Lectures on Natural Philosophy and the Mechanical Arts* eserinden alıntılayan Baierlein.

dı. Fresnel Paris'teki akademik bilim çevrelerinin dışında olduğu için Young'ın çalışmalarından haberdar olmamışa benziyor; daha ilginci, Huygens ve Euler'in çalışmaları hakkında da bir bilgiye sahip değilmiş gibi görünüyor. Bu yüzden kendi ışık dalga modelini salt kendi çabasıyla geliştirdi. Bununla kalmadı, Fresnel bu modeli kısmen siyaset vesilesiyle geliştirme fırsatına da sahip oldu. Napoléon rejiminde devlet memuru olarak sorunsuzca çalışmış olmasına karşın Napoléon müttefiklerce yenilgiye uğratılıp Elba'ya sürgüne gönderilince Fresnel de birçok çağdaşı gibi krallık taraftarı olduğunu açıkladı. Napoléon 1815'te Yüz Gün için kısa süreliğine sürgünden döndüğünde Fresnel görevinden alındı veya protesto amaçlı kendi isteğiyle ayrıldı (bu konuda kayıtlar karışık) ve ev hapsinde tutulmak üzere Normandiya'daki evine gönderildi. İşte burada kendi fikirlerini geliştirmek için gereken zamana sahip oldu; Napoléon tahttan nihai olarak indirilip Fresnel mühendis olarak işine geri dönünce ışık bilimini bir kez daha boş zaman uğraşı olarak bir kenara bırakacaktı.

Fresnel'in ışığın dalga modeli yaklaşımı yine kırınıma dayalıydı ancak ekrana ışık düşürmek için tek bir dar yarık kullanıyordu. Yarık yeterince darsa ekranda kendisine özgü bir çizgili ışık ve gölge deseni üretir. Ayrıntılara girmeden, bunun nasıl olduğunu düşünmenin en basit yolu, ışığın yarığın her iki tarafında çok hafif büküldüğünü, her bir kenardan dışarıya yayıldığını ve ekrana her biri farklı dalga boyu değerine sahip birbirinden çok az farklı iki ayrı yoldan gittiğini kafamızda canlandırmaktır. Bu deneyi bir ışık ışınının geçtiği yola küçük bir engel (bir iğne gibi) koyarak tersinden gerçekleştirmek de mümkündür. Bu durumda ışık engelin etrafında bükülür (tıpkı denizdeki dalgaların suyun içinden yükselen bir kayanın etrafında bükülmesi gibi) ve engelin gölgesinde bir kırınım deseni yaratır.

1817 yılında Fransız Akademisinin (her ne kadar bu çalışmanın bilgisine sahip olsa da) kırınım konusunda en iyi deneysel çalışmayı yapan ve bunu olup biteni açıklayan bir kuramsal modelle destekleyen kişilere ödül vereceğini açıklaması, Young'ın çalışmasının ne kadar az takdir edildiğini göstermektedir. Yarışmaya sadece iki katılım oldu. Biri o kadar saçmaydı ki Akademi ne başvuran kişinin adını ne de başvurunun ayrıntılarını kayıtlarına

geçirdi. Diğeri Fresnel'in 135 sayfa uzunluğundaki çalışmasıydı. Ancak aşılması gereken büyük bir engel vardı; öneri elbette bir dalga modeliydi ama jüri koltuğundaki matematikçi Siméon-Denis Poisson (1781–1840), fizikçi Jean Baptiste Biot (1774–1862) ve astronom-matematikçi Pierre Simon Laplace, her üçü de müzmin Newtoncı ve bu yüzden parçacık modeli destekçisiydiler. Fresnel'in modelinde bir kusur bulmak için özel çaba gösterdiler ve önemli bir matematikçi olan Poisson o hatayı bulduğunu düşündü. Yaptığı hesaplamalarla şu sonuca vardı: Fresnel'in ışık dalga modeline göre küçük yuvarlak bir cisim (bir kurşun bilye parçası gibi) ışık ışınının yoluna yerleştirilirse cismin etrafında bükülen ışık, cismin merkezinin tam arkasında, sağduyumuz bize orada en karanlık gölgenin olması gerektiğini söylese de, parlak bir nokta üretmeliydi. İki ışık ışınının birbiriyle toplanmasının karanlık etmesi fikri Young'ın Britanyalı muhaliflerine ne kadar çılgın geliyorsa, bu da ona aynı derecede çılgınca bir fikir olarak gözüküyordu. Ancak Poisson'un da belirttiği gibi hesaplamaların anlamı gayet açıktı:

> Paralel ışığın, çevresindekiler tam anlamıyla saydam olacak şekilde, ışık geçirmez bir diske vurmasını sağlayalım. Disk –elbette– bir gölge yaratacaktır ama gölgenin tam merkezi parlak olacaktır. Kısa ve öz ifadesiyle, opak bir diskin arkasındaki merkez dikme boyunca (diskin hemen arkası hariç) hiçbir yerde karanlık olmayacaktır. Gerçekten de yoğunluk, ince diskin hemen arkasından itibaren, sıfırdan başlayarak sürekli artmaktadır. Diskin arkasında diskin çapına eşit bir mesafede yoğunluk, disk hiç orada bulunmasaydı olacak yoğunluğun yüzde 80'ine ulaşmıştır bile. Daha sonrasında yoğunluk daha yavaş biçimde artarak disk hiç var olmasaydı olacak olan yoğunluğun yüzde 100'üne doğru yaklaşır.[4]

Hakemlere bu saçma geldi ama Fresnel'in modelinde öngörülen tam da buydu. Newtoncı geleneğin sıkı takipçisi iyi bilimciler olarak hakemler ve panel başkanı yarışmada gözetmenlik yapmaya koyuldular ve fizikçi François Arago'nun (1786–1853) öngörüyü sınaması için bir deney yapmasına karar verildi. Öngörülen par-

[4] *Bkz.* Baierlein. Bir sonraki alıntı da aynı kaynaktandır.

lak noktanın, tam da Poisson'un Fresnel'in modelini kullanarak olması gerektiğini öngördüğü noktada yer aldığı ortaya çıktı. 1819 yılı Martında Arago, Bilimler Akademisi Konseyine verdiği raporda şöyle yazıyordu:

> Komisyon üyelerinizden biri olan M. Poisson'ın yazarın [Fresnel] belirttiği aralıklardan ulaştığı tekil sonuç gereği, opak bir dairesel ekranın gölgesinin merkezinin... ekran orada hiç yokmuşçasına aydınlanmış olması gerekmekteydi. Sonuç doğrudan deneyin sınamasına tabi tutulmuş ve gözlem hesaplamayı kusursuz biçimde doğrulamıştır.

Newton'ın dünyanın araştırılmasının temeli olarak kabul ettirdiği bilimsel yöntem olan "doğrudan deney sınaması", Newton'ın yanlış olduğunu ve ışığın dalga olarak hareket ettiğini kanıtlamıştı. Bu andan itibaren ışığın dalga modelinin hipotezden kuram düzeyine çıkartılması gerekiyordu. Fresnel ün kazanmayı hak etmişti, yarı-zamanlı bir bilim insanı olmasına karşın Arago'yla birlikte ışığın dalga kuramının geliştirilmesi konusunda önemli çalışmalar gerçekleştirdi ve 1823'te Fransız Akademisine, 1825'te Kraliyet Derneğine üye olarak kabul edildi. 1827 yılının 14 Temmuz tarihinde tüberkülozdan ölmeden birkaç gün önce, Newton'ın ölümünden yüz yıl sonra Rumford Madalyasına layık görüldü. Işığın dalga kuramının tam anlamıyla geliştirilmesi ve özellikle fizikçilerin dalgalanan şeyin ne olduğunu anlamaları için birkaç on yıl geçmesi gerekti. Yine de bu ışığın kullanımında pratik gelişmelerin olmasını engellemedi. Fresnel deniz fenerlerinde kullanılması amacıyla birbirlerinden biraz farklı eğriliklere sahip eş-merkezli cam halkalardan yapılmış özel bir lens geliştirdi (Fresnel lensleri); ışık yavaş yavaş gelişen yeni bilim dalı spektroskopi [tayf ölçümü] yoluyla belki de bilimdeki en değerli araç halini almaya başlıyordu.

Spektroskopi bilimin değerli ve önemli bir aracı olarak demirbaş yerini o kadar sağlamlaştırmıştır ki, her zaman kullanılmamış olduğunu ve sadece on dokuzuncu yüzyılın başlarından itibaren anlaşılmaya başlandığını öğrenmek bizlere şaşırtıcı gelir. Bu bizlerde 1800 yılından önce kimsenin Papa'nın Katolik olduğunu bilmediğini öğrenmeye benzer bir etki yaratır. Bilimsel gelişmede sık rastladığımız üzere spektroskopi de işe uygun teknolojilerin

gelişmesini beklemek durumundaydı; bu durumda bu, ışığın gökkuşağı renkleri tayfına saçılmasını sağlayacak bir prizma veya benzer bir sistem ile bu tayfı ayrıntılarıyla taramak için kullanılacak bir mikroskobun birleşimiydi.

Fraunhofer Çizgileri

Işık bu biçimde incelendiğinde tayfında bazıları koyu, bazıları parlak çok sayıda farklı keskin çizginin olduğu görülür. Bunu ilk fark eden kişi 1802 yılında güneş ışığını bir prizmadan geçiren ve büyütülmüş tayfın üzerinde çalışarak tayfın içerisinde bazı koyu çizgiler gören İngiliz fizikçi ve kimyacı William Wollaston (1766–1828) oldu. Wollaston ikinci dereceden de olsa, çok yönlü ve iyi bir bilim insanıydı; rodyum ve paladyum elementlerini keşfetti, Dalton'un atom kuramının ilk destekçilerindendi ancak bilime büyük katkı yapan kişilerden biri değildi. Bir şekilde güneş ışığının tayfında keşfettiği koyu çizgilerin peşini bıraktı ve Alman endüstriyel fizikçi Josef von Fraunhofer (1787–1826) 1814 yılında aynı keşfi bağımsız olarak gerçekleştirdi ve keşfinin arkasını da olgunun kapsamlı bir incelemesiyle getirdi; bu yüzden güneş tayfındaki çizgilere bugün Wollaston çizgileri değil, Fraunhofer çizgileri diyoruz. Fraunhofer 1821 yılında ışığın tayf biçiminde yayılımını sağlamak için kırınım ağı adı verilen başka bir teknik icat etti (adından da anlaşılabileceği gibi eylemi yönüyle tamamen ışığın dalga doğasına bağlıdır). Tüm bunların sebebi, Fraunhofer'in dönemin yüksek teknolojili endüstrisinde ve bilimsel çalışmalarda rol oynayan lensler ve prizmalarda kullanılan camların kalitesini yükseltmeye uğraştığı Munich Philosophical Instrument Company'nin [Münih Felsefi Aletler Şirketi] optik laboratuarında çalışmasıydı. Yeteneği şirketin bir servet kazanmasını sağlamakla kalmadı, Almanya'nın neredeyse yüzyıl boyunca optik sistemlerin üretiminde liderliği ele geçirmesinin de temellerini attı.

Spektroskopinin Gelişimi ve Yıldızların Tayfları

Yaptığı ilk spektroskopik keşiflerden biri, bir alevin ışık tayfında, her biri (kısa süre sonra ortaya çıktığı üzere) iyi tanımlanmış

belirli bir dalga boyunda olan iki parlak sarı çizginin olmasıydı. 1814 yılında Fraunhofer bu (bugün sodyumla üretildiği ve sarı sokak lambalarının renginin nedeni olduğu bilinen) iki parlak sarı çizgiyi, değişik cam türlerinin optik özelliklerini test etme amacıyla saf monokromatik [tek renkli] ışık kaynağı olarak kullanıyordu. Camın bu ışığa etkisini güneş ışığına olan etkisi ile karşılaştırdığında güneş tayfında koyu çizgilerin varlığını fark etti. Kullandığı aletlerin üstün kalitesi sayesinde bunların sayısının Wollaston'un gördüklerinden çok daha fazla olduğunu, tayfın sonundaki kırmızı ve mor renklerin arasında yer alan koyu çizgilerin toplam sayının 576'ya ulaştığını gördü ve ayrı ayrı her birinin dalga boyunu tespit etti. Venüs'ün ve yıldızların tayflarında da benzer çizgiler olduğunu fark eti. Kırınım ağları kullanılarak elde edilen tayflarda aynı dalga boyunda olan aynı çizgilerden olduğunu göstererek bunun, içinden ışık geçen prizmaların içerisindeki camın sebep olduğu bir olgu değil, ışığın bir öz niteliği olduğunu kanıtladı. Fraunhofer bu çizgilere neyin sebep olduğunu hiç bulamadı belki ama spektroskopinin bilimdeki kullanımını yetkinleştiren kişi oldu.

Çok sayıda kişi bu yeni keşfedilen olguyu araştırmaya girişti ama en önemli keşifler yine Almanya'da, 1850'li ve 1860'lı yıllarda Heidelberg'de birlikte çalışan Robert Bunsen (1811–1899) ve Gustav Kirchoff (1824–1887) tarafından gerçekleştirildi. Robert Bunsen'in aynı zamanda laboratuar donanımları içerisinde en tanınmış parçalardan birine ismini veren kişi olması da tesadüf değildi, çünkü Bunsen beki spektroskopinin gelişiminde de anahtar rol oynayan bir aletti.[5] Bir madde bunsen bekinin alevinde ısıtıldığında alev ısıtılan cisme bağlı olarak özgün bir renk kazanır (adi tuz gibi sodyum içeren maddelerin aleve sarı renk verdiğini öğrenince şaşırmayınız). Bu bize spektroskopi olmadan da bir birleşikte belirli elementlerin olup olmadığını test etmenin kolay yolunu sağlar. Spektroskopi sayesindeyse bir elementin alevi sarıya, diğerinin yeşile, bir üçüncüsünün pembeye çevirdiğini söylemenin de ötesine geçersiniz; her elementin ısıtıldığında tayfta, sodyumla

[5] Aslında Michael Faraday bu bekin basit bir biçimini icat etmiş ve Bunsen'in asistanı Peter Desdega bunu geliştirerek patronunun adıyla piyasaya sürme açıkgözlüğünü göstermişti.

bağlantılı sarı çizgi çifti gibi, kendisine özgü bir parlak çizgiler deseni oluşturduğunu görürsünüz. On dokuzuncu yüzyılda henüz bu çizgileri ilgili atomların nasıl oluşturduğunu bilmeseniz bile bir tayfta bu çizgileri gördüğünüz her yerde bu çizgilerle bağlantılı olan elementin var olduğunu bilebilirsiniz. Her desen bir parmak izi veya bir barkod kadar ayırt edicidir. Bir madde sıcakken ışık saçtığı için parlak çizgiler oluşturur. Aynı madde var ama soğuksa, ardalan ışığını sıcak olsaydı yayacağı ışıkla tam olarak aynı dalga boyunda soğurduğu için tayfta karanlık çizgiler oluşturur.[6] Dolayısıyla laboratuarda farklı elementlerle "alev testleri" yapılarak, bilinen elementlerin her birine özgü tayf desenlerinden oluşan bir kütüphane oluşturmak gayet mümkün gözüküyordu. 1859 yılında Kirchoff güneşten gelen ışıktaki kendisine özgü sodyum çizgilerini tespit etti ve bize en yakın yıldızın atmosferinde sodyumun var olduğunu kanıtladı. Aradan fazla zaman geçmeden güneş tayfındaki, ardından yıldızların tayflarındaki diğer çizgiler ile başka elementler eşleştirildi. Spektroskopinin taşıdığı büyük önemi sergileyen en çarpıcı örnek, gökbilimcilerin yıldızların neyden yapıldığını bulmalarını sağlamasıydı. Bu sürecin çok çarpıcı tersine uygulamalarından birinde, 1868 yılında gerçekleşen bir güneş tutulmasında Fransız gökbilimci Pierre Jansen (1824–1907) ve İngiliz gökbilimci Norman Lockyer (1836–1920) güneş tayfında dünyada bilinen hiçbir elementle uyuşmayan bir çizgi deseninin "parmak izini" buldular. Lockyer bunların daha önce bilinmeyen bir elemente ait olması gerektiği çıkarımını yaptı ve elemente Yunancada güneş anlamına gelen Helios'tan yola çıkarak "helyum" adını verdi. Helyumun varlığının dünyada keşfedilmesi ancak 1895 yılında oldu. O zamana dek ışığın doğasına ilişkin bilmece tamamen çözülmüş görünüyordu ve bu gelişmeyi Newton döneminden beri yeni fizik alanındaki en önemli atılıma, Humphry Davy'nin eski asistanı Michael Faraday'in çalışmalarıyla serpilen ve James Clerk Maxwell tarafından tamamlanan elektrik ve manyetizmanın anlaşılmasına borçluyduk.

[6] "Soğuk" göreli bir kavramdır. Fraunhofer çizgilerinin karanlık olmasının nedeni, güneşin atmosferindeki gazın sıcak olmasına karşın ışığın geldiği güneşin yüzeyi kadar sıcak olmamasıdır.

Michael Faraday: Elektromanyetizma Çalışmaları

Faraday 30'undan önce önemli hiçbir şey yapmayıp gerçekleştirdiği en iyi çalışmasıyla kuşağındaki (hâttâ bütün kuşaklardaki) herkese göre en önemli katkısını 40'ından sonra yapmış olması nedeniyle, bilim tarihindeki büyük isimler arasında ayrıcalıklı bir yere sahiptir. Olgunluk döneminde en yüksek düzeyde aktif kalan bilim insanları pek sık görülmez (Albert Einstein da görülmediğinin bariz bir örneğidir), kalanlar da yirmilerindeyken alışılmadık becerilere sahip olduklarını öyle veya böyle gösterirler. Sonraki başarıları göz önüne alındığında Faraday'in böyle biri olabileceği kesin gibidir; ancak koşulları onu 25 yaşına gelmeden önce bilimsel araştırmalara başlamaktan dahi alıkoymuştur. Aynı yaşta Einstein sadece bir önceki bölümde bahsedilen atomlar konusundaki çalışmasını değil, hem özel görelilik kuramını hem de daha sonra Nobel ödülü alacağı çalışmasını çoktan tamamlamıştı.

Faraday ailesi İngiltere'nin kuzeyinde yer alan o zamanki adıyla Westmorland kökenliydi. Michael'ın babası James 1791 yılında karısı Mary ve iki küçük çocuğuyla birlikte (1788 doğumlu Robert ve 1787 doğumlu Elizabeth) iş aramak için güneye göç eden bir demirciydi. Aile kısa bir süreliğine o dönem Surrey'de bir köy olan ama şimdi Londra'nın yuttuğu Newington'a yerleşti ve Michael burada 22 Eylül 1791 tarihinde dünyaya geldi. Aradan fazla zaman geçmeden aile Londra'ya taşınarak Manchester Meydanı yakınlarında Jacob's Well Mews'taki bir hangarın odalarına yerleşti ve burada 1802 yılında doğan Margaret adlı bir çocukları daha oldu. James Faraday iyi bir demirci ustası olmasına rağmen sağlığı kötüydü ve sıkça işinden geri kalıyordu (1810 yılında öldü), bu yüzden çocuklar temel okuma yazma ve aritmetik düzeyinin ötesinde bir eğitim gibi lükslere harcanacak paranın olmadığı bir yoksulluk içerisinde büyüdüler (bu bile onları dönemin en yoksul ailelerinden farklı kılıyordu). Yine de aile ilişkileri yakın ve sevgiyle doluydu ve bunun altında büyük oranda, İskoç Presbiteryenlerinden 1730'larda koparak kurulmuş Sandemancılık adı verilen bir tarikatın üyeleri olarak sahip oldukları dinsel inanış yatıyordu. Kurtuluşa duydukları samimi inanç, dünyada karşılaşılan zorluklara dayanmalarını kolaylaştırıyor ve tarikatın gös-

terişçiliği ve hava atmayı hakir gören, kendini alçakgönüllülükle dikkat çekmeden iyilik yapmaya adama öğretisi Faraday'in yaşamı ve karakterinde etkisini gösteriyordu.

Michael 13 yaşında Faraday ailesinin yaşadığı yerin yakınındaki, hemen Baker Street'in yanındaki Blandford Sokağında bir dükkânı olan ciltçi, kitap ve gazete bayii George Riebeau'nun yanında getir götür işlerine bakmaya başladı. Bir yıl sonra kitap ciltlemede Riebeau'ya çıraklık yapmaya başladı ve dükkânın üzerine taşındı. Faraday'in yaşamının sonraki dört yılı hakkında az şey biliniyor olsa da, o dönemki üç çırağından birinin profesyonel bir şarkıcı, ikincisinin müzikhollerde komedyen, Faraday'in de elindeki kitap yığınını büyük bir iştahla okumaya girişip büyük bir bilim insanı olmasından yola çıkarak Ribeau'nun dükkânında mutlu bir aile atmosferi (ve işveren olarak kendisinin hayırsever bir kişi) olduğu sonucu çıkartılabilir. Örneğin Faraday'in sonradan bilime en büyük katkısını yapacağı, kendisini büyüleyen elektrik alanıyla ilk karşılaşması, dükkâna cilt yapılmak üzere getirilmiş olan *Encyclopaedia Britannica*'nın üçüncü cildinin bir kopyasında konuyla ilgili bir makaleyi okuması sonucu oldu.

Babasının öldüğü 1810 yılında[7] Şehir Felsefe Derneğinin üyesi oldu. Büyük adına karşın aslında kendisini geliştirmek isteyen bir grup gencin bilimdeki heyecan verici keşifler dahil gündemdeki konuları tartışmak amacıyla bir araya geldiği grupta belirli bir konuda sırayla sunumlar yapılıyordu (Faraday'in bir şilinlik kayıt ödentisini ailenin reisi olmak üzere olan ve demirci olarak çalışan ağabeyi Robert ödedi). Burada edindiği arkadaşlarıyla yaptığı tartışmalar ve yazışmalar sayesinde Faraday bilimsel bilgisini geliştirmenin yanı sıra dilbilgisi, doğru yazım ve noktalama konusunda çalışarak kişisel becerilerini de geliştirmeye başladı. Kimya ve elektrik deneyleri yaparak bunlar üzerinde diğer "şehir filozoflarıyla" tartıştı, keza özenli biçimde katıldığı toplantılarda tartışılan konular hakkında ayrıntılı notlar tuttu. 1812 yılında 21 yaşına yaklaşırken çıraklığının sonuna geldiği sırada bu çalışması dört ciltlik bir hacme ulaşmışı ve evinde genç bir felsefecinin varlığından son derece hoşnut olan hoşgörülü Ribeau

[7] Faraday'in annesi 1838'e dek, oğlunun kuşağının en büyük bilim adamlarından biri olmasını rahat rahat görecek kadar uzun yaşadı.

arkadaşlarına ve müşterilerine bu çalışmayı göstererek gösteriş yapmaya alışmıştı. Bu müşterilerden biri olan Mr. Dance bilime ilgi duyuyordu ve kitapları babasına göstermek için ödünç almak istedi; yaşlı Dance de yazılanlardan etkilenerek Faraday'e 1812 ilkbaharında Humphry Davy'nin RI'da verdiği kimya derslerinden dördüne katılım bileti hediye etti. Bu dersler de alışıldık Faraday muamelesinden geçti, eşlik eden çizimlerle beraber dikkatle kâğıda dökülerek bir kitap biçiminde ciltlendi ve cömertliğinin karşılığında memnun olması için yaşlı Dance'e de gösterildi.

Katıldığı dersler Faraday'in bilim adamı olma arzusunu bir kez daha gösterse de, bu rüyanın gerçek olmasının bir yolu yok gibi gözüküyordu. Çıraklığı 7 Ekim 1812 tarihinde sona erdi ve De La Roche diye birinin yanında kitap ciltçisi olarak çalışmaya başladı. Yeni patronunun aksi bir işveren olduğu ortaya çıktı, muhtemelen çalışanlarının aklının işte olmasını bekleyen sıradan bir iş adamıydı sadece. Faraday'in durumunun böyle olmadığı kesindi; aklına gelen herkese yazarak (bunların arasında kendisine yanıt vermeyen Kraliyet Derneği başkanı Sir Joseph Banks de vardı) bilim alanında en vasıfsız işlerde çalışmaya bile hazır olduğunu iletti ama bir sonuca ulaşamadı. Birkaç hafta sonra yaşamını değiştirecek şans kapısını çaldı. Davy laboratuarında meydana gelen bir patlama sonucunda geçici bir körlük yaşıyordu ve biraz kimya bilgisi olan ve birkaç gün için sekreteri olarak görev yapacak birisine ihtiyaç duyuyordu. Faraday (çok büyük olasılıkla yaşlı Dance'in tavsiyesiyle) işe alındı. Bunun için işten nasıl izin alabildiğine ilişkin bir kayıt yok elimizde, ama almış olması De La Roche'un her zaman onun anlattığı kadar sert olmadığını gösteriyor. Davy iyileşince işine geri dönen Faraday, Davy'ye ilkbaharda katıldığı derslerin ciltlenmiş notlarıyla beraber ekte RI'daki en mütevazı iş için dahi olsa kendisinin düşünülmesini rica eden (resmen yalvaran) bir mektup gönderdi.

Sonuç çıkmadı; ardından şansın kapısını ikinci kez çalışına şahit olduk. 1813 yılı Şubatında RI'da laboratuar asistanı ve içkiye düşkün bir kişi olan William Payne alet yapımcısına saldırdığı için işten atıldı (kavganın nedenini bilmiyoruz). Davy işi Faraday'e teklif etti ve "bilim merhametsiz bir metrestir ve hep

paraya bakar, kendisini ona adamışlara ise pek az ödül sunar"[8] uyarısında bulundu. Faraday önemsemedi. Haftalık bir ginelik ücret artı Albermarle Street'teki RI binasının çatısındaki iki odada ısınma için yakıt ve mumlar dahil konaklaması karşılığında işi kabul etti (aslında aldığı ücret ciltçilikten kazandığından biraz daha azdı). 1 Mart 1813'te işe başladı ve (üstlendiği başka işlerin yanı sıra) Humphry Davy'nin gerçek anlamda hizmetçisi oldu. Yine de en başından beri sadece bir hizmetçi olmanın çok ötesindeydi ve Davy'nin RI'daki kalan zamanında gerçekleştirdiği bütün deneylerde Davy'yle birlikte çalıştı.

Faraday'in bir asistan olarak değerini aradan altı ay geçmeden Davy'nin Faraday'den, karısıyla beraber çıkacağı Avrupa turuna kendisinin bilim asistanı olarak katılmasını istemesinden anlayabiliriz. Fransızların Davy'ye ve yanındakilere pasaport vermesinin nedeni bunun başka şeylerin yanı sıra, volkanik bölgelerin kimyası konusunda çalışmak üzere düzenlenen bir araştırma gezisi olarak takdim edilmesiydi. Bilimsel bir gezi olduğuna kuşku yok ama Lady Davy'nin varlığı bu geziyi bir çeşit balayı haline de getiriyor ve Faraday açısından bazı sorunlar yaratıyordu. Davy'nin şahsi uşağı son anda Napoléon Fransasına gitmekten caydığı için Faraday'den kimya konusundaki çalışmalarının yanı sıra onun görevlerini de üstlenmesi istendi. Davy'nin yanında eşi olmasaydı buna rağmen işler yolunda gidebilirdi ancak görünüşe göre Lady Davy ev sahibesi/uşak ilişkisini fazla ciddiye alarak Faraday'in hayatını öylesine zorlaştırdı ki Faraday birkaç kez ciddi olarak geziden ayrılma ve eve dönmenin eşiğine geldi. Sonuç itibarıyla dayandı ve edindiği bu deneyim yaşam akışını iyi yönde geliştirdi.

Ekip 13 Ekim 1813 tarihinde yola koyulmadan önce Faraday hayatında Londra'nın merkezinden 20 kilometreden fazla uzaklaşmamış saf bir genç adamdı. Bir buçuk yıl sonra döndüklerinde Fransa, İsviçre ve İtalya'daki önde gelen bilim insanlarıyla tanışmış, dağları ve Akdeniz'i (aynı zamanda Galileo'nun Jüpiter'in uydularını keşfederken kullandığı teleskobu) görmüş ve Davy'nin sadece asistanı değil bilimsel çalışma ortağı haline gelmişti. Fransızca ve İtalyanca okumayı ve Fransızcayı yetecek kadarıyla konuşmayı öğrenmişti. Becerilerindeki gelişim RI'a döndüğünde

[8] *Bkz.* Hartley

derhal göz önüne alındı. Geziye çıkarken Faraday işe girdikten sadece altı ay sonra RI'daki işinden istifa etmek zorunda bırakılmış ancak döndüğünde daha kötü koşullarda olmayacak şekilde tekrar işe alınacağının garantisi verilmişti. Gerçekten de aletlerin sorumlusu ve laboratuar ve Mineralojik Koleksiyonun asistanı olarak atanarak ücreti haftalık 30 şiline yükseltildi ve RI'da daha iyi odalarda kalmaya başladı. Davy'nin daha önce gördüğümüz üzere RI'daki günlük işlerden çekilmesiyle Faraday henüz herhangi bir üstün zekâ örneği göstermemiş olsa da, iyi ve güvenilir bir kimyacı olarak ün kazandı ve saygınlığa kavuştu. 12 Temmuz 1821 tarihinde otuz yaşındayken bir başka Sandemancıyla, Sarah Bernard'la evlendi (Sandemancıların fazla dışarı çıkmadıkları görülebiliyor; beş yıl sonra Michael'ın kızkardeşi Margaret Sarah'ın erkek kardeşi John'la evlendi) ve evli çift 1862 yılına dek Albermarle Street'te "dükkânın üzerinde" yer alan dairede beraberce kaldılar (hiç çocukları olmadı). Faraday bu dönemde, daha sonra bir on yıl kadar çalışmasının peşini bırakacak olsa da, kendisini üne kavuşturacak elektrik olgusunu incelemeye başladı.

1820 yılında Danimarkalı Hans Christian Oersted (1777–1851) elektrik akımına bir manyetik etkinin eşlik ettiğini keşfetmişti. Manyetik bir pusula elektrik akımı taşıyan bir telin üzerine doğru tutulduğunda, pusulanın ibresinin teldeki bir noktaya doğru dik açıyla saptığını tespit etmişti. Bu hiç beklenmedik bir sonuçtu, çünkü çubuk mıknatısların birbirlerini çekip ittiği bilindik itme-çekme kuvvetlerinden, ha keza statik elektriğin ve kütleçekimin çekim kuvvetleri olarak (statik elektrikte ayrıca itki de var) bilinen etkime biçiminden farklı olarak, telin etrafındaki bir daire içerisinde etki eden bir manyetik kuvvetin varlığına işaret ediyordu. Bu heyecan verici haber Avrupa'ya yayılınca birçok kişi deneyi tekrarladı ve ne olduğuna açıklık getirmeye çalıştı. Bu kişilerden biri de William Wollaston'du ve elektrik akımının tele doğru, çocukların sarmal kaydıraktan kaymasına benzer biçimde helis şeklinde ilerlediği ve bu dönen akımın dairesel manyetik kuvvete sebep olduğu fikrini ortaya attı. Onun açıklamasına göre elektrik akım taşıyan bir tel bir mıknatısın yanına getirildiğinde (incecik bir fırıldak misali) kendi ekseni etrafında dönmek zorundaydı. 1821 yılı Nisanında Wollaston RI'ı ziyaret etti ve bu etkiyi tespit

etmek için Davy'le beraber bazı deneyler gerçekleştirdi ancak başarılı olamadı. Deneylere katılmamış olan Faraday onların tartışma ve değerlendirmelerine sonradan katıldı.

1821 yılının sonraki aylarında *Annals of Philosophy* [*Felsefe Tarihi*] dergisi Faraday'den Oersted'in keşfi ve sonrasını anlatan bir tarihi anlatım kaleme almasını istedi. Dikkatli ve titiz yapısı gereği işini tam yapmak için makalede betimleyeceği deneylerin hepsini bir de kendisi yapmaya girişti. Bu çalışması sırasında elektrik akımı taşıyan bir telin sabit bir mıknatısın etrafındaki bir çember dâhilinde hareket etmesinin zorunlu olduğunun farkına vardı ve hem bunu hem de mıknatıs elektrik akımı taşıyan sabit bir tel etrafında hareket ettirildiğinde olacakları gösteren birer deney yaptı. "Telin eğilimi" diye yazdı "her zaman [mıknatısın] kutbundan dik açıyla, gerçekten onu çevreleyen bir çembere kapılarak geçmektir". Bu Wollaston'un tartıştığı (var olmayan) etkiden çok farklıdır, buna rağmen Faraday 1821 Ekiminde makalesini yayımladığında Wollaston'un ne dediği konusunda yarım yamalak fikre sahip olan kimi kişiler (hâttâ daha iyi bilgiye sahip olması beklenen Davy bile) Faraday'in sadece Wollaston'un doğruluğunu kanıtladığını, yok değilse Wollaston'un çalışmasının hakkını ondan çalmaya uğraştığını düşündüler. Bu hoş olmayan durum Davy'nin 1824'te Faraday'in Kraliyet Derneği üyeliğini engellemeye çalışmasında etmen olmuş olabilir; ancak Faraday'in ezici bir çoğunlukla üyeliğe kabul edilmesi, meseleyi daha iyi kavrayan bilim insanlarının Faraday'in çalışmasının önem ve özgünlüğünün farkında olduklarını gösteriyor. Gerçekten de elektrik motorunun temelini oluşturan bu keşif, Faraday'in adının tüm Avrupa'da duyulmasını sağladı. Faraday'in sabit bir mıknatısın etrafında dönen bir telle yaptığı örnek gösteriminden sadece altmış yıl sonra elektrikli trenlerin Almanya, Britanya ve ABD'de çalışıyor olması, bu keşfin ne kadar önemli ve teknolojik değişimin ne kadar hızlı olduğunun bir göstergesidir.

Faraday 1820'lerde elektrik ve manyetizma alanında pek az şey daha yaptı (konuyu yer yer ele aldığı dönemlerde de gerçek anlamda bir ilerleme sağlamadı) ancak kimya alanında ciddi çalışmalar gerçekleştirerek kloru sıvılaştıran (1823'te) ve bugün benzen adı verilen bileşiği keşfeden (1825'te) ilk kişi oldu. Bu

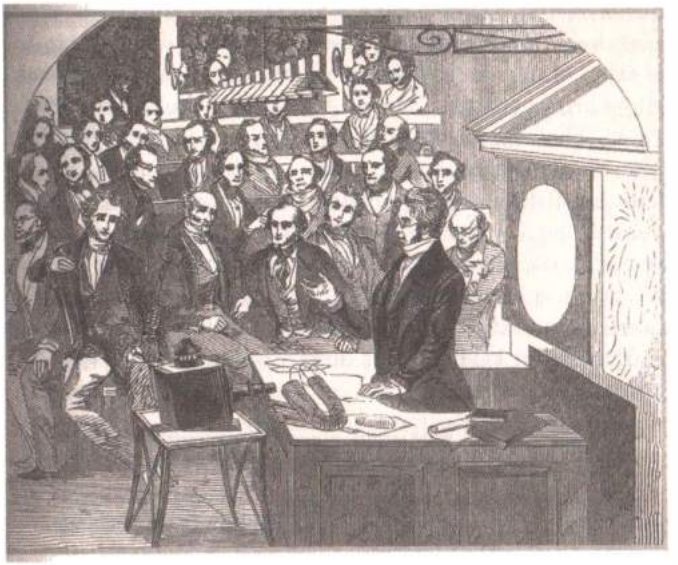
ikincisi önemliydi çünkü daha sonra benzenin Kekulé'nin açıklayacağı ve yirminci yüzyılda yaşam moleküllerinde kilit bir öneme sahip olduğu anlaşılacak olan arketip halka yapısına sahip olduğu ortaya çıkacaktı. Ayrıca 1825 yılında Davy'nin ardından RI'daki laboratuarın müdürü oldu (kurumu esasen onun işlettiğinin göstergesiydi bu) ve 1820'li yılların devamında (çoğunu bizzat kendisinin verdiği) çok beğenilen dersler ve çocuklar için Noel dersleri koyarak RI'ın gelirlerini arttırdı. Şaşırılması gereken elektrik ve manyetizma çalışmalarına bu kadar uzun bir süre boyunca dönmemesi değil, herhangi bir çalışma yapmaya zaman bulmasıdır. 1826 gibi erken bir tarihte Faraday'in aşağıdaki ifadeleri kaleme almış olması bilimin nasıl değiştiğinin önemli bir göstergesidir:

> Zamanının bir bölümünü kimyasal deneylere hasretmek isteyen birisinin hedefiyle bağlantılı olarak yayımlanmış tüm kitap ve makaleleri okuması kesinlikle imkânsızdır. Bunların sayısı dev miktardadır ve önemli bir bölümü ilgi çekmekten, hayal gücünden uzak ve hatalı olan bu yığın içerisinden az sayıdaki deneysel ve kuramsal gerçeği ayıklamak için gereken emek öylesine büyüktür ki deneye girişen insanların çoğu kısa zaman sonra okumalarında seçici davranmak ve bu yüzden kasıtsız da olsa bazen gerçekten iyi olan şeyleri atlamak zorunda kalır.[9]

Bu giderek daha kötüleşecek bir problemdir ve en iyilerinden birçok bilim insanının bu duruma verdiği tepki (Einstein örneğinde gördüğümüz gibi) sıklıkla "literatürü takip etme" işini tümden boşvermek olmuştur. 1833 yılında Faraday'e Royal Institution'da müdürlük görevine ek olarak Fuller kimya profesörü ünvanı verildi; bu arada artık kırklı yaşlarında olmasına rağmen o da en büyük başarısını elde edeceği elektrik ve manyetizma çalışmasına geri dönmüş durumdaydı.

---

[9] Crowther, *British Scientists of the Nineteenth Century*'den [*On Dokuzuncu Yüzyıldaki Britanyalı Bilimciler*] alıntılanmıştır.



33. *Faraday Royal Institution'da ders veriyor, kaynak* The Illustrated London News, *1846.*

Elektrik Motoru ve Dinamonun İcat Edilmesi

1820'lerde Faraday'ınki dahil herkesin kafasını kurcalayan soru şuydu: Bir elektrik akımı eğer kendi çevresinde bir manyetik kuvvete sebep oluyorsa, o halde bir mıknatıs da bir elektrik akımına sebep olabilir miydi? 1824 yılında kilidi açacak önemde bir keşif gerçekleşti, ancak Faraday 1830'larda meseleye yeniden dönünceye dek kimse bunu doğru biçimde yorumlamayı başaramadı. François Arago manyetik bir pusula ibresinin bir iplikle bakır bir disk üzerinde sallandırıldığında ve disk çevrildiğinde (çalan bir CD gibi), ibrenin yönünün değiştiğini bulmuştu. İngiliz fizikçiler Peter Barlow (1776–1862) ve Samuel Christie (1784–1865) de demir diskler kullanarak benzer bir sonuca ulaşmışlardı. Demir manyetik, bakırsa manyetik olmadığı için Arago'nun keşfi daha şaşırtıcıydı ve daha sonra çok önemli bir şeye işaret ettiği de anlaşılacaktı. Bugün bu olguyu iletken diskin manyetik ibreye göre

hareketi üzerinden açıklıyoruz. Bu diskin içerisinde bir elektrik akımına neden oluyor ve bu akım da ibreyi etkileyen başka bir manyetik etkiyi doğuruyor. Bu açıklamayı tamamen Faraday'in 1830'lardaki çalışmasına borçluyuz.

Faraday'in problemi ele aldığı 1831 yılında, sarmal şekilde sarılmış bir telden geçen bir elektrik akımının, telin (bobinin bir ucunda kuzey, diğerinde güney kutbu olan) bir çubuk mıknatısa benzer bir davranış sergilemesine sebep olacağı biliniyordu. Tel bobin eğer demir bir çubuğa dolanmış olsaydı, akım verildiğinde çubuk mıknatıslanacaktı. Akımın telden akmasını sağlayan mıknatıslanmış bir demir çubukla aynı etkinin tersten yaratılıp yaratılmayacağını görmek amacıyla Faraday, demirin de yaklaşık 2 santim kalınlığında olduğu, çapı yaklaşık 15 santimetrelik demir bir halkayı kullandığı bir deney gerçekleştirdi. Halkanın birbirine zıt taraflarında iki tel bobin sarılarak demir mıknatıslandığında indüklenen akımı tespit etmek amacıyla bunlardan birini bir pile (akım bobinden geçerken demiri mıknatıslayan) diğerini de duyarlı bir sayaca (Faraday'in 1821'de betimlediği elektrik motor etkisine dayalı bir galvanometre) bağladı. Bu önemli deney 29 Ağustos 1831 tarihinde hayata geçti. Faraday şaşırarak galvanometre ibresinin ilk bobinin pile bağlanmasıyla beraber oynadığını, ardından tekrar sıfıra düştüğünü gördü. Pilin bağlantısı koparılınca ibre tekrar hareket gösterdi. Halkada *durağan* bir manyetik etki yaratan *durağan* bir elektrik akımı olduğunda, indüklenen elektrik akımı yoktu. Ama elektrik akımının (yukarıya ya da aşağıya) *değiştiği* ve manyetik etkinin de değiştiği (arttığı ya da azaldığı) kısacık an sırasında, uyarılmış bir akım vardı. Bir süre sonra yaptığı deneylerde Faraday bir çubuk mıknatısın bir tel bobininin içine sokulup çıkartılmasının, telde bir akımın oluşması için yeterli olduğunu buldu. Tıpkı hareket eden elektriğin (bir telin içerisinde akan bir akım) kendi civarında manyetizma yaratması gibi, hareket eden bir mıknatısın da kendi civarında bir elektrik etki yarattığını keşfetmişti; Arago'nun deneyini açıklayan simetrik bir sonuçtu bu ve şimdiye kadar neden kimsenin statik mıknatıslar kullanarak elektrik akımı yaratamadığını da açıklıyordu. Aslına bakılırsa daha önce elektrik motorunu keşfetmiş olan Faraday şimdi de elektrik akımlarını yaratmak için tel bobinlerle mıkna-

tısların göreli hareketini kullanan elektrik jeneratörünü ya da dinamoyu keşfetmişti. 24 Kasım 1831 tarihinde Kraliyet Derneği huzurunda okuduğu bir makaleyle duyurduğu bu keşifleri Faraday'i çağdaşı bilim insanları arasında en üst mertebeye kavuşturdu.[10]

Faraday'in Kuvvet Çizgileri

Faraday elektrik ve kimya (elektrokimya) konusunda önemli sanayii uygulamalarının önünü açan çok sayıda çalışma yapmaya devam etti ve bugün aşina olduğumuz "elektrolit", "elektrot", "anot", "katot" ve "iyon" gibi çok sayıda terimi öneren ilk kişi oldu. Ayrıca uzun bir süre boyunca bu önemli konudaki derin düşüncelerini kendisine saklamasının ardından anlattıklarımızla daha yakından bağlantılı bir alanda, doğa kuvvetlerinin bilimsel kavranışı açısından çok önemli bir katkı daha gerçekleştirdi. Bir çubuk mıknatısın üstündeki bir kâğıt parçasına serpilmiş demir tozlarının iki kutbu birbirine bağlayan eğrisel çizgiler oluşturduğu çoğumuzun okul döneminden bildiği bir deneyden yola çıkarak geliştirdiği "kuvvet çizgileri" kavramını ilk kez 1831 yılındaki bir bilimsel makalesinde kullandı. Manyetik kutuplardan dışa doğru uzanan elektrik yüklü parçacıkların oluşturduğu bu çizgiler fikri, manyetik ve elektrik indüklemenin görselleştirilmesini sağlamaktadır. Bir iletken eğer bir mıknatısa göre durağansa, kuvvet çizgilerine göre de durağandır ve akım gerçekleşmez. Ama mıknatısın yanından geçerse (veya mıknatıs iletkenin yanından geçerse, ikisi de aynıdır), iletken harekete geçtiği için kuvvet çizgilerini keser ve iletkenin içinde akım yaratan da budur. Demir halka deneyinde olduğu gibi, sıfırdan bir manyetik alan yaratıldığında bu sürece ilişkin Faraday'in öngörüsü, kuvvet çizgilerinin konumlarını almak için mıknatıstan dışa doğru çekilmeleri ve halkadaki diğer bobini kesmeleri, bunun sonucunda kuvvet çizgileri deseni stabilize olmadan önce kısa bir akım titreşimine neden olmalarıdır.

Faraday bu fikirlerinin yayımlanması konusunda tereddüt

[10] O dönemde New York'taki Albany Academy'de ders veren Amerikalı Joseph Henry (1797–1878) elektromanyetik indüklemeyi Faraday'den biraz daha önce keşfetti ancak yayımlamamış olduğu için ulaştığı sonuçlar 1831 yılında Avrupa'da bilinmiyordu.

göstermesine karşın (Darwin'in doğal seçilim kuramını yayımlamakta tereddüt etmesine rağmen önceliğin kendisinde olduğunu güvence altına alma çabasına benzer şekilde) kendisine ait olduklarını netleştirmek istedi. Kaleme aldığı notu 12 Mart 1832 tarihinde mühürlü, tarihli ve tanıklar huzurunda bir zarfın içerisine koyarak ölümünden sonra açılmak üzere Kraliyet Derneğindeki bir kasaya teslim etti. Nottan bir bölüm aktaralım:

> Bir mıknatıs uzaktaki bir mıknatısın veya bir demir parçasının üzerinde etkide bulunduğunda, (benim şimdilik manyetizma adını verdiğim) tesir nedeni manyetik cisimlerden tedrici olarak türer ve iletimi için zaman gerekir... Manyetik kuvvetlerin bir manyetik kutuptan yayılmasını, durağanlığı bozulan suyun yüzeyindeki titreşimlerle veya ses olgusunda havada oluşan titreşimlerle karşılaştırma eğilimindeyim. Başka bir ifadeyle titreşim kuramının sese ve büyük ihtimalle ışığa da olduğu gibi bu olgulara da uygulanabilir olduğu düşüncesindeyim.

1832 yılı gibi erken bir tarihte Faraday manyetik kuvvetlerin uzayda hareketinin belli bir zaman aldığını savunuyor (Newtoncı anında uzaktan etkime kavramını reddediyor), bir dalga hareketinin olduğunu öne sürüyor ve hâttâ (belli belirsiz de olsa) ışıkla bir bağlantı kuruyordu. Ancak altyapısının yetersizliği nedeniyle bu fikirlerini kabul ettirecek matematiksel beceriye sahip olmaması, yayımlamakta tereddüt etmesinin nedenlerinden de biri oluyordu. Öte yandan bu matematiksel becerilere sahip olmaması onu fikirlerini anlatabilmek için fiziksel benzetmeler kurmak zorunda bıraktı ve sonuç itibarıyla da fikirlerini kamuoyuna bu biçimde sundu. Bu da ancak 1830'ların sonunda aşırı çalışmaktan kaynaklı yaşadığı ciddi bir sinir krizinin ardından mümkün oldu. Bu sinir krizini aşıp iyileştikten sonra[11], belki de günün birinde kendisinin de öleceğinin ve gelecek nesillere Kraliyet Derneğinin mahzenlerinde saklı mühürlü bir nottan daha fazlasını bırakması gerektiğinin farkına varan Faraday fikirlerini ilk kez Kraliyet Kurumundaki (1820'lerin sonunda başlattığı ders programının bir

[11] "İyileşme" de göreli bir kavramdır; çünkü bir daha hiç eski haline dönemedi.

parçası olan) cuma akşamı söylevlerinden birinde açıkladı.

Tarih 19 Ocak 1844, Faraday 52 yaşındaydı. Konuşmasının konusu atomların doğasıydı. O da çoğu insan gibi atomları buluşsal araçlar olarak görüyordu ancak konu üzerinde çağdaşı atom hipotezi muhaliflerinin çoğundan daha derin düşünmüş olduğu açıktı. Faraday dinleyicilerine yaptığı sunumda, atomu bir kuvvetler ağının merkezinde yer alan ve bu kuvvetlerin varlığına sebep olan bir fiziksel varlık olarak ele almak yerine; bu kuvvetler ağını, geri planında atomların sadece ağı oluşturan kuvvet çizgilerindeki yoğunlaşmalar olarak var olduğu bir gerçeklik (modern terminolojiyle bir kuvvet alanı) olarak değerlendirmenin daha mantıklı olduğunu söyledi. Ayrıca kastının sadece elektrik ve manyetizma olmadığını da belirtti. Klasikleşmiş bir "düşünce deneyi" kurarak dinleyicilerinden güneşin uzayda tek başına olduğunu düşünmelerini istedi. Dünya birdenbire güneşten belirli bir mesafedeki şu anki yerini alırsa ne olur? Güneş dünyanın orada olduğunu nasıl "bilecektir"? Dünya güneşin varlığına nasıl bir tepki verecektir? Faraday'in ileri sürdüğü argümana göre, dünya kendi yerini almadan önce bile güneşle bağlantılı kuvvetler ağı (alanı) uzaya, dünyanın ortaya çıkacağı yer dahil olmak üzere yayılacaktı. Dolayısıyla dünya ortaya çıkar çıkmaz güneşin orada olduğunu "bilecek" ve karşılaştığı alana tepki verecekti. Dünya açısından alan, deneyimlediği bir *gerçekliktir*. Ancak güneş, dünyanın kütleçekim etkisinin uzayda (pille bağlantı kurulunca bobinden etrafa yayılan manyetik kuvvet çizgileri gibi) ilerleyerek güneşe ulaşması için gereken zaman geçinceye dek (Faraday'in bunun ne kadarlık bir zaman olduğunu tahmin etmesinin yolu yoktu), dünyanın geldiğini "bilmeyecektir". Faraday'e göre evren manyetik, elektrik ve kütleçekimsel kuvvet çizgileriyle doldurulmuştu ve dünyayı oluşturan maddi olduğunu gördüğümüz varlıkları birbirine bağlayan gerçeklik buydu. Atomlardan güneş ve dünyaya (ve ötesine) dek tüm maddi evren, basit ifadesiyle çeşitli alanların içindeki düğümlerin bir sonucuydu.

Neredeyse tamamen (ilgili matematik olmadan) günümüz kuramsal fizikçilerinin dünya görüşünü yansıtan bu fikirler zamanının öyle ötesindeydi ki 1844 yılında hiç etki yaratmadı. Yine de 1846 yılında başka bir cuma akşamı söylevinde Faraday kuvvet çizgileri konusuna geri döndü. Bu kez kamuoyuna sunduğu fikirler birkaç on

yıl sonra meyvelerini verecekti. Elbette Faraday bu sunuma ulaşmak için öncesinde uzun bir zaman harcamışsa da, etkinlik biraz da şans eseri gerçekleşti. 10 Nisan 1846 tarihini ayırtmış olan James Napier adlı konuşmacı etkinlikten bir hafta önce konuşmasını ertelediğini bildirince Faraday onun yerini alacak kendisinden başka kimseyi bulamadı. Boşluğu doldurmaktan mesut biçimde, o akşamki zamanının çoğunu Londra'daki King's College'da deneysel fizik alanında profesörlük yapan ve yaptığı birçok çalışmanın yanı sıra ses konusunda ilginç ve önemli çalışmalar gerçekleştirmiş Charles Wheatstone'un (1802–1875) çalışmasını özetlemeye ayırdı. Wheatstone kitle önünde konuşma ve ders vermekteki çekingenliğiyle nam salmış olduğu için Faraday çalışmasını anlatarak arkadaşına bir iyilik yaptığının farkındaydı. Bu sunum belirlenen sürenin hepsini doldurmayınca dersin sonunda Faraday kuvvet çizgileri konusundaki fikirlerinden birazını daha açtı. Bu kez ışığın elektrik kuvvet çizgilerinin titreşimleriyle açıklanabileceğini öne sürüyor, ışık dalgalarının taşınması için bir akışkan ortama (eter veya esir) ihtiyaç duyulması şeklindeki eski fikri ortadan kaldırıyordu:

> Benim ileri sürmeye cüret ettiğim görüş bu yüzden radyasyonu, parçacıkları ve aynı zamanda madde kütlelerini birbirine bağladığı bilinen kuvvet çizgilerindeki yüksek türden bir titreşim olarak ele almaktadır. Çözümlemede titreşimleri korurken esiri azletmeye çalışmaktadır.

Faraday devamla bahsettiği titreşim türünün ses dalgalarındaki gibi itme-çekme dalgaları değil, kuvvet çizgileri boyunca enlemesine, yan yana hareket eden dalgacıklar olduğunu ve bu yayılımın zaman alacağını vurgulayarak, kütleçekimin de aynı şekilde gerçekleşmesi gerektiğini ve bir cisimden diğerine ulaşmasının zaman alacağını düşündüğünü anlattı.

Faraday ellili yaşlarının sonunda ve sonrasında da devlete bilim eğitimi konusunda danışmanlık yaparak aktif çalışmayı sürdürdü. Sandemancı ilkelerine sadık kalarak bir şövalyelik teklifini ve iki kez yapılan Kraliyet Derneği başkanlığı davetini geri çevirdi; yine de bu tekliflerin eski ciltçi çırağını duygulandırmış olduğunu düşünebiliriz. Düşünsel becerilerindeki azalma nedeniyle 70 yaşına geldiğinde RI'dan emekliliğini istedi ancak kendisinden (büyük

oranda sembolik) baş gözetmen ünvanıyla görevini sürdürmesi rica edildi. 1865 yılına dek RI'yla bağını korudu ve son cuma akşamı söylevini 20 Temmuz 1862 tarihinde verdi; aynı yıl Sarah'la birlikte Albermarle Street'ten taşınarak Kraliçe Victoria'nın Hampton Court'ta kendilerine Prens Albert'in önerisiyle tahsis ettiği eve taşındı. 25 Ağustos 1867'de burada öldü. Bundan tam üç yıl önce doğrudan Faraday'in kuvvet çizgileri fikrinden yola çıkan James Clerk Maxwell elektromanyetizma kuramını yayımlamış ve ışığın elekromanyetik bir olgu olduğunu kesin bir şekilde açıklığa kavuşturmuştu.

Işık Hızının Ölçülmesi

Maxwell'in elektromanyetizma ve ışık kuramını geliştirmesinin öncesinde çok önemli bir deneysel kanıtın (daha doğrusu birbirine bağlı iki kanıt parçasının) daha ortaya çıkması gerekti. Aynı zamanda ışıkta görülen Doppler etkisi üzerine çalışmış ilk kişi olan Fransız fizikçi Armand Fizeau (1819–1896) 1840'ların sonunda ışık hızının ilk gerçek zemin tabanlı ölçümünü yaptı. Dönen bir dişli tekerleğin aralıklarının birinden (bir kalenin sur aralıkları gibi) bir ışık ışınını Suresnes ile Montmartre tepelerinin arasındaki 8 kilometrelik yolu aşacak şekilde yollayıp ışının bir aynadan yansımasıyla dişli tekerleğin bir başka aralığına dönmesini sağladı. Bu ancak tekerlek doğru hızda dönerse mümkün olabilirdi. Tekerleğin ne hızda döndüğünü bilen Fizeau ışığın yolculuğunu tamamlama süresini ölçerek ışık hızını günümüzdeki tespitin yüzde 5'lik aralığı içerisinde tahmin edebildi. 1850 yılında Fizeau ışığın suda havaya göre daha yavaş ilerlediğini göstererek ışığın dalga modellerinin tümü açısından kilit önemde bir öngörüde bulunmakla kalmadı, ışığın suda havadan daha hızlı hareket ettiği tahmininde bulunan parçacık modelinin tabutuna da son çiviyi çakmış oldu. 1840'lı yıllarda bilimsel fotoğraflama alanında Fizeau'yla çalışmış olan (beraber güneş yüzeyinin ilk ayrıntılı fotoğraflarını elde ettiler) Léon Foucault (1819–1868) da ışık hızını ölçme konusuna ilgi duyuyordu ve Arago'nun (Wheatstone'un bir fikrine dayalı olarak) tasarladığı bir deneyi, 1850 yılında görme yetisini kaybettikten sonra Arogo'dan devraldığı aletleri kulla-

narak geliştirip hayata geçirdi. Deneyde ışık, dönen bir aynadan yansıtılarak sabit bir aynaya aksettiriliyor ve geri dönüyor, ardından dönen aynadan ikinci bir kez daha yansıtılıyordu. Işık ışınının sapma miktarı, ışık sabit aynadan sekerken dönen aynanın ne kadar hareket ettiğini gösterir; aynanın ne kadar hızlı döndüğünü bilmek de size ışığın hızını verir. Fizeau'nun izlediği yaklaşımı tersine çevirerek 1850 yılında Foucault ilk kez (Fizeau'dan kısa bir süre önce) bu yöntemi ışığın suda havada olduğundan daha yavaş ilerlediğini göstermek için kullandı. Ardından da ışığın hızını ölçtü. 1862 yılında deneyi iyice rafineleştirerek ulaştığı sonucu (298.005 km/sn), modern değerin (ki bu 299.792,5 km/sn'dir) yüzde bir yakınlığına dek taşıdı. Işık hızının bu kadar kesin biçimde ölçülmesinin, Maxwell'in kuramı bağlamında paha biçilmez bir değer taşıdığı görülecekti.

Maxwell'in soyu on sekizinci yüzyılda karşılıklı evlilikler yoluyla birbirine bağlanan iki büyük ve önemli İskoçyalı aileye, Middlebieli Maxweller ile Penicuikli Clerklere dayanıyordu. Middlebie köyündeki topraklar (İskoçya'nın kuzeybatı köşesindeki Galloway'de, Dalbeattie'ye komşu yaklaşık 6000 dönümlük çiftlik arazisi) Maxwell'in babası John Clerk'e miras kalmış, bunun sonucunda o da Maxwell adını almıştı. Penicuiklerin arazisiyse John Clerk'in ağabeyi George'a kaldı (miras yasal açıdan her iki mülkün aynı kişiye geçemeyeceği şekilde düzenlenmişti), o da Sir George Clerk olarak Midlothian bölgesinden parlamento üyeliği ve Robert Peel hükümetinde bakanlık yaptı. Middlebie'deki araziler verimsiz topraklardan oluşuyor ve sahibi için doğru düzgün bir ev olanağı dahi sunmuyordu. Bu yüzden John Clerk Maxwell yaşamını genellikle Edinburgh'ta sürdürerek düzensiz biçimde avukatlıkla uğraştıysa da, esasen bilim ve teknolojideki son gelişmeleri takip etmekle daha çok ilgilendi (gördüğümüz gibi on dokuzuncu yüzyılın ilk on yıllarında Edinburgh'ta buna çok sık rastlanıyordu). 1824 yılında Frances Cay'le evlendi, Middlebie'de bir ev yaptırarak buraya yerleşti ve tarlaları taş ve kayalardan temizleyerek işlenmeye hazırladıktan sonra toprağın verimini arttırmak için uğraşmaya koyuldu.

James Clerk Maxwell 13 Haziran 1831'de Galloway'de değil, ailesinin doğum sırasında düzgün tıbbi bakım alabilmek için

gittiği Edinburgh'ta dünyaya geldi. Bu özel bir önem taşıyordu, çünkü Mrs. Maxwell artık kırk yaşındaydı ve birkaç yıl önce doğmuş Elizabeth adlı bebekleri bundan birkaç ay sonra ölmüştü. Tek çocuk olan James yeni ev, Glenlair'de büyütüldü ve nazik aristokrat kökenine rağmen çevredeki çocuklarla oynaya oynaya ağır bir Galloway aksanı edinerek yetişti. Çocukluğunda Dalbeattie yaşadıkları köyün çok uzağındaydı; Glasgow sadece 110 kilometre uzakta olmasına rağmen bu bir günlük yolculuk mesafesi demekti, Glasgow'dan Edinburgh'a ise Glasgow-Edinburgh tren hattı 1837 yılında açılana dek ancak iki günlük bir yol kat edilerek ulaşılabiliyordu. Ekip biçme işleri başlamadan önce tarlalardaki büyük taşların temizlenmesinin gerekmesi nedeniyle Maxwell ailesinin durumu, Birmingham'dan birkaç kilometre uzakta yaşayan bir İngiliz ailesinden ziyade Birleşik Devletlerin batısına göç eden öncü ailelerle karşılaştırılabilirdi.

Annesi 48 yaşında kanserden öldüğünde Maxwell'in henüz 8 yaşında olması, kaba saba davranışlar geliştirmiş olmasında rol oynamış olsa gerektir. Babasıyla mutlu ve yakın bir ilişkisi vardı; oğlunun dünyaya merak duymasını ve düşünsel gelişimini cesaretlendiren babanın, kendi giysi ve ayakkabılarını pratik olsa da modaya uygun olmadığı kesin tasarımlarla kendisi yapmak gibi garip alışkanlıkları da vardı. James'in Glenlair'deki hayatında tek mutsuzluk kaynağı, annesinin son hastalığı sırasında kendisine eğitim vermesi için tutulan (kendisi de oğlan çocuğundan fazla büyük sayılamayacak) genç eğitmenin varlığıydı. Bu eğitmen oğlana resmen dayakla bilgi verme tarzı bir çabaya girdi ve bu durum James öğretmenini babasına şikâyet etmekten inatla kaçındığı için yaklaşık iki yıl boyunca sürdü. 10 yaşında geldiğinde James nihayet düzgün bir eğitim alması için Edinburgh Akademisine gönderildi ve okul dönemi boyunca teyzelerinden birinin yanında yaşadı.

Oğlanın (dönem başladıktan sonra girdiği) Akademide garip giysiler giyerek ve koyu bir köylü şivesiyle boy göstermesi, diğer oğlan çocuklarında tahmin edebileceğiniz davranışları tetikledi ve ilk karşılaşmalardaki sorunların bazıları yumruk kavgalarıyla çözümlenmiş olduktan sonra dahi zekâ yoksunluğuna değil, garip görünüşü ve davranışlarına bir gönderme olarak Maxwell'e

takılan "üşütük" lakabı üzerinde kaldı. Birkaç yakın arkadaş edindi, geri kalanları hoş görmeyi öğrendi ve genç James'in sıkça bilimsel gösterileri görmeye götürüldüğü babasının Edinburgh'a ziyaretlerinin keyfini çıkardı. 12 yaşındayken elektromanyetik olguyu tanıtan bir gösteriyi izledi ve aynı yıl babasının yanında Edinburgh Kraliyet Derneğinin bir toplantısına katıldı. Aradan birkaç yıl geçtikten sonra Maxwell görülmemiş bir matematiksel yetenek sergilemeye başladı ve 14 yaşında halka haline getirilmiş bir sicim parçası kullanarak gerçek bir oval (elips değil) çizmenin yolunu keşfetti. Özgün olmasına karşın bu dünyayı sarsacak bir başarı değildi ancak John Clerk Maxwell'in bağlantıları sayesinde James çalışmasını Edinburgh Kraliyet Derneği yayını *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*'ta [*Edinburgh Kraliyet Derneği Raporları*] yayımlatmayı başardı; bu ilk bilimsel makalesiydi. Maxwell 1847 yılında 16 yaşında (o dönem İskoçya'da üniversiteye gitmek için normal yaşta) Edinburgh Üniversitesine başladı; burada üç yıl okuduktan sonra mezun olmadan ayrıldı ve Cambridge'e (Peterhouse'a başladı, ardından ilk döneminin sonunda Newton'ın eski fakültesi Trinity'ye geçti) giderek, buradan 1854 yılında (ikincilikle) mezun oldu. Çok başarılı bir öğrenci olduğu için Trinity üyesi oldu, ancak burada sadece 1856 yılına dek, Aberdeen'deki Marischal College'da doğa felsefesi profesörü oluncaya kadar kaldı.

Cambridge üyesi olduğu bu kısa dönem Maxwell'in iki önemli çalışma yapmasına yetecek kadar uzundu. Bunlardan birinde Young'ın renkli görme konusundaki çalışmasını geliştirerek birkaç temel rengin birbirleriyle nasıl "karışarak" gözü çok sayıda farklı renk gördüğüne inandırdığını gösterdi (bunu göstermek için yapılan klasik deney farklı bölümleri değişik renklere boyanmış dönen bir topaçla yapılır; topaç döndükçe renkler ortaya çıkar). Diğeri de elektromanyetizm alanında bilinenleri aktarıp keşfedilmesi gerekenleri sıraladığı ve sonraki çalışmaları için temel oluşturacak olan *On Faraday's Lines of Force* [*Faraday'in Kuvvet Çizgileri Üzerine*] adlı önemli makalesidir. Maxwell'in renkli görme hakkındaki (sonraki yıllarda daha da geliştireceği) çalışması, çekilmiş tek renkli görüntülerin üç farklı filtreden (kırmızı, yeşil ve mavi) geçirilerek birleştirilmesi yoluyla renkli fotoğraf elde

etme yönteminin temelini attı. Çalışması bugün renkli TV ve bilgisayar ekranlarında, keza renkli fotokopilerde kullanılan sistemin de temelidir.

Maxwell'in babası, James Aberdeen'deki görevine atanmadan kısa bir süre önce, 2 Nisan 1856 tarihinde öldü; ancak James uzun süre yalnız kalmadı ve 1858'de kolej müdürünün kızı, kendisinden yedi yaş büyük Katherine Mary Dewar'la evlendi. Hiç çocukları olmadı ve Katherine Maxwell'in çalışmalarının çoğunda fiili asistanlığını yaptı. 1860 yılında Marischal College, Aberdeen'deki King's College'le (daha sonra Aberdeen Üniversitesine evrilecek yapının çekirdeğini oluşturarak) birleştiğinde ne yazık ki var olan aile bağı herhangi bir fayda sağlamadı. Birleşen kurum sadece bir doğa profesörüne gereksinim duyuyordu ve King's'deki meslektaşına göre (tesadüf eseri Faraday'in yeğeniydi ama bunun seçimle ilgisi yoktu) daha alt kademede olduğu için işten ayrılması gereken kişi Maxwell oldu. Maxwell'in Aberdeen'de gerçekleştirdiği en değerli çalışma, Satürn'ün halkalarının doğası üzerine kuramsal bir araştırmaydı; halkaların katı olamayacağını ve gezegenin çevresinde her biri kendi yörüngelerinde dönen olağanüstü çok sayıdaki küçük parçacık veya uyducuklardan yapılmış olması gerektiğini gösterdi. Bunu kanıtlamak için gerekli olan çok sayıda parçacığın matematiksel ele alınışının Maxwell'e bir önceki bölümde bahsettiğimiz, Clasius'un çalışmasını okuduktan sonra ilgi duymaya başladığı kinetik kuramını geliştirmesinde katkıda bulunduğu görülüyor. Yirminci yüzyılın sonunda uzay araçlarından Satürn'ün halkalarının renkli görüntüleri dünyaya gönderilirken, Maxwell'in varlığını öngördüğü uyducukların görüntüsünü iletmekte Maxwell'in üç-renkli fotoğraf tekniğini kullandılar; ayrıca bu görüntüleri Maxwell'in yaptığı (göreceğimiz) başka bir öngörüye uygun olarak radyo dalgalarıyla yolladılar.

James Clerk Maxwell'in Bütünsel Elektromanyetizma Kuramı

Maxwell ve eşi Aberdeen'den ayrılarak Glenlair'e yerleştiler. Burada çiçek hastalığına tutulan Maxwell zamanla iyileşerek Londra'daki King's College'e doğa felsefesi ve astromi profesörlüğü

için başvurabilecek duruma geldi. Kabul edildiği bu yerde elektromanyetik kuram alanındaki büyük çalışmasını tamamladı ancak 1866 yılında sağlığı bozulduğu için bu makamdan ayrılmak zorunda kaldı. Atıyla gezerken kafasını bir ağaç dalına çarptı ve açılan yarası yılancık hastalığına sebep oldu; (bugün streptokoksik enfeksiyonun sonucu olduğunu bildiğimiz) ateşli bir hastalık olan yılancık (erizipel), ağır baş ağrıları, kusma ve yüzde kabarık mor lezyonların çıkmasıyla karakterize oluyordu. Ağır hastalanmasının nedeninin daha önce çiçek hastalığı geçirmiş olmasıyla bağlantılı olduğu düşünülebilir.

Maxwell'in çalışması aslında Faraday'in kuvvet çizgilerine ilgi duymaya başladığı eski günlerden başlayan yaklaşık on yıllık bir birikime dayanıyordu. 1840'lı yıllarda William Thomson, ısının katı cisimlerden akma biçimi ile elektrik kuvvetlerin oluşturduğu örüntüler arasında bir matematiksel analoji bulmuştu. Maxwell bu çalışmaları hızla özümsedi ve kendi fikirlerini oluşturma aşamasında Thomson'la yaptığı mektuplaşmadan da faydalanarak benzer analojiler kurma arayışına girdi. Bu kesitte Maxwell elektrik ve manyetizma kuvvetlerinin tüm uzayı dolduran bir sıvı içerisinde dönen anafor veya girdapların etkileşimleri sonucu iletildiğini savunduğu, bugün bize oldukça garip görünen bir fikre dayanarak ara bir model oluşturdu. Yine de bu fizik modelinin acayipliği fikirlerinin gelişimi önünde bir engel oluşturmadı, çünkü Maxwell'in doğru biçimde yorumladığı üzere, tüm bu fiziksel ifadelendirmeler olup biteni betimleyebilecek matematik denklemlerinin yanında görece önemsiz kalıyordu. 1864 yılında şöyle yazdı:

> Farklı düşünce yapısındaki insanların faydalanması amacıyla bilimsel gerçeğin farklı biçimlerde sunulması gerekir; bu ister sağlam bir form içerisinde ve canlı bir fiziksel betimlemeyle ister sembolik ifadelendirmenin hassaslık ve renksizliği içerisinde olsun eşit derecede bilimsel olarak kabul görmelidir.[12]

[12] Maxwell'in 1864 yılındaki müthiş makalesi ve diğer bilimsel yazıları *The Scientific Papers of J. Clerk Maxwell*'de [*J. Clerk Maxwell'in Bilimsel Yazıları*] bulunabilir. (*Bkz.* Kaynakça)

Bu belki de Maxwell'in yazdığı en önemli şeydir. Yirminci yüzyılda bilim (özellikle de kuantum kuramı) ilerleme kaydederken, duyularımızın ulaşamayacağı ölçeklerde olup bitenleri betimlemeye çalışırken kullandığımız fiziksel modeller ve imgelerin, hayal gücümüzün dayandığı koltuk değneklerinden ibaret oldukları bizim için giderek daha açık hale geldi. Belirli koşullar altındaki belli bir olgunun "-mış gibi", diyelim ki titreşen bir sicimmiş gibi davrandığını söyleyebileceğimizi, bunun titreşen bir sicim (veya başka bir şey) *olduğunu* söyleyemediğimizi gördük. Daha sonra göreceğimiz üzere, yeri geldiğinde farklı insanların aynı olguyu kafada canlandırmak için değişik modeller kullanmasıyla karşılaşabiliriz, ancak bu modellerin tümünde söz konusu olgunun belirli uyarıcılara nasıl yanıt verdiği konusunda matematiğe dayalı, aynı öngörülere sahip olunması gerekir. Anlatımımızda biraz sıçrama yaparsak, ışığın birçok durumda (özellikle A'dan B'ye ulaşırken) dalga gibi davrandığını söylemek gayet doğru olmasına rağmen, başka koşullar altında tıpkı Newton'ın düşündüğü gibi çok küçük parçacıklardan oluşan bir akım gibi davrandığını göreceğiz. Işığın bir dalga veya parçacık *olduğunu* söyleyemeyiz; sadece belirli koşullar altında bir dalga *gibi* veya bir parçacık *gibi* olduğunu söyleyebiliriz. Meseleyi netleştirmek için yirminci yüzyıl biliminden bir başka benzetmeyi ele alalım. Yer yer bana "gerçekten" bir Büyük Patlama "olduğuna" inanıp inanmadığımı soranlar olur. En iyi yanıt, sahip olduğumuz kanıtların bugün bildiğimiz kadarıyla evrenin bundan yaklaşık 13 milyar yıl önce sıcak, yoğun bir durumdan evrimleştiği fikriyle uyumlu olduğudur. Bu anlamda bir Büyük Patlama olduğuna inanıyorum. Ancak bu örneğin Trafalgar Meydanında Horatio Nelson'un büyük bir anıtı olduğuna olan inancımla aynı türden bir inanç değildir. O anıtı gördüm ve ona dokundum; orada olduğuna inanıyorum. Büyük Patlama'yı görmedim, ona dokunmadım; ancak Büyük Patlama çok uzun zaman önce evrenin nasıl olduğunu resmetmek için bildiğim en iyi yol ve bu resim elimizdeki gözlemler ve matematiksel hesaplamalarla uyuşuyor.[13]

Bunların hepsi, (genel konuşursak görebildiğimiz ve dokunabildiğimiz şeylerle uğraşan) Newton'ın klasik biliminden (bir an-

[13] Bir de üçüncü bir inanç türü olarak bazı dinlerdeki dini inanç var ve bunda da işin özü dini anlatıya hiçbir kanıt olmadan inanılmasıdır.

lamda görülemeyen ve dokunulamayan şeylerle uğraşan) yirminci yüzyıl fikirlerine doğru ilerlerken özümsememiz gereken önemli noktalardır. Modeller önemlidir ve bizlere yardımcı olurlar ancak gerçeğin kendisi değildirler; bilimsel gerçek denklemlere dayanır. Maxwell de çözümü denklemlerde bulmuştur.

1861 ve 1862 yıllarında *On Physical Lines of Force* [*Fiziksel Kuvvet Çizgileri Üzerine*] adıyla, yine girdaplar imgesini kullandığı ama başka bazı şeylerin yanında esasen dalgaların bu koşullar altında nasıl yayıldığını ele alan dört yazılık bir dizi yayımladı. Bu dalgaların hareket hızı ortamın özelliklerine bağlıdır; o dönem elektrik ve manyetizma hakkında bilinenlerle eşleşmeye uygun özellikleri hesaba katarak ilerleyen Maxwell, ortamın dalgaları ışık hızında iletmesi gerektiğini buldu. Yaptığı keşiften duyduğu heyecan 1862 yılında yayımladığı makalelerden birisinde, keşfinin önemini italikle belirtmesinden anlaşılabiliyor: "*Işığın elektrik ve manyetik olgulara sebep olanla aynı enine dalgalanmalar ortamına bağlı olduğu* çıkarımını yapmaktan kaçınmamız çok zordur."[14]

Işık Elektromanyetik Bozulmanın Bir Biçimidir

Bir süre sonra Maxwell kuramının matematiğini rafineleştirerek girdaplar ve müdahale eden ortam fikirlerinin ikisinden birden kurtulabileceğini buldu. Fiziksel imge ona denklemleri yazmasında yardımcı olmuştu, denklemlerse bir kez kurulduktan sonra kendi başlarına ayakta kalabiliyorlardı. Bunu büyük bir ortaçağ katedraline benzetebiliriz; katedral tahtadan köhne bir iskelenin yardımıyla kurulmuştur, ancak iskele kaldırıldıktan sonra herhangi bir dış destek olmaksızın bütün ihtişamıyla göğe uzanır. 1864 yılında Maxwell bugün Maxwell denklemleri olarak bildiğimiz dört denklemle klasik elektrik ve manyetizma alanında söylenebilecek her şeyi özetlediği *tour de force*[15] makalesi, "Elektromanyetik Alanın Dinamik Kuramı"nı yayımladı. Bazı kuantum olguları haricinde elektrik ve manyetizma alanındaki her problem bu denklemler kullanılarak çözülebilir. Bir denklem küme-

[14] Age.

[15] En büyük başarısı anlamında –çn.

siyle bütün elektrik ve manyetik sorunları çözmüş olan Maxwell ilk kez Faraday'in çalışmasında bir olasılık olarak ipucu verilen iki kuvveti bir pakette toplamayı başardı; elektrik ve manyetizmanın yerine bundan sonra tek bir alan, elektromanyetik alan vardı. Maxwell'in büyük bilim insanları tapınağında Newton'la aynı sırayı paylaşmasının nedeni bunlardır. Newton'ın yasaları ve kütleçekim kuramı ile Maxwell'in denklemleri, ikisi beraberce 1860'ların sonlarında fiziğin bildiği her şeyi açıkladı. Maxwell'in başarısının *Principia*'dan bu yana fiziğin en büyük başarısı olduğuna kuşku yoktu. Üstüne üstlük pastanın üzerinde bir de çilek vardı. Denklemler elektromanyetik dalgaların hareket hızını temsil eden bir *c* sabiti içeriyordu ve bu sabit maddenin ölçülebilen elektriksel ve manyetik özellikleriyle bağlantılıydı. Bu özellikleri ölçmek için yapılan deneylerde, Maxwell'in ifadesiyle "ışık bir tek ... aletlerin görülmesi için kullanılabiliyordu". Yine de deneyler sonucunda ortaya çıkan sayı (*c*'nin değeri), deneysel sapma hariç, (o sırada artık doğru ölçülebilen) ışık hızıyla tamamen aynıydı.

> Bu hız ışığınkine o kadar yakın ki ışığın kendisinin (varsa ışıma ısısı ve diğer ışınımlar dahil), elektromanyetik yasalara göre elektromanyetik alanda yayılan dalgalar formunda bir elektromanyetik bozulma olduğu sonucuna ulaşmak için güçlü nedenlere sahibiz.[16]

"Diğer ışınımlara" yapılan gönderme önem taşımaktadır; Maxwell görünür ışığınkilerden çok daha uzun dalga boylarına sahip elektromanyetik dalga biçimleri olabileceğini öngörüyordu. Bunlara bugün radyo dalgaları diyoruz. 1880'lerin sonunda Alman fizikçi Heinrich Hertz (1857–1894) bu dalgaların varlığını doğrulayan deneyleri gerçekleştirerek dalgaların ışık hızıyla ilerlediklerini, ışık gibi yansıtılabildiklerini ve kırınıma uğrayabildiklerini gösterdi. Bunlar aynı zamanda Maxwell'in ışık kuramının doğruluğunun yeni kanıtlarıydı.

Denklemler ve deneysel kanıtlar kişiyi zorlayıcı olduğu için Maxwell'in de belirttiği gibi üzerinde düşünülebilecek renkli bir modelin varlığı yararlıdır; modelin gerçeklik olmadığını, sadece bizim ne olduğunu kafamızda resmetmemize yardımcı olan bir yapı

[16] Age, Maxwell.

olduğunu unutmadığımız müddetçe. Bu durumda ışığın (veya diğer elektromanyetik ışınımların) yayılımını hayal etmenin yollarından biri, bir ucundan kıpırdatılabilen gergin bir ipi düşünmektir. Faraday'in keşfettiği üzere, hareket eden bir manyetik alanın bir elektrik alanı ve hareket eden bir elektrik alanının da manyetik bir alan yarattığını hatırlayalım. Gergin ipin hafifçe sallanması yoluyla (uzun bir kablo veya anten sisteminde bir akımın önce bir yönde, ardından diğer yönde akmasını sağlayarak elektromanyetik bir alana enerji eklenmesiyle aynıdır) enerji verilirse dalgalanmayı ipin diğer ucuna dek ulaşacak şekilde gönderebilirsiniz. Dikey dalgalanmalar yapmak için ipi yukarıya ve aşağıya, yatay dalgalanmalar yapmak için de yanlara doğru sallayabilirsiniz. Maxwell denklemlerinin bize söylediği şeylerden biri de, elektromanyetik bir dalgadaki eşdeğer elektrik ve manyetik dalgalamaların birbirlerinin dik açısında olduklarıdır –örneğin elektriksel dalgalanmalar dikeyse, manyetik dalgalanmalar yataydır. Dalganın (ip boyunca kat ettiği) yolundaki tüm noktalarda, elektrik alanı dalgalanmalar geçtikçe sürekli değişir. O halde bu, elektrik alanının yarattığı sürekli değişen bir manyetik alanın varlığını gerektirir. Dalganın yolundaki her bir noktada sürekli değişen bir manyetik alan vardır ve bu sürekli değişen bir elektrik alan üretmektedir. İki dalgalanma kümesi biri diğerini izleyerek ilerler, bir ışık (veya radyo dalgaları) ışını oluşturur, enerjinin ışınımın kaynağında beslenmesini sağlar.

Maxwell, Newton geleneğindeki son büyük klasik bilim eseri olan bu müthiş çalışmasını tamamladıktan sonra (1866 yılında, henüz 35 yaşındayken) Galloway'deki rahat yaşamına döndü. Burada bir yandan bilim camiasındaki dostlarıyla mektuplar aracılığıyla ilişkisini sürdürürken diğer yandan 1873 yılında iki cilt olarak basılan muhteşem kitabı *Treatise on Electricity and Magnetism*'i [*Elektrik ve Manyetizma Konusunda İnceleme*] kaleme aldı. Saygın mevkilere yapılacak bir dizi akademik atamayı geri çevirse de 1871 yılında ilk Cavendish deneysel fizik profesörü ve (çok daha önemlisi) Cavendish Laboratuarının kurucusu ve yönetisi olması teklifini getiren Cambridge'i reddedemedi.[17] Labora-

[17] 1879 yılında yayımlanan *The Unpublished Electrical Writings of the Honorable Henry Cavendish* [*Muhterem Henry Cavendish'in Elektrik Konusundaki Yayımlanmamış Yazıları*] kitabının da editörlüğünü yaptı.

tuar 1874 yılında açıldı. Maxwell, sonraki on yıllarda yaşanacak bilimsel devrimde fizik alanında yeni keşiflere götüren araştırmalar açısından en önemli merkez haline gelecek olan laboratuarına kendi rengini vermeye yetecek kadar uzun yaşadı. Ne yazık ki 1879 yılında ciddi biçimde hastalandı ve aynı yılın 5 Kasımında annesiyle aynı yaşta (48) annesini öldüren hastalık sonucunda (kanser) öldü. Aynı yılın 14 Martında Maxwell'in denklemlerinin tüm sonuçlarını görmeye mahir olacak ilk kişi Ulm, Almanya'da doğdu. Adı, elbette Albert Einstein'dı.

Einstein'ın elektromanyetizma dünyasıyla ilişkisi doğumundan bir yıl sonra ailesinin Münih'e taşınmasıyla başladı. Burada babası Hermann, amcası Jacob'la birlikte (Albert'in annesi Pauline'nin ailesinden gelen paranın yardımıyla) bir elektrik mühendisliği işi kurdu ki bu Faraday'in keşiflerinin o dönemde artık pratik kullanım alanına taşındığının iyi bir örneğidir. Teknik açıdan girişim başarıya ulaştı; 200 kişi istihdam ettikleri ve elektrik ışık sistemlerini küçük şehirlere taşıyıp kurdukları dönemler oldu. Ancak kaynakları her zaman yetersizdi ve Alman elektrik endüstrisinin devleri haline gelen Siemens ve German Edison Company gibi şirketlerin karşısında ezilerek 1894 yılında iflas ettiler. Daha uygun bir iş ortamı arayışıyla iki kardeş firmalarının daha önce ihaleler üstlenmiş olduğu kuzey İtalya'ya taşındı ancak burada da çok fazla bir başarı elde edemediler; atılan bu adım eğitimini Alman okul sisteminde tamamlaması için 15 yaşındaki Albert'in ülkede bırakılması sonucunu doğurdu.

Bu iyi bir fikir değildi. Albert zeki ve bağımsız düşünebilen bir gençti ve yapısı, tüm genç erkeklerin zorunlu askerlik hizmeti verdiği Prusya geleneği uyarınca yönetilen, birliğini yeni kazanmış ülkesinin katı disiplinli okul sistemine uygun değildi. Einstein'ın gymnasium'dan (lise) alınmasını nasıl sağlayabildiği pek açık değil; bazı aktarımlara göre bir isyankârlık döneminin ardından atıldı, başka kayıtlara göreyse okuldan alınmasını tamamen kendi çabasıyla ayarladı. Her halükarda, kendisinin tam muayeneyi gerektiren bir sinir hastalığı yaşadığı yönünde bir rapor vermesi için aile doktorunu ikna etti ve rapor sayesinde ailesine (anne ve babası ile tek kardeşi olan küçük kız kardeşi Maja'ya) katılmak üzere yola çıkarak 1895 yılının ilk aylarında İtalya'ya ulaştı. Al-

man vatandaşlığından çıkarak (zorunlu ordu hizmetinden kaçınmanın tek kesin yolu) zamanını biraz aile şirketinde çalışarak, çoğunlukla da İtalya'nın tadını çıkartarak geçirdi. Ardından, büyük Alman üniversitelerinden alacağı diplomalar kadar iyi olmasa da, en azından bir diploma alabilmek amacıyla Zürih'teki İsviçre Federal Teknoloji Enstitüsünün (Eidgenössische Technische Hochschule, kısaca ETH) giriş sınavlarına başvurdu. 1895 yılının sonbaharında okula başvurduğunda, elinde bir öğretmenden almış olduğu matematiğe yeteneği olduğuna şahitlik eden mektup haricinde herhangi bir diploması olmaksızın liseyi bırakmış durumdaydı ve ETH'ye giren diğer öğrencilerin yaşından (18) da tam on sekiz ay daha küçüktü. Kendinden çok emin genç adam için bu bir şok etkisi yaratmış olsa da, bizce ilk giriş sınavını kazanamamış olması çok normaldir. 1896 yılında ETH'ye girme hakkı kazanmadan önce Albert bir yılını Zürih'in güneyindeki Aaru'daki bir İsviçre lisesinde geçirdi. Okulun müdürü Jost Winteler'in evinde pansiyoner olarak kaldığı ve Winteler ailesi üyeleriyle yaşam boyu sürecek dostluklar kurduğu (Albert'in kız kardeşi Maja daha sonra Jost Winteler'in oğlu Paul'le evlendi) bu bir yıl, hayatının en mutlu yıllarından biri oldu.

Zürih'te görünüşte matematik ve fizik öğrenen Einstein esasen hayatın tadını çıkardı (kız arkadaşı Mileva Maric'i hamile bırakmak da bunlara dâhildi; evlilik dışı çocuk evlatlık verildi) ve harcadığı emeği öğretmenlerinin memnun olması için gereken en düşük miktarda tuttu; öte yandan resmi ders programının dışında geniş okumalar yaptı. Sahip olduğu beceri ve yetenekten son derece emin olan Albert final sınavlarında parlak bir sonuç alarak ETH'de veya başka bir üniversitede alt kademeden bir iş bulabileceği düşüncesindeydi. 1900 yılının Temmuz ayında mezun olmasını sağlayan sınav sonuçları gerçekten de iyiydi, ama parlak değildi; profesörlerinin yapısı gereği ciddi ve sıkı çalışmaya uygun görmedikleri birini işe alma konusunda duydukları tereddüdü gidermeye yetecek kadar parlak olmadığıysa kesindi. Albert Einstein'ın 1903'te Mileva'yla evlenmesi, 14 Mayıs 1904'te doğan bir erkek bebek sahibi olması (evlilik dışı olmayan ikinci çocuğu Eduard 28 Temmuz 1910'da doğdu) ve 1905 yılında Bern'de patent memuru olarak çalışmasına giden yol böyle açıldı.

Einstein'ın 1905'te yayımlanan özel görelilik kuramının kurucu öğesi ışık hızının sabit olmasıydı. Kuramını geliştirdiği dönemde ışığın ölçülen hızının, ölçümü yapan kişinin hareket etmesinden bağımsız olarak her zaman aynı olduğu yönünde deneysel kanıtlar vardı. Ancak Einstein'ın bu çalışmayı biliyor olmasına rağmen bundan etkilenmemiş olduğunu tespit etmek gerekir. Onun meseleye yaklaşımının sınırlarını Maxwell'in denklemlerinden yola çıkması çizmiştir. Denklemler ışık hızı için bir *c* sabiti içermektedir. Deklemlerde *c*'nin belirlenmesi açısından bir gözlemcinin ışığa göre nasıl hareket ettiğinin göz önüne alınması gerektiği biçiminde bir hüküm yoktur. Maxwell denklemlerine göre bütün gözlemciler ister sabit olsunlar, ister ışık kaynağına doğru hareket etsin veya ondan uzaklaşsınlar (ışık ışınına hangi açıdan yaklaşıp uzaklaşsalar, yine fark etmeyecek şekilde) aynı ışık hızını, aynı *c*'yi ölçeceklerdir. Bu hem sağduyuya hem de Newton mekaniğinde hızların toplanma biçimine aykırıydı. Bir araba düz bir yolda saatte 100 km hızla bana doğru hareket ederken ben de arabamı gelen arabanın yönünde saatte 50 km hızla sürersem, bu araba bana saatte 150 km'lik bir göreli hızla yaklaşıyor demektir. Ben saatte 50 km hızla sürerken, önümdeki diğer araç benimle aynı yönde saatte 100 km hızla gidiyorsa, bu durumda diğer araç bana göreli olarak saatte 50 km hızla gidiyor demektir. Ama Maxwell denklemlerine göre her iki durumda da, diğer arabanın ön veya arka farlarından çıkan ışığın hızı, hem bana *hem de* diğer arabanın sürücüsüne göre (ve hâttâ yolun kenarında duran kişilere göre) her zaman *c*'dir. Bunu düşündüğünüz anda, hem Newton yasalarının hem de Maxwell denklemlerinin aynı anda doğru olamayacağı açıklık kazanır. 1905 yılından önce bunu düşünenlerin çoğu mahalleye yeni taşınan çocuk olan Maxwell'in kuramında bir şeylerin tam doğru olamayabileceğini varsaydı. Her zaman put kırıcı olmuş olan Einstein diğer olasılığı düşünme cüretine sahipti: Maxwell doğruydu; Newton, en azından bu sınırlı durum kapsamında yanlıştı. Onun büyük keşfinin temeli işte burada yatıyordu. Yine de Maxwell'in doğruluğunu tam manasıyla onaylayan deneysel kanıtlara bir göz atmak da kimseye zarar vermez.

Albert Michelson ve Edward Morley: Michelson–Morley Işık Deneyi

Her ne kadar Faraday 1846 yılında "esiri azletmeyi" denemiş olsa da, kavram ölüme karşı direnmiş ve *Encyclopaedia Britannica*'da 1878'de yayımlanmış bir makalesinde Maxwell bile dünyanın hızını esire göreli olarak ölçmek için ışık ışınlarının kullanıldığı bir deney yapılmasını önermişti. Deney bir ışık ışınının ikiye bölünmesiyle ortaya çıkan iki ışının iki ayna arasında, bir ayna grubunun dünyanın uzay (ve varsayımsal olarak esir) içerisindeki hareketi yönünde, diğer grubun ona dik açıda olacak şekilde yerleştirildiği bir yolculuğa gönderilmesiyle yapılacaktı. Aynalar arasında çarpıp döndükten sonra ışık ışınları tekrar bir araya getirilip girişime uğrayabileceklerdi. Deney her ışık ışınının aynı mesafeyi kat edeceği biçimde düzenlenmişse, bu durumda dünyanın esir içerisindeki hareketi nedeniyle yolculuklarını tamamlamalarının farklı süreler alması ve birbirlerinden farklı davranmaları nedeniyle çift yarık deneyinde görüldüğü gibi bir girişim deseni oluşturmaları gerekirdi. Bu öngörüyü sınamak için gereken hassaslıkta bir deneyin gerçekleştirilmesi gibi zor bir işi Amerikalı fizikçi Albert Michelson (1852–1931) önce tek başına (1881 yılında Berlin'de Hermann Helmholtz'un laboratuarında çalışırken), ardından 1887 yılında Ohio'da Edward Morley'le (1838–1923) birlikte çalışarak üstlendi. Büyük bir kesinlikle ulaştıkları sonuç, dünyanın esire göreli olarak hareket ettiği yönünde bir kanıt olmadığı ya da başka bir ifadeyle, ışığın ölçülen hızının ister dünyanın hareketiyle aynı yönde ister dünyanın hareket yönüne dik açılarda olsun, hep aynı olduğuydu. Kullanılan aletlerin yönünü değiştirseler de, deneyi günün farklı saatlerinde (dünyanın kendi etrafındaki dönüşünün farklı aşamalarında) gerçekleştirseler de, yılın farklı zamanlarında (dünyanın güneş etrafındaki yörüngesel hareketinin farklı aşamalarında) yapsalar da sonuç hep yanıydı: İki ışın arasında girişim yoktu.

Işığa neredeyse takıntılı bir ilgi duyan Michelson ışık hızını daha iyi ölçmek için tekrar tekrar yeni deneyler tasarladı ve gerçekleştirdi (Michelson-Marley deneyi sadece iki ışık ışını arasındaki *farklılıkları* aradığı için elbette asıl hızı ölçmek zorunda değildi).

Yaptığı çalışmalardaki olağanüstü hassasiyet ve kesinlik nedeniyle 1907 yılında Nobel ödülü almasına rağmen, sonrasında da ışık çalışmalarını sonlandırmadı. 1926 yılında 73 yaşındayken gerçekleştirdiği son büyük deneyinde ışığa California'daki iki dağ tepesi arasında çift yönlü bir yolculuk yaptırdı. Işığın hızını, günümüzdeki son ölçüm değeriyle (299.792,458 km/sn) deneysel hata sınırları içerisinde uyumlu olan 299.796±4 km/sn olarak tespit etti. Aslında ulaşılan modern rakam bugün ışık hızı olarak *tanımlanmıştır*, bu standart metre uzunluğunun son halinin bu ölçümlerle belirlendiği anlamına gelir.[18]

Michelson ve Marley'in kesinleşmiş deney sonuçlarını duyurmalarından çok kısa bir süre sonra Dublin, Trinity College'da çalışan İrlandalı matematikçi ve fizikçi George Fitzgerald (1851–1901) duruma ilişkin bir açıklama ortaya attı. Fitzgerald, Maxwell'in denklemlerini ciddiye alan ilk kişilerden biri olmuş ve Hertz deneylerini gerçekleştirmeden önce bugün radyo dalgaları dediğimiz konu üzerinde dikkatli çalışmalar yürütmüştü. 1889 yılında Fitzgerald, kullanılan aletlerin konumlanışının dünyanın uzaydaki hareketinden bağımsız olduğu Michelson-Marley deneyinin ışığın hızında herhangi bir değişiklik ölçememesinin, bütün aletlerin (buna dünya dahil) hareketle aynı yönde çok küçük bir miktar büzülmüş olmasıyla açıklanabileceğini ileri sürdü. Bu miktar aletlerin hızına bağlıydı ve deneyin sıfır sonucunu vermesi olgusundan yola çıkarak tam bir kesinlikle hesaplanabilirdi. Aynı fikir 1890'larda bağımsız biçimde Hollandalı fizikçi Hendrik Lorentz (1853–1928) tarafından ileri sürülmüştü. Leiden'de çalışan Lorentz fikri daha tam biçimde geliştirmiş (aşırı çalışma nedeniyle azan bir mide ülserinden kaynaklı genç yaşta ölen Fitzgerald'dan daha uzun süre yaşamış olması da bir etmendi) ve 1904 yılında Lorentz dönüşüm denklemleri olarak bildiğimiz sonuçlara ulaşmıştı. Tarihsel olarak öncelik tartışmasına girmeksizin bu küçülme etkisi bugün Lorentz-Fitzgerald büzülmesi olarak bilinmektedir.

[18] Ölçümün şimdiki kadar kesin ve hassas olduğu daha aklı başında bir dünyada yaşıyor olsaydık, metrenin uzunluğunda çok küçük bir düzeltme yaparak onu ışık hızının tam olarak 300.000 km/sn olacağı şekilde tanımlardık.

Albert Einstein: Özel Görelilik Kuramı

Bazı yerlerde bu çalışmanın Einstein'ın özel görelilik kuramı karşısında öncelik üstünlüğüne sahip olduğu ve Einstein'ın tüm yaptığının *i*'leri serpiştirmek ve *t*'leri çarptırmak olduğu ima edilir. Gerçek durum bu değildir. Fitzgerald ve Lorentz'in tasavvur ettiği büzülme türü, bir madde içerisindeki hareketleri yüzünden aralarındaki çekim kuvvetleri arttıkça birbirine yaklaşan tekil elektrik yüklü parçacıklarla (atomlarla) ilgiliydi; Faraday'in elektrik ve manyetizmanın hareketten etkilenmesi yönündeki keşiflerinden yola çıkarak bugün yanlış olduğu bilinen tamamen tuhaf bir fikirden kaynaklanmıyordu. Öte yandan işe ilk ilkelerden başlayarak, Maxwell'in denklemlerinde tek bir ışık hızı tespiti yapılmış olmasına dayanan Einstein matematiksel olarak Lorentz dönüşüm denklemleriyle özdeş denklemlere ulaşmakla kalmıyor, bir cismin gözlemciye göreli hareketiyle uyumlu olarak o cismin işgal ettiği uzayın büzüştüğü öngörüsünde bulunuyordu. Ayrıca denklemler bir zaman genişlemesi olduğunu (hareket eden saatler sabit gözlemcinin ölçtüğü zamana göreli olarak yavaş işliyordu) ve hareket eden cisimlerin kütlesinde bir artış gerçekleştiğini gösteriyordu. Özel görelilik kuramı, ışık hızından düşük bir hızla hareket etmeye başlayan cisimlerin kesinlikle ışık hızının üzerinde bir hıza ulaştırılamayacaklarını açığa çıkarıyordu (bunu kütlesinin ışık hızında sonsuz olacağı, dolayısıyla daha hızlı hareket etmesini sağlamak için sonsuz enerjiye ihtiyaç duyulacağı şeklinde de düşünebiliriz). Son olarak kütlenin hıza bağlı olma biçimiyle bağlantılı olarak kuram, bilimdeki en ünlü denklem olan $E = mc^2$ ile kütle ve enerji denkliğini ortaya çıkartıyordu.

Peki, tüm bu ölçümler neye göreli olarak yapılmıştı? Özel görelilik kuramının ışık hızının sabit olması dışında diğer temel özelliği, uzayda imtiyazlı bir eylemsizlik durumunun olmamasıdır. Einstein evrende ayrıcalıklı bir başvuru koordinat sistemi olmadığını, hareketin göreli olarak ölçülebileceği "mutlak bir uzayın" var olmadığını düşünüyordu. Hareket tamamen görelidir (kuramın adı da buradan gelir) ve hız kazanmayan bir gözlemci kendisini eylemsiz olarak değerlendirme ve dışındaki bütün hareketleri kendi referans çerçevesine göreli olarak ölçme hakkına sahiptir. Kuram sınırlı olduğu için "özel"dir, çünkü hızlanmaların göz önü-

ne alınmadığı özel bir durum vardır. Birbirlerine göre sabit hızlarda hareket eden bütün gözlemciler (eylemsiz gözlemciler) hareketsiz olduklarını söyleme ve bütün hareketleri kendilerine göreli olarak ölçme konusunda eşit hakka sahiptirler.

Denklemlerde bağlayıcı, içkin bir simetri vardır; bu farklı referans sistemleri olan (birbirlerine göreli hareket eden) gözlemcilerin notlarını karşılaştırdıklarında aynı sonuçlara ulaştıkları anlamına gelir, söz konusu sonuçlara nasıl ulaştıkları konusunda anlaşamasalar bile durum değişmez. Örneğin ben bir uzay gemisini 10 ışık yılı uzaktaki bir yıldıza ışık hızına epey yakın bir hızda seyahat ederken izlediğimde, bana göre bu yolculuğu tamamlamak için harcanan zaman *uzay aracındaki saatlere göre* 10 yıldan daha azdır, çünkü (araç ışık hızından hızlı gitmemesine rağmen) hareket eden saatler yavaş işler. Uzay gemisindeki müretebat açısından da yolculuk benim hesapladığım sürede geçmiştir; ancak onlar saatlerinin her zaman işlediği gibi işlediğini söyleyeceklerdir. Yolculukları gerçekten kısalmıştır evet ama bunun nedeni burası ile uzak yıldız arasındaki uzayın bükülmüş olmasıdır; bunu sağlayan da evrendeki bütün yıldızların göreli hareketinin uzay gemisini "geçmiş" olmasıdır, bu sayede geminin "eylemsiz" olduğunu söylemeye hak kazanmışlardır. Bir A gözlemcisi B gözlemcisinin saatinin yavaş ilerlediğini ve ölçüm çubuklarının büzüştüğünü görürse, bu durumda B gözlemcisi A gözlemcisinin saatleri ve ölçüm çubuklarının tam olarak aynı şekilde ve ölçüde etkilendiğini görür; ancak ikisi de kendi ölçüm aletlerinde hiçbir garipliğin farkına varmaz. Buradan çıkan önemli bir sonuç, ışık hızında yolculuk eden bir şey açısından zamanın durmasıdır. Bir fotonun (bir ışık kuantumu, 13. Bölümde ele alınacak) bakış açısıyla, güneş ile dünya arasındaki 150 milyon kilometreyi aşmak hiç zaman almaz. Bizim bakış açımızdan bunun nedeni, fotonla beraber giden saatlerin hepsinin durmasıdır. Fotonun bakış açısından bunun nedeni, bu kadar yüksek hızlarda (fotonun kendisini eylemsiz, dünyanınsa hızla kendisine doğru atıldığını görmeye hakkı olduğunu hatırlatalım) güneş ile dünya arasındaki uzay bir hiç olacak şekilde bükülmekte, dolayısıyla bunu aşmak hiç zaman almamaktadır. Bu çıkarımlar bize ne kadar acayip gözükürse gözüksün, özel görelilik kuramının öngörülerinin yapılan deneyler-

de (örneğin ışık hızına yakın hızlara dek hızlandırılmış parçacık ışınları kullanılarak), virgülden sonra çok sayıda ondalık rakama ulaşan bir kesinlikle, birçok kez onaylanmış olduğunu belirtelim. Bunun bir hipotez değil, kuram olmasının da nedeni budur. Sağduyuya aykırı olmalarının nedeni bizim gündelik yaşamımızda farkına varamayacağımız şekilde, bu etkilerin ancak ve sadece şeyler ışık hızına yakın hızlarda hareket ettiklerinde görülebilmeleridir. Buna karşın gerçek oldukları kanıtlanmıştır.

Minkowski: Kuram Çerçevesinde Uzay ve Zamanın Geometrik Birleşimi

Özel görelilik kuramının 1905 yılında Einstein'ın çağdaşlarınca anlaşılmamış olduğunu söylemek yanlış olur; birkaç yıl sonra Michelson'un Nobel ödülünü almış olması, çok sayıda fizikçinin hem Lorentz dönüşüm denklemlerinin hem de Einstein'ın çalışmasının önemini anlamış olduğunun önemli bir göstergesidir. Yine de Einstein'ın fikirlerinin asıl büyük etkisini göstermeye ve onun çalışmasıyla Lorentz ve Fitzgerald'ın çalışması arasındaki önemli farkların tam olarak takdir görmeye başlamasının ancak 1908 yılından sonra, Einstein'ın eski öğretmeni (Einstein'a "tembel it" tanımını yapan) Minkowski'nin bu fikri sadece matematik denklemleri yoluyla değil, dört boyutlu geometri, (bugün uzayzaman olarak birleşmiş olan) uzay ve zamanın geometrisi yoluyla sunmasından sonra olduğu doğrudur. Aynı yıl Köln'de verdiği bir derste (1864'te doğmuş ve bu dersi verdikten sadece bir yıl sonra bir apandisit problemi sonrasında ölen) Minkowski şöyle diyordu:

> Bundan böyle kendi başına uzay ve kendi başına zaman, yalnız gölgeler olarak silinip gitmeye mahkûmdurlar ve sadece bu ikisinin bir şekilde birleşmesi bağımsız bir gerçekliği muhafaza edecektir.

İlk başta Einstein fikirlerinin geometrizasyonundan pek mutlu değildi, oysa göreceğimiz üzere, tam da uzayın ve zamanın bu geometrik birleşmesi genellikle onun en büyük başarısı olarak görülen genel görelilik kuramının önünü açtı.

1905 yılından sonra fizik bir daha asla aynı olmadı. (Henüz benim Einstein'ın *annus mirabilis*'inin en önemli başarısı olarak değerlendirdiğim, kendisinin Nobel ödülü almasına sebep olan ve kuantum kuramının temellerini atan çalışmasından bahsetmiş değiliz.) Yirminci yüzyılda temel fizik Newton, hâttâ Maxwell gibi klasik öncülerin hayallerinde dahi olamayacak derecede bir gelişme gösterdi. Yine de klasik bilimin (ve özelde klasik fiziğin) elde edeceği bir zafer daha vardı önünde. Bu zafer esasen 1905 öncesinde ulaşılmış fikirlerin insanlığın karşılaştığı en büyük bulmacaya, bizzat dünyanın köken ve evriminin doğasına uygulanmasından doğacaktı.

12
Klasik Bilimin Son Zaferi

Büzüşme kuramı: Gezegenimiz buruşmuş mu? – İlk kıtasal sürüklenme hipotezleri – Alfred Wegener: Kıtasal sürüklenme kuramının babası – Pangeanın varlığının kanıtları – Kayaçların yaş ölçümünde radyoaktif tekniklerin kullanılması – Holmes'un kıtasal sürüklenme açıklaması – Jeomanyetik ters dönmeler ve dünyanın eriyik çekirdeği – "Deniz tabanı yayılması" modeli – Kıtasal sürüklenme konusunda diğer gelişmeler – Kıtaların "Bullard Uyumu" – Levha tektoniği – Buzul Çağının Hikâyesi: Jean de Charpentier – Louis Agassiz ve buzul modeli – Astronomik buzul çağı kuramı – Eliptik yörünge modeli – James Croll – Milankovitch modeli – Buzul çağları konusunda modern fikirler– Evrim üzerindeki etkisi

Klasik bilimin son zaferi, sonradan yirminci yüzyılın postklasik dünyasına ait olduğu anlaşılan bir keşfe dayanıyordu. ("Postklasik" kavramı edebiyat veya sanat tarihindeki anlamıyla değil bilimsel anlamıyla, görelilik kuramı ve kuantum mekaniğine dayalı olması anlamında kullanılmaktadır.) Bu Lyell ve izleyicilerinin geliştirdiği tekbiçimci fikirlerin öngördüğü zaman ölçekleri içerisinde dünyanın iç yapısının soğuyarak katı ve atıl bir öbeğe dönüşmesini önleyen ısı kaynağını sağlayan ışınım etkinliğinin, diğer deyişle radyoaktivitenin (on dokuzuncu yüzyılda gerçekleştirilen) keşfiydi. Böylece görelilik kuramları ve kuantum fiziği, ışınım etkinliğinin keşfinden yola çıkarak bizi kütlenin enerjiye dönüşümünün yıldızların parlamasını sağlaması olgusunun anlaşılması ve açıklanmasına taşıyacaktı. Tıpkı Galileo'nun kütleçekimin nasıl işlediğini bilmeden sarkaçların sallanma ve topların eğik düzlemlerde yuvarlanma biçimini açıklayabilmesi gibi, jeofizikçilerin de ışınım etkinliği hakkında dünyanın içinin sıcak kalmasını sağlayan bir yol sunduğunu bilmeleri yeterliydi; dün-

ya yüzeyini şekillendirmiş ve buna bugün de devam etmekte olan fiziksel süreçleri güdüleyen bir enerji kaynağı vardı. Bu bilgiyi kuşanarak kıtaların ve okyanus havzalarının oluşumunu, depremler, volkanlar ve dağ oluşumlarının gerçekleşmesini, toprağın erozyonla aşınmasını ve daha pek çok şeyi sadece William Thomson veya James Clerk Maxwell değil, Isaac Newton veya Galileo Galilei'nin yaptığı türden bir bilimin kavramlarıyla açıklayarak jeolojiyi jeofiziğe doğru ilerletebilme başarısını gösterdiler.

Büzüşme Kuramı: Gezegenimiz Buruşmuş mu?

Lyell'in önemli bir etkisinin olmasına karşın (özellikle İngilizce konuşulan dünyada ve daha özel olarak Charles Darwin üzerinde), ne onun *Principles of Geology* eserinin yayımlanmasının tekbiçimciliğe çok büyük bir başarı kazandırdığını düşünmek ne de on dokuzuncu yüzyıldaki yerbilimcilerin çoğunun gezegenimizi şekillendiren fiziksel nedenler konusundaki tartışmaya çok önem verdiği gibi bir fikre kapılmak doğru olur. Hâttâ bir tartışma olduğunu söylemek bile pek doğru olmaz; farklı kişiler farklı modeller ileri sürüyor, her birinin kendi takipçileri oluyor ama rakipler ne kendi modellerinin iyi yönlerini tartışmak için buluşuyor ne de karşılıklı kalem kavgalarına giriyorlardı. On dokuzuncu yüzyılda halen daha karşı karşıya olunan birinci görev, hangi kayaçların yaşlı hangilerinin daha genç olduğunu bilmeleri için jeologlara çalışabilecekleri bir *göreli* zaman ölçeğini verecek ve katmanları sıraya sokmayı sağlayacak olan saha çalışmalarının gerçekleştirilmesiydi. Bu katmanların kökeni hakkındaki fikirlerin araştırılmasının üzerine tekbiçimciliğin gölgesi de düşüyor ve geniş bir kesim geçmişte de bugünküyle aynı *türden* kuvvetler (örneğin depremler ve volkanlar) işbaşında olmasına rağmen, dünyanın daha genç ve muhtemelen daha sıcak olduğu geçmişte bu kuvvetlerin daha etkin olabileceğini düşünüyordu. Lyell'in tekbiçimciliği kıtaların deniz tabanına çevrilmiş ve okyanus tabanlarının yükselerek karaları oluşturmuş olabileceğini söylüyorken, değişmezcilik diye bilinen (yine tekbiçimci) başka bir düşünce okulu kıtaların hep kıta, okyanusların hep okyanus olduğunu savunuyordu. En büyük savunucuları Yale Üniversitesinde doğa tarihi ve

jeoloji profesörü James Dana (1850–1892) olan değişmezciler, özellikle Kuzey Amerika'da güçlüydüler. Dana hipotezini, dünyanın yavaş yavaş küçüldüğü, soğudukça büzüştüğü ve Apalaşlar gibi dağ dizilerinin de dünyanın küçüldükçe kabuğunun büzüşmesinin etkisiyle oluştuğu yönündeki (o dönemin bilgi düzeyi açısından mantıksız olmayan) fikirle bağlantılandırmıştı.

Büzüşme fikri Avrupa'da farklı bir yoldan, afetçiliğin bir türü olarak gelişti. Fikrin son haline ulaşması Eduard Suess'in (1831–1914) geliştirdiği eski fikirlerin on dokuzuncu yüzyılın son on yıllarında sentezlenmesiyle gerçekleşti. Alman bir yün tüccarının oğlu olan Suess Londra'da doğdu ama çocukluğunda ailesiyle önce Prag'a sonrasında Viyana'ya taşınarak en sonunda Viyana'daki üniversitede jeoloji profesörü oldu. Suess'in modeli büzüşmeyi, soğuyan ve büzüşen bir dünya üzerinde uzun sakinlik dönemlerinin ardından gerçekleşen dramatik değişikliklerin ani patlamalarının itici gücü olarak görüyordu. Bugün Avustralya, Hindistan ve Afrika olarak gördüğümüz kara parçalarının, daha önce güney yarımkürede var olmuş ve iç kısımların soğumasıyla çoğu sular altında kalmış olan çok daha büyük (Hindistan'ın bir bölgesinin adından yola çıkarak Gondvana adını verdiği) bir kara kütlesinin parçaları olduğunu öne sürdü. Buna göre dünyanın büzüşen kabuğu, kıvrımlar (dağ sıraları ve riftler) ve geniş yığınlar (Atlantik ve güney yarımküre gibi) oluşturmuş, iç kısımlardaki soğuma ve büzüşmeyle çökmüş ve daha önce birbirine bağlı olan kara kütleleri arasında yeni okyanus havzaları oluşturmuş ve tüm bunlar yavaş yavaş ilerleyen süreçlerle değil ani patlamalar biçiminde gerçekleşmişti. Model ayrıntılı incelemelerin karşısında sağlam bir görünüm vermiyordu. Örneğin sadece Alplerin oluşumu için gerekli olan ve (Suess sentezine göre) 1200 kilometrelik kabuğu 150 kilometrelik bir dağa sıkıştıran buruşma ve bükülme miktarı, 1200 °C'lik bir soğumaya karşılık geliyordu. Alplerle aynı dönemde oluşmuş olan And dağları, Rocky dağları ve Himalayaların oluşumunu sağlamak için gereken büzüşme içinse çok daha büyük bir soğumanın olması şarttı. Tüm bu modeller için öldürücü darbe, Suess'in sentezini gerçekleştirdiği dönemle aynı sırada yapılan ve gerçekte dünyanın iç kısımlarının hiç de dramatik biçimde soğumadığını gösteren ışınım etkinliğinin keşfe-

dilmesi oldu. Yine de Suess sentezinin öyküsü iki yönden önem taşımaktadır. Birincisi yirminci yüzyılın başında dünya tarihinin bir "standart modele" sahip olmadığını göstermektedir. İkincisi, kıtasal sürüklenme fikri yerleşiklik kazandığında karşımıza çıkacak olan Gondvana adını bize kazandırmıştır. Öte yandan kıtasal sürüklenme fikri yine ilk kez on dokuzuncu yüzyılda karşımıza çıkmasına karşın, yerleşiklik kazanması ancak yirminci yüzyılın ikinci yarısında, bundan elli yıl öncesinde mümkün olacaktır.

İlk Kıtasal Sürüklenme Hipotezleri

Kıtasal sürüklenme konusunda on dokuzuncu yüzyılda ileri sürülen fikirlerden biri, kıtaların manyetize kristalimsi temeller üzerine oturmuş ve manyetik bir akım tarafından kuzeye doğru kaydırılmış olabileceği düşüncesiydi. Bu fikir dünyanın başlangıçta bugünkünden daha küçük ve şeklen dörtyüzlü olduğunu, kıtaların da başlangıçta birbirine yakın yerleşmişken (ayrıca ayın da Akdeniz havzasından kopartılarak yörüngeye oturmasına sebep olan) katastrofik bir genişleme olayı sonucunda birbirlerinden uzağa kopartıldıklarını varsayıyordu. 1858 yılında (*Origin of Species-Türlerin Kökeni*'nin basımından bir yıl önce) Paris'te çalışan bir Amerikalı, Antonio Snider-Pellegrini kendi Kutsal Kitap yorumuna dayalı acayip bir model ortaya attığı *La Création et ces mystères devoilés* adında bir kitap yayımladı. Modele göre hızla küçülen dünyanın üzerinde tarihinin başlangıcında bir dizi afet gerçekleşiyordu. Buna değinmemizin tek nedeni kitapta ilk kez, okyanusun iki tarafındaki kömür yataklarında bulunan fosiller arasındaki benzerliği açıklamak için Atlantik Okyanusunun her iki tarafındaki kıtaları bir arada gösteren bir haritanın basılmış olmasıdır. Haritanın daha sonra sıkça basılmış olması Snider-Pellegrini'nin kıtasal sürüklenme konusunda gerçekten ciddi bir modele sahipmiş gibi bir yanlış izlenimin doğmasına neden oldu. Osmond Fisher 12 Ocak 1882 tarihinde bilim dergisi *Nature*'da yayımlanan makalesinde kıtaların hareketli olduğu, biraz daha bilimsel (ama yine afetçi) bir betimleme ileri sürdü. Bu betimleme, astronom George Darwin'in (1845–1912; Charles Darwin'in çocuklarından biri) ortaya attığı, ayın dünyanın iki eşit parçaya

bölündüğü sırada oluşmuş olduğu şeklindeki fikri güncelliyordu. Fisher'e göre Pasifik havzası ayın dünyadan kopması sonucu oluşmuş ve dünyanın kalan yüzeyi oluşan boşluğu doldurmak için bu deliğe doğru yavaşça ilerledikçe dünyanın diğer tarafındaki kıtasal malzeme çatlamış ve parçalar birbirinden uzaklaşmıştı.

Alfred Wegener: Kıtasal Sürüklenme Kuramının Babası

Kıtasal sürüklenme konusunda yirminci yüzyılın ilk on yıllarında başka yorumlar da yapıldı. Bunların içerisinde (en sonunda) tarihe adını yazdıran ve yerbilimlerinin gelişimini etkileyense Alman meteorolog Alfred Wegener'in 1912 yılında ileri sürdüğü yorum oldu. Başka bir bilimsel disiplinden gelen (astronom olarak eğitim almıştı) Wegener, kıtasal sürüklenme hakkında var olan haddinden fazla eski fikirden (keza içlerinden bazılarının ne kadar ahmakça olduğundan) pek az haberdar olsa gerekti. Fikirlerinin etkili olmasının nedeni sadece kendisinden öncekilere göre daha tam bir model geliştirmesi değil, bunları on yıllar boyunca savunması, fikrini destekleyen yeni kanıtlar araması, modelini eleştirel bir bakışla savunması ve 1930 yılındaki zamansız ölümünden önce dört cilde ulaşan bir kitap yayımlamış olmasıydı. Wegener sadece fikirlerini yayımlayıp onların kendi başlarına batması veya yüzmesini izlemek yerine, fikirlerini duyurmak için tam anlamıyla bir kıyamet kopardı. Ayrıntılandırılmış fikirlerinin çoğu yanlış olsa da genel yaklaşımı zamanın sınavından geçmiştir ve Wegener bugün haklı olarak kıtasal sürüklenme (bugün kazandığı nitelikle) kuramının babası olarak görülmektedir.

Wegener 1 Kasım 1880'de Berlin'de doğdu. Heidelberg, Innsbruck ve Berlin üniversitelerinde okudu, astronomi doktorasını ise 1905 yılında Berlin'den aldı. Ardından Tegel'deki Prusya Havacılık Gözlemevi'ne girdi ve burada bir dönem kardeşi Kurt'la yan yana çalıştı (iki kardeş aletleri test etmek için yaptıkları 52 ½ saat süren bir balon yolculuğu sırasında kelimenin gerçek anlamıyla da yan yana çalıştılar). 1906 ile 1908 yılları arasında Danimarkalılarca Grönland'ın iç kısımlarına doğru düzenlenen bir keşif gezisinde meteorolog olarak çalıştı; döndükten sonra da Marburg Üniversite-

sinde meteoroloji ve astronomi dersleri vermeye başladı. 1911 yılında bir meteoroloji ders kitabı yazdı; bu arada kıtasal sürüklenme konusundaki fikirlerini geliştirdi ve bunları 1912 yılında, aynı yılın Ocak ayında Frankfurt am Main ve Marburg'da yaptığı konuşmaların notlarına dayanarak kaleme aldığı iki makaleyle ilk kez kamuoyuna açıkladı. Wegener'in sonradan aktardığı üzere 1910 yılında Marburg'daki meslektaşlarından birine yeni bir dünya atlası verilmiş ve buna bakarken Güney Amerika'nın doğu kıyısı ile Afrika'nın batı kıyısının daha önce berabermişçesine, yapboz parçaları gibi birbirlerine uyumlu gözükmeleri, (kendisinden öncekiler gibi) Wegener 'in de nutkunun tutulmasına sebep olmuştu. Merakı uyanmış olsa da bu fikri pek olası bulmadı ve 1911 ilkbaharında Brezilya ile Afrika arasındaki paleontolojik benzerlikleri ele alan bir rapora rastlayıncaya dek de kafasında erteledi. Bu rapordaki kanıtlar eskiden iki kıtayı birbirine bağlayan bir kara köprüsü olabileceği fikrini desteklemek için sunulmuştu ama Wegener'in gözünde her şey daha farklıydı. Başyapıtı olacak olan, 1915 yılında yayımlanan *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane* [*Kıtaların ve Okyanusların Oluşumu*] adlı kitabının ilk cildinde şöyle yazıyordu:[1]

> Bu beni jeoloji ve paleontoloji alanlarında konuyla ilgili yapılmış benzer araştırmalara bir göz atmaya sevk etti ve ulaştıklarım bana hızla o kadar kuvvetli bir teyit sağladı ki, fikrin [kıtasal sürüklenme] esasen doğruluğunun kafamda kökleşmesini beraberinde getirdi.

Wegener'i doğru bir şeylerin peşinde olduğuna ikna eden bir diğer kanıt daha vardı. Kıtalar (okyanusun bugünkü yüksekliğine bağlı olan) şu anki kıyıları boyunca değil de, okyanus tabanının altına doğru derin bir dalımın olduğu, kıtaların gerçek kıyısı olan kıta şelfinin kenarları birleştirilerek eşleştirildiklerinde, aralarındaki yapboz parçalarının oturmasına benzer uyum daha da kesinleşiyordu. Fikir kökleşmiş olsa da çiçek açmasını geciktiren birkaç olay oldu. Wegener 1912 yılı Ocak ayında yaptığı konuşmalarda sürüklenme fikrini ilk kez seslendirdikten sonra yeni bir Grönland ge-

[1] Alıntı Friedrich Viewege, Brunswick; dördüncü baskının son İngilizce çevirisi için *bkz.* Kaynakça.

zisine çıktı, 1913'te döndü ve Else Köppen'le[2] evlendi. Sakin bir akademik hayat sürme planlarının üzerine I. Dünya Savaşının gölgesi düştü. Wegener yedek subay olarak orduya çağrıldı ve Batı Cephesine gittiği ilk aylar içerisinde iki kez yaralandı; iyileştikten sonra artık aktif hizmete uygun olmadığı için ordunun meteoroloji servisinde çalıştı. Nekahat iznindeyken ünlü kitabının ilk versiyonunu kaleme aldı. Kitap ilk döneminde pek az ses getirdi. 1915 yılında, savaşın en cafcaflı günlerinde basılmıştı ve bir broşürden çok az daha kalın, sadece 94 sayfaydı. Savaştan sonra Wegener (yine erkek kardeşiyle beraber) Hamburg'taki Alman Deniz Laboratuarında çalıştı, bir yandan da o dönem yeni kurulmuş olan Hamburg Üniversitesinde meteoroloji dersleri vermeye başladı. Seçkin bir meteorolog olarak isim yaptı; kıtasal sürüklenme modeli üzerinde çalışmaya da devam ederek 1920 ve 1922 yıllarında kitabının (her biri diğerinden daha uzun) yeni baskılarını yayımladı. Arkadaşları bunun şöhretine kötü etkisi olacağını düşündüler, ancak başkaları sürüklenme fikri konusunda ne düşünürse düşünsün, Wegener çok iyi bir meteorologtu ve 1924 yılında Avusturya'daki Graz Üniversitesine meteoroloji profesörü olarak atandı. Aynı yıl (Wladimir Köppen'le birlikte) geçmişteki iklimlerin kıtasal sürüklenmeye dayalı olarak açıklanması yönünde ilk denemesini yayımladı ve *Die Entstehung*'un üçüncü (1922) baskısının Fransızca ve İngilizce çevirileri çıktı. Kitabının dördüncü baskısını hazırladı ve 1929'da yayımlanan bu baskıda üçüncü baskıya yönelik İngilizce konuşulan dünyadan gelen eleştirileri de yanıtladı. Wegener tam da fikirlerini takip edecek bir kesimi yakalamış gibi görünürken, takipçilerinin sayısını arttırma fırsatı şanssız biçimde elinden kayıp gitti. 1930 yılında bu kez ekip başı olarak (49 yaşındaydı) başka bir Grönland gezisine çıktı; araştırma gezisinin amacı sürüklenme hipotezini destekleyici kanıtlar toplamaktı. Araştırma ekibi ıssız Grönland buz kepinde kısıldı kaldı, ekibin iç kısımlarda kurulu kamp yerindeki yiyecekleri tükenince Wegener bir Eskimo yerlisiyle beraber kıyıda kurulmuş ana kampa ulaşmak için 1 Kasım 1930 tarihinde (ellinci yaş gününde) yola koyuldu. Hedefe ulaşmayı başaramadı. Bir sonraki ilkbaharda bedeni iki kamp arasındaki rota üzerindeki

[2] Wegener'in dostu ve meslektaşı Rusya doğumlu meteorolog Wladimir Köppen'in (1846–1940) kızı.

buz kepinde uyku tulumu içerisinde düzgünce sarılmış ve kayakları başına dikilmiş halde bulundu; yanındaki kişiyi de bir daha hiç gören olmadı. Artık kıtasal sürüklenme fikri baş savunucusunun yardımından yoksun, ya yüzecek ya da batacaktı.

Pangeanın Varlığının Kanıtları

Wegener'in modeline göre dünya, yoğunluğu kabuktan çekirdeğe doğru artan bir dizi katmandan oluşuyordu. Kıtalar ile okyanus tabanlarını temelde birbirlerinden farklı değerlendiriyor; kıtalar, okyanus tabanının kayaçlarını (bir sediment katmanı altında) oluşturan daha yoğun bir bazaltik kayacın (sima denen; adını bileşimini oluşturan silisyum ve magnezyumdan alır) üzerinde yüzen hafif granitik kayaç (sial denen; silisyum + alüminyum) blokları olarak açıklanıyordu. Bugünkü kıtasal blokların, mezozoik çağın sonunda (modern hesaplamalar uyarınca yaklaşık 150 milyon yıl önce) gezegenin tüm toprak yüzeyini oluşturan Pangea adı verilen tek bir süperkıtadan kopuşlarından bu yana, esasen aynı görünüme sahip olduklarını iddia ediyordu. Wegener'in modelinin sahip olduğu büyük zayıflık, Pangea'nın parçalanması için bir nedene sahip olmaması ve kıtasal sürüklenmeyi neyin yarattığına dair merkezkaç kuvvetlerin veya muhtemel gelgit etkilerinin neden olduğu "kutuptan geriye çekilme" gibi görece bulanık fikirler ileri sürmesiydi. Rift vadilerinin (Doğu Afrika rift vadisi gibi) bulunduğu yerlerin kıtasal ayrılmanın başlama yerleri olduğuna işaret ederek kendisinden önce gelenlerden daha ileriye gidiyor, kıtasal sürüklenmeye sebep olan süreç her neyse, bunun bugün de devam ettiğini söyleyerek ileri sürdüğü sürüklenme fikrine tekbiçimci bir form kazandırıyordu. Çok daha önemlisi, fikirlerini aynı zamanda felakete dayalı (veya aşamalı) bir büzüşme veya genişlemenin olmadığı, sabit büyüklükte bir dünyaya dayandırmasıydı. Modelin en zayıf özelliklerinden biri Wegener'in kıtaların deniz tabanının simasının içerisinden zorla ilerleyerek geçtiğini hayal etmesiydi ki yerbilimcilerin bunu kabul etmesi (haklı olarak) olanaksızdı. Yine de Avrupa ve Afrika'dan sürüklenip uzaklaşırken Kuzey ve Güney Amerika kıtalarının doğu kıyılarındaki dağların oluşması hakkındaki fikri ile kıtaların sima

içerisinden saban sürercesine geçerken buruşması yönündeki düşüncesini birbiriyle bağlantılandırmayı başarmıştı. Kara kütlelerinin ortasındaki Himalayalar gibi dağ sıraları kıtaların çarpışmasıyla açıklanabilirdi.

Wegener'in hipotezi bazı ayrıntılar yönünden iyi, bazılarında kötüydü. Bugün birbirlerinden ayrı ve kutup bölgelerinden uzak olan kıtalarda çok uzak bir geçmişte nasıl aynı anda buzullaşmanın gerçekleştiğini gösteren paleoklimatolojiden derlediği kanıtlar açısından özellikle iyiydi. Özellikle kötü olduğu yön (yerbilimcilerin tüm fikirlerinden şüphe etmesi sonucunu doğuran, kendi görüşünü desteklemeyen kanıtları sıklıkla göz ardı etmiş olması gerçeği bir yana), kıtasal sürüklenmenin çok hızlı ilerlediğine, Grönland'ı İskandinavya'dan bundan sadece 50.000 ila 100.000 yıl önce kopartmış ve halen yılda 11 metrelik bir hızla batıya doğru hareket ettiriyor olduğuna inanmasıydı. Bu varsayım kaynağını 1823 ve 1907'de gerçekleştirilen jeodezik araştırmalardan alıyordu ve ölçümler hatalıydı; bugün uydularla lazer mesafe ölçümü yaparak Atlantik'in aslında yılda birkaç santimetrelik bir hızla genişlediğini biliyoruz (tesadüf eseri Wegener'in Grönland buz kepine yaptığı ölümle sonuçlanan son gezisi de jeodezik verilerin geliştirilmesi amacını taşıyordu). Her şeye karşın onun kıtasal sürüklenme fikrinin gelişimine yaptığı en değerli katkı, süperkıta Pangea'nın geçmişteki varlığını destekleyen kanıtları toplayarak ulaştığı sentezdir; bunu sıradağları, sedimanter kayaçları, eski buzullaşmaların izlerini ve hem fosil hem yaşayan bitki ve hayvanların dağılımını birbiriyle bağlantılandırarak başarmıştır. Sözlü bir benzetme olarak Wegener bunu matbu bir sayfanın paramparça edilmesiyle karşılaştırır. Parçalar basılı sözcüklerin anlamlı cümleler oluşturabileceği şekilde bir araya getirilirse, parçaların uyumunun doğru olduğuna dair inandırıcı bir kanıt elde ederiz. Aynı şekilde, onun topladığı kanıtlar da Pangea'nın parçaları yeniden bir araya getirildiğinde anlamlı bir jeolojik "metin" oluşturmuştu. Altta işleyen mekanizmalar tam olarak anlaşılmamış olmasına rağmen bu geniş kanıt yığınının varlığı kıtasal sürüklenmenin savunulması için sağlam bir gerekçe oluşturuyordu.

Kayaçların Yaş Ölçümünde Radyoaktif Tekniklerin Kullanılması

Aslında kıtasal sürüklenmenin kilit mekanizması 1920'lerin sonunda özellikle bir yerbilimcinin çabasıyla açığa çıkmıştı bile. Arthur Holmes (1890–1965) adlı bu yerbilimci 1920'lerde radyoaktif bozunum alanında önde gelen bir uzman ve radyoaktif teknikler kullanılarak dünyanın yaşının ölçülmesi çalışmalarının öncüsüydü. "Dünyanın yaşını ölçen adam" ünvanını en çok o hak etmektedir. Holmes İngiltere'nin kuzeydoğusundaki Gateshead kökenli sıradan bir aileden geliyordu (babası ahşap doğramacıydı, annesiyse tezgâhtar olarak çalışıyordu). Akademik yıl boyunca ona haftada otuz şilin (1,50 pound) sağlayan Ulusal Burs sınavını kazanmasının ardından 1907 yılında Londra'daki Royal College of Science'a başladı. Bu 1907'de bile yeterli olmaktan çok uzak bir miktardı ve ailesinden maddi yardım alma olanağı da yoktu; Holmes başının çaresine bakmak zorundaydı.

Bu dönemde hem radyoaktivite hem de dünyanın yaşı güncel bilimsel konulardı ve kısa bir süre önce Amerikalı Bertram Boltwood (1870–1927) kayaç örneklerinin tarihini içerdikleri kurşun ve uranyum izotopu oranlarından belirleme tekniğini geliştirmişti. Uranyumun radyoaktif bozunumu (13. Bölümde göreceğimiz gibi) belirli bir süre içerisinde nihayetinde kurşun ürettiği için, bu oranları ölçmek kayaçların yaşını ortaya çıkarabiliyordu. Son yılında mezuniyet projesi olarak Holmes bu tekniği Norveç'ten alınmış Devoniyen dönemi kayaç örneklerini tarihlendirmek için kullandı ve 370 milyon yıl öncesine ait olduklarını buldu. Yirminci yüzyılın ilk on yılı geride bırakıldığında bir lisans öğrencisi bile bir kaya parçasını tarihlendirebiliyor ve yer kabuğunun en yaşlı taşı olmadığı kesin olan bu kayacın yaşının, güneşten salt kütleçekimsel çöküşünün sonucu olarak bırakılan ısı fikrinin güneş sistemi için izin verdiği zaman ölçeğinden çok daha fazla olduğunu buluyordu. 1910 yılında öğrencilik dönemini önünde pırıl pırıl bir şöhret, arkasında büyük bir borç yüküyle bırakan Holmes umut vaat eden bir jeolog olarak Mozambik'te aylığı 35 pounda altı aylığına bir iş bulmasına çok sevindi. Kapıldığı ciddi bir karasu humması nöbeti eve dönüşünü ertelemesine sebep oldu, ayrıca

sıtma hastalığına da tutuldu (her işte bir hayır varmış, çünkü bu I. Dünya Savaşında orduya katılmasına engel oldu). Mali durumunu artık düzeltmiş olan Holmes (gezisinden 89 pound 7 şilin 3 peni biriktirmişti), (1910'da Royal College of Science'ın dönüştüğü) Imperial College'ın kadrosuna katılabildi ve 1917'de doktorasını aldığı burada 1920'ye dek kaldı. Ardından bir petrol şirketine girerek Burma'da çalıştı, 1924'te Durham Üniversitesinde jeoloji profesörü olmak üzere İngiltere'ye döndü. 1943 yılında Edinburgh Üniversitesine geçti ve 1956'da emekli oldu. Bu süre içerisinde kayaçların yaşını ölçmek için radyoaktif tekniğin kullanımını yerleşikleştirmiş ve dünyanın yaşının 4500 ± 100 milyon yıl olduğu sonucuna ulaşmıştı.[3] Bu arada *Principles of Physical Geology* [*Fiziksel Jeolojinin İlkeleri*] (başlık Lyell'e bir selamlama olarak bilinçli seçilmiştir) adında, ilk kez 1944'te basılan ve gözden geçirilen baskılarıyla o günden bu yana standart metin halini alan bir ders kitabı kaleme aldı. Başarısının bir bölümü Holmes'un jeolojiyi anlaşılır kılma görevini yerine getirişinde gizlidir. Daha sonra bir arkadaşına da yazdığı gibi "İngilizce konuşulan ülkelerde çok kişi tarafından okunabilmek için şimdiye kadar karşılaştığın en aptal öğrenciyi kafanda canlandırıp konuyu ona nasıl anlatacağını düşünmelisin."[4]

Holmes'un Kıtasal Sürüklenme Açıklaması

Holmes'un kıtasal sürüklenme konusuna daha 1920 yılına gelmeden ilgi duymasında, Imperial'daki meslektaşlarından akıcı bir Almancaya sahip ve Wegener'in ilk takipçilerinden biri olan John Evans'ın rolü büyüktür (Evans daha sonra Wegener'in kitabının ilk İngilizce baskısının önsözünü yazacaktır). Holmes Burma'dan döndüğü sırasında kitabın üçüncü baskısı İngiltere'de yeni yayımlanmıştı ve bu, uranyum-kurşun çalışmasına verdiği bir molada, Durham'a yerleşir yerleşmez fikri ele almasında itici bir rol

---

3 1910 yılında ölçüm tekniğinin ilkeleri bilinmesine rağmen yaşı tam olarak belirlemek uzun sürdü ve istenen kesinlikte ölçümleri yapmak için gereken teknolojinin gelişmesi birkaç on yıl daha aldı. Her zaman olduğu gibi, teknolojinin bilime ihtiyaç duyduğu kadar, bilim de ilerlemek için teknolojiye gerek duyuyordu.

4 Alıntı Lewis'den

oynamışa benziyor. Başlangıçta büzüşme fikrine taraftar olsa da, sahip olduğu radyoaktivite bilgisi ve bunun dünyanın içinde ısı yaratmış olma olasılığı kısa zamanda düşüncesini değiştirdi. Konveksiyonun dağların oluşumu ve kıtasal sürüklenmeyle bağlantılı olabileceği fikri ilk kez A. J. Bull'un 1927'de Londra'daki Geological Society'de [Jeoloji Derneği] başkanlık kurulu önünde yaptığı sunumda onunla girdiği tartışma esnasında zihninde uyandı (Charles Darwin'in rahip olma niyetiyle Cambridge Üniversitesine başlamasından tam yüz yıl sonrasıydı). Aynı yılın Aralık ayında Holmes fikirlerini ileri süren bir makaleyi Edinburgh Jeoloji Derneğine sundu. Kıtaların üç aşağı beş yukarı Wegener'in önerdiğine benzer şekilde daha yoğun bir malzeme üzerinde sürüklenmiş olmalarına rağmen, sima içerisinden geçerek hareket etmediklerini savunuyordu. Tersine bu daha yoğun malzeme çok ağır biçimde hareket ediyor, dünyanın içerisindeki ısının sebep olduğu konveksiyon akımlarınca harekete geçiriliyor, bazı yerlerde (Atlantik Okyanusunun merkezinin altında bulunan okyanus sırtı gibi) kırılıyor ve kıtaları kırığın her iki tarafına doğru ittiriyor ve bunlar da dünyanın başka yerlerinde birbirleriyle çarpışıyordu. Radyoaktif ısınma haricinde Holmes'un modelinde kilit bileşen zamandı; alttan ısıtılan "katı" kaya da çok koyu bir pekmez gibi (veya bazı oyuncakçı dükkânlarında bulabileceğiniz "sihirli macun" gibi) esneyebilir ve akabilirdi ancak bu *çok* yavaş olabilirdi. Kıtasal sürüklenme fikrini benimseyen ilk yerbilimcilerden birinin dünyanın sayısal açıdan devasa yaşının farkına varan ilk kişilerden ve bunun ölçümünde aktif biçimde yer alan biri olması sürpriz değildi. 1930 yılında kıtasal sürüklenmeyle ilgili en ayrıntılı açıklamasını yapan Holmes, radyoaktif bozunumdan doğan ısının sonucunda dünyanın içerisinde etkiyen konveksiyon akımlarının nasıl Pangea'nın önce iki büyük kara parçasına bölünmesine, ardından bunların bölünüp sürüklenerek bugün dünyanın yüzeyinde gördüğümüz kara dağılımının oluşmasına sebep olabileceğini açıkladı. Elde ettiği tüm ayrıntıları *Transactions of the Geological Society of Glasgow*'da [*Glasgow Jeoloji Derneği Kayıtları*] yayımladı. Kitapta yer verdiği günümüzdeki ölçümlerle uyumlu tahminde, konveksiyon akımlarının kıtaları yılda beş santimetrelik bir hızla hareket ettirdiğini söyledi; bu yaklaşık 100

milyon yıllık bir zaman aralığı içerisinde Atlantik havzasının kabuğunda bir çatlama üretmek için yeterliydi.

1930 yılında kıtasal sürüklenmenin modern versiyonunun birçok parçasına ulaşılmış durumdaydı ve Holmes 1944 yılında *Principles*'ının son bölümünde sürüklenme kanıtlarını sunarken kıtasal sürüklenmeyi açıkça savunuyor, bir yandan da dürüstçe Wegener'in sunumundaki kusurlara işaret ediyordu:

> Wegener bize olgularla görüşlerin görkemli bir toplamını verdi. Kanıtlarının bazıları reddedilemeyecek ölçüde haklıydı, ama karşı yönden gelen bir eleştiri fırtınasına sebep olacak kadar da çok spekülasyona ve tek taraflı savunuya dayalıydı. Dahası jeologların çoğu kıtasal sürüklenme olasılığını kabul etme konusunda, bildikleri doğal süreçlerin bunu gerçekleştirmesinin en ufak bir olanağını görmedikleri için tereddütlü davranıyordu... Her şeye rağmen en önemli husus, eldeki kanıtlardan yola çıkarak kıtasal sürüklenmenin dünyanın hareketinin hakiki bir türü olup olmadığı konusunda bir karara varırken Wegener'in kendisine özgü görüşlerini çürütmekle yetinmemektir. Açıklanması gerekenin ne olduğunu daha büyük bir güvenilirlikle bilene dek açıklamaları bir kenara koymakta fayda vardır.

Kıtasal sürüklenmeyle ilgili bu bölümün en sonunda, sürecin itici kuvvetinin konveksiyon olduğu yönündeki savunusunun ardından Holmes şöyle yazıyordu:

> Ancak ihtiyaçları gidermek için özel olarak icat edilmiş bu tür tamamıyla spekülatif fikirlerin bağımsız kanıtlarca desteklenineeye kadar hiçbir bilimsel değer taşıyamayacağı kesin biçimde kabul görmelidir.

Holmes acaba Arthur Conan Doyle tarafından *A Scandal in Bohemia*'da kurgusal adaşının ağzına kondurulan şu sözlerin kendi sözlerine ne kadar benzediğinin farkında mıydı, çok merak ediyorum:

> Elde veri olmadan yapılacak kuramsallaştırma çok büyük bir hatadır. Bilinçsizce, olgular kuramlara uymaları

için bükülmeye başlanır, oysa olgulara uymaları için kuramları bükmek gerekir.

Kıtasal sürüklenme tezini sağlamlaştırmak için 1930 ile 1944 arasında pek az yeni olgu ve gerçek elde edilebildiği için işte tam da bu yüzden hiçbir şey yapılamadı. Elbette eskiyi savunanlar cenahında yeni fikirlere karşı, sadece yeni oldukları için direnç gösterenler vardı; kanıtlar ne kadar zorlayıcı olursa olsun, yeni bir dünya anlayışını benimsemek için kendilerine öğretilen her şeyden vazgeçmekte tereddüt gösterenler hep olur. Ancak 1930'lu ve 1940'lı yıllarda kıtasal sürüklenmeyi destekleyen kanıtlar zorlayıcı olmaktan ziyade inandırıcıydılar (Hâttâ Holmes'un çalışması göz önüne alındığında çok inandırıcıydılar, diyebiliriz). Halen daha saygı gören karşıt fikirler, özellikle de değişmezciliğin varlığı söz konusuydu ve Wegener'in öldüğü, Holmes'un da tarihlendirme tekniklerine odaklandığı koşullarda kimse kıtasal sürüklenmenin yardımına koşmuyor ve fikir ağır ağır gözden düşüyordu. (Oysa Holmes'un müthiş kitabına getirilebilen tek eleştiri, kitabına bu tarz acayip fikirleri destekleyen bir bölüm eklememiş olması gerektiğiydi.) Kıtasal sürüklenmeyi önce saygı duyulur, ardından dünyanın işleyişinin standart modeli olarak oturmuş bir paradigma haline getiren yeni kanıtların bulunması oldu; bu yeni kanıtların ortaya çıkışı da, kısmen II. Dünya Savaşının teknolojik bilimlerde sağladığı çarpıcı sıçramanın bir sonucu olarak gelişen yeni teknoloji sayesinde oldu. Bu aynı zamanda bilimin, gerçek ilerlemenin sadece büyük projeler üzerinde yeri doldurulabilir olarak nitelenebilecek çok sayıda insan tarafından ulaşılabildiği bir disiplin halini almasının elinizdeki kitapta karşılaşacağınız ilk örneğidir. Kuşkusuz kanıtları bir araya getirip ahenkli bir model oluşturabilecek olsa dahi Newton bile kıtasal sürüklenme hipotezini levha tektoniği kuramına çevirecek sıçrama için gereken bilgilerin tümünü elde edemezdi.

II. Dünya Savaşının yarattığı teknolojik ilerlemeler nihayetinde kıtasal sürüklenmeyi destekleyen kilit kanıtların elde edilmesine yardımcı olmasına karşın, 1940'lı yıllarda birçok yerbilimci ya savaş bağlantılı projelerde çalışıyor ve silahlı kuvvetlere hizmet ediyor ya da küresel bilimsel araştırmalar için çok fazla olanağın olmadığı işgal altındaki ülkelerde yaşıyorlardı. Savaştan hemen sonraysa Avrupa'nın yeniden inşası ve ABD'de çarpıcı biçimde de-

ğişen bilim ile devlet arasındaki ilişki, yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulanmasında gecikmeye sebep oldu. Geçen süre içerisinde sürüklenmeyi (lehine ve aleyhine) tartışan makaleler basılmış olmasına karşın, bu konu büyük oranda jeolojik bilimlerin ilgi alanı dışında kaldı. Her şeye rağmen hazır halde bekleyen bu fikir, aksi halde açıklanmasının son derece güç olduğunu kanıtlamış biçimde, yeni kanıtların gelmesini bekliyordu.

Jeomanyetik Ters Dönmeler ve Dünyanın Eriyik Çekirdeği

İlk yeni kanıt, eski katmanlardan alınmış kayaç örneklerinde bulunan manyetizma (fosil manyetizması) konusunda yürütülen çalışmalardan geldi. Bu çalışmanın temelini, kökeni 1940'larda hâlâ bir muamma olan dünyanın manyetik alanının araştırılma çabası oluşturuyordu. Adolf Hitler iktidara geldiğinde Almanya'dan ayrılan ve ABD'ye göçen çok sayıdaki Almanya doğumlu bilim insanından biri olan Walter Elsasser (1904–1991), 1930'ların sonunda dünyanın manyetizmasının doğal bir iç dinamo tarafından yaratıldığı fikrini geliştirmeye başladı ve savaş biter bitmez, 1946 yılında bu yöndeki fikirlerini ayrıntılı olarak yayımladı. Savaş sırasında gemileri manyetik mayınlardan koruma amaçlı mıknatıssızlaştırma ("degaussing") gemi teknolojisi konusunda çalışmış olan Britanyalı jeofizikçi Edward Bullard (1907–1980) bu fikri ele almaya karar verdi. 1940'lı yılların sonunda Toronto Üniversitesinde çalıştığı sırada Bullard dünyanın manyetik alanı modelini geliştirerek bunun gezegenin sıcak sıvı çekirdeğinde dolaşan iletken sıvıların ürünü (kaba ifadesiyle eriyik demir içindeki konveksiyon ve dönme) olduğunu öne sürdü. 1950'li yılların ilk yarısında Londra'daki UK National Physical Laboratory'nin [Britanya Ulusal Fizik Laboratuarı] yöneticisi olarak da, ellerinde bulunan ilk nesil elektronik bilgisayarları bu dinamo sürecinin ilk nümerik simülasyonları için kullandı.

Bu arada gerçekleştirilen fosil manyetizması ölçümleri, dünyanın manyetik alanının son 100.000 yılda oluşmuş kayaçlarla göreli olarak aynı yöne sahip olduğunu göstermişti. Eriyik malzeme volkanlar veya yerkabuğundaki çatlaklardan akarken, kalan ka-

yaçlar manyetize oluyorlar ve sabitlendiklerinde içerisinde oluştukları manyetik alanın örüntüsünü koruyarak çubuk mıknatıslara benzer bir hal alıyorlardı. Özellikle Britanyalı araştırmacıların (Londra, Cambridge ve Newcastle upon Tyne üniversitelerinden küçük gruplar) bulgularına göreyse, daha eski kayaçlarda fosil manyetizması yönü, sanki alan veya kayaçlar katmanlar sertleştikten sonra konum değiştirmişçesine bugünkü jeomanyetik alanın yönlenmesinden çok farklı olabiliyordu. Daha garibi, jeolojik geçmişte jeomanyetik alanın bugünkünün tam aksi yönde, sanki kuzey ve güney manyetik kutuplar yer değiştirmişe benzer bir halde olduğu durumların var olduğu sonucuna varmışlardı. Bu paleomanyetik kanıtla birlikte, kimi bilimcilerin jeolojik geçmişteki belirli dönemlerden kalan kayaçların manyetik yönlenmesini, kıtasal canlandırımdaki birleşim yerlerine uyacak "baskı çizgileri" olarak kullanması ve bu canlandırımların Wegener'in yaptıklarına uyduğunu bulmaları sonucunda kıtasal sürüklenme tartışması 1960'ların başında yeniden gündem oldu.

Diğer yandan dünya yüzey kabuğunun üçte ikisini kaplayan deniz tabanının bilgisi yönünden çok büyük bir ilerleme yaşanıyordu. I. Dünya Savaşı öncesinde bu halen daha büyük oranda keşfedilmemiş, gizemli bir dünyaydı. Denizaltı tehdidini bertaraf etme ihtiyacı, okyanus yüzeyinin altında yatanların tespiti için teknoloji geliştirilmesini (özellikle sesle yer belirleme veya sonar) ve savaştan sonra sadece denizaltıları doğrudan tespit amacıyla değil, kısmen bilimsel meraktan kısmen de denizaltıların saklanma yerlerini belirlemek amacıyla deniz tabanını haritalandırma çalışmalarını hızlandırdı. 1930'lu yılların sonuna geldiğimizde deniz tabanlarının özelliklerinin öğrenilmeye başlanması bu teknoloji sayesinde mümkün oldu; bunlar içerisinde özellikle Atlantik Okyanusu altında uzanan ve Kızıldeniz'in merkez bölgesinin altında bir tür diken oluşturan bir yükselmiş sistemin, bir okyanus ortası sırtının varlığının keşfedilmesi önem taşıyordu. II. Dünya Savaşı bu tür çalışmalar için gereken teknolojinin gelişiminde büyük bir atılıma sahne oldu; Soğuk Savaşta da nükleer silahlarla donatılmış denizaltılar birincil silah sistemleri haline geldiği için dev kaynaklar ayrılmaya devam etti. Örneğin 1941 yılında ABD'de Scripps Institution of Oceanography'nin bütçesi 100.000 $'a ya-

kındı, 26 çalışanı ve bir küçük gemisi vardı. 1948'deyse bütçesi 1.000.000 $'a yakın, çalışan sayısı 250, gemi sayısı 4'tü.[5] Scripps ve diğer okyanus araştırmacıları böyle bir bütçeyle karşılaşmayı hiç beklemiyorlardı. 1940'lardan önce yerbilimciler deniz tabanının dünyanın en eski kabuğundan kalma bir iz olduğunu düşünüyorlardı; kıtasal sürüklenme destekçilerinin bile düşüncesi bu yöndeydi. Eski çağlardan kalma oldukları düşünüldüğü için deniz tabanlarının, çok çok uzun zaman önce topraktan aşınmış dev miktardaki eski çağ çökeltileriyle kaplanmış olduğu ve bunun herhangi bir özelliği olmayan muhtemelen 5 ila 10 kilometre kalınlığında bir katman oluşturduğu düşünülüyordu. Bu tortunun altındaki kabuğun da tıpkı kıtaların kabuğu gibi onlarca kilometre kalınlığında olduğu varsayılıyordu. Okyanus yatağından örnekler alınıp araştırmalar yapıldığında bu fikirlerin hepsinin yanlış olduğu ortaya çıktı. Var olan sadece çok ince bir sediment katmanıydı ve kıtaların kıyılarından uzaklaşıldığında hemen hiç sediment yoktu. Deniz tabanındaki tüm kayaçlar yaşça küçüktür, en genç kayaçlar da okyanus sırtlarının yanında bulunur; su altı volkanik aktivitelerinin yerkabuğunda bir çatlak çizgisine işaret ettiği bu yerler jeolojik olarak aktif yerlerdir (dolayısıyla buralardaki kayaçların bazıları gerçekten de eriyik mağmadan sertleşme yoluyla henüz daha yeni doğmuşlardır). Kıtasal kabuk ortalama 34 kilometreyken (bazı yerlerde 80 veya 90 kilometreye ulaşır), sismik araştırmalar okyanusların altında yerkabuğu kalınlığının sadece 5 ila 7 kilometre arasında olduğunu gösterir.

"Deniz Tabanı Yayılması" Modeli

Princeton Üniversitesinden Amerikalı jeolog Harry Hess (1906–1969) 1960 yılında bulmacanın parçalarını anlamlı biçimde bir araya getiren kişi oldu. "Deniz tabanı yayılması"[6] adı verilen bu modele göre okyanus sırtlarını, mantonun (katı kabuğun hemen altındaki ağdalı kayaç katmanı) sıvı malzemesinde yer alan ve yü-

---

[5] Veriler Le Grand'dendir.

[6] "Yayılan deniz tabanı kuramı" kavramı ilk kez 1961 yılında bir makalede kullanıldı ve kısa süre sonra bunun yerini daha şık duran "deniz tabanı yayılması" ifadesi aldı.

zeyin derinliklerinden boşanan konveksiyon akımları üretmişti. Bu sıcak malzeme okyanus suyunun sıvılığı anlamında sıvı değildir belki ama sıcak cama benzer biçimde, konveksiyon sonucunda ağır ağır akacak ölçüde sıcaktır.[7] Okyanus sırtlarında gerçekleşen volkanik aktiviteler bu sıcak malzemenin yüzeye vurduğu yerlere işaret eder. Sıcak malzeme sırtın diğer tarafına yayılır, okyanus havzasının her iki tarafındaki kıtaları birbirinden uzağa iter; en genç kayaçlar bugün sırtların yanında sertleşenlerdir, onlarca veya yüzlerce milyon yıl önce oluşmuş daha yaşlı kayaçlarsa sırtların uzağında yer alır ve yeni malzemeye yer açmak üzere buralara itilmişlerdir. Kıtaların okyanus kabuğuna sürte sürte gezmelerine de ihtiyaç yoktur; deniz tabanı araştırmaları buna ait bir kanıt sunmadıkları için bunun reddedilmesi de doğru olandır. Bu yolla yaratılan yeni okyanus kabuğu Atlantik'i yılda 2 santimetrelik (Holmes'un tahmininin yarısı kadar) bir hızla genişletmektedir. Hess'in modeli Holmes'unkiyle bazı benzerlikler içerir; temel fark Holmes temel fizik yasalarına dayalı olarak sadece genel konuşabiliyorken, Hess'in ne olduğuna ilişkin doğrudan kanıtlara sahip olması ve hesaplamalarında okyanus kabuğu ölçümlerinden elde edilen verileri kullanabilmesidir. Holmes haklı olarak kendi döneminde bu konuda pek az şey bilindiği için modelinde okyanus havzalarını büyük oranda göz ardı etmiştir. Hess'in çalışmasının 1960'lı yılların büyük bölümünü alan kabul görme sürecinin ardından okyanus havzaları, okyanus tabanlarının kabuğuyla bağlantılı aktivitenin sonucu olarak kıtaların yolculuklarına başladığı, kıtasal sürüklenmenin gerçekleştiği eylem yerleri olarak artık kabul görüyordu.

Atlantik giderek daha geniş bir alan kaplasa da bu, dünyanın bütün Atlantik havzasının oluşumunu (ölçümler sonucunda gerekli olan birkaç yüz milyon yıl, kabaca dünyanın yaşının yüzde beşidir) açıklamak için gereken hızda genişlediği anlamına gelmez. Konveksiyon akımları bazı yerlerde yukarı, bazı yerlerde

[7] Soğuk Savaş döneminde yer altında yapılan nükleer bomba denemelerinin ve depremlerin sonucunda ortaya çıkan sismik dalgaların araştırılması sayesinde günümüzde dünyanın iç yapısının genel özellikleri iyi bilinmektedir; ayrıntıları modern bilimin burada tartışmak için yer ayıramadığımız gündemleridir.

aşağı yönde hareket eder. Hess'in deniz tabanı yayılması modelinin ikinci kilit bileşeni, dünyanın bazı bölgelerinde (özellikle Pasifik Okyanusunun batı kıyısı boyunca) ince okyanus kabuğunun daha kalın kıtasal kabuğun kenarlarında alttaki mantoya yeniden girecek şekilde aşağıya doğru ittirildiğinin kabulüdür. Bu hem dünyanın bu bölgelerindeki çok derin okyanus hendeklerinin varlığını hem de Japonya gibi yerlerde deprem ve volkanların gerçekleşmesini açıklar; hâttâ Japonya gibi adaların doğuşunu tamamen deniz tabanı yayılmasının bu yönüyle bağlantılı tektonik aktivitelere[8] borçluyuz. Atlantik Okyanusu genişlerken Pasifik Okyanusu daralmaktadır. Bu süreç devam ederse en sonunda Amerika ve Asya çarpışarak yeni bir süperkıtaya biçim verecekler. Bu arada Kızıldeniz de kendi yayılan sırtıyla, dünyanın kabuğunu çatlatan ve Afrika'yı parçalamaya başlayıp Arabistan'ı doğuya doğru çekmeye başlayan, yeni bir yüzeye doğru akıntı bölgesine işaret etmektedir.

Modelin gelişimiyle birlikte, Atlantik'in genişlemesinin Amerika'yı batıya doğru, yüz milyonlarca yıl önce var olmuş daha geniş bir Pasifik havzası içerisinde daha az aktif bir yayılma bölgesini kaplamak üzere ittirmesi sonucu oluşan California'daki San Andreas Kırığı gibi olguları açıklamak da mümkün oldu. San Andreas gibi kırıklar bir süre sonra bazı yerbilimcilerce ileri sürülen yeni fikirleri destekleyen önemli kanıtlar da sundu. Buralarda birbirleri üzerine yığılı yerkabuğu blokları yılda birkaç santimetrelik bir hızla hareket ederler; bu yeni kıtasal sürüklenme modelinin gerektirdiği hızla kabaca aynı hızdır ve "katı" dünyanın hiçbir şekilde kalıcı bir coğrafi örüntüyle sabit olmadığının kanıtıdır. Daha iyisini bulamadığımız geleneksel benzetmeyle ifade edersek, deniz tabanı yayılması ağır çalışan ancak sürekli dönüp duran bir taşıyıcı kayışa benzer. Gezegenin tüm yüzeyi açısından bakarsak, artılar eksileri götürür ve gezegen büyüklüğü aynı kalır.[9]

---

[8] Kelime anlamıyla da Yunanca inşaatçı kelimesinden türeyen "inşa faaliyeti" anlamına gelir.

[9] Pangea'nın parçalanmasından bu yana dünya eğer gerçekten çok küçük bir miktar genişlemiş olsaydı eski süperkıtaların coğrafi canlandırımlarının daha uyumlu olacağı yönünde bazı kanıtlar da söz konusu. Bunun merak uyandırıcı olduğu kesin, ancak kanıtlar doğruysa bile bu etki ay-

Hess'in modeli ve onun dayandığı kanıtlar, buradan yola çıkarak dünyanın oluşumuna ilişkin tam bir kuram oluşturma gibi zorlu bir görevi başarmaya uğraşan yeni bir jeofizikçiler kuşağı için esin kaynağı oldu. 1962 yılında McKenzie henüz bir lisans öğrencisiyken Hess'in Cambridge'te yaptığı bir konuşma, bir takım çalışması denebilecek bu işin başını çekenlerden biri olan Cambridge Üniversitesinden Dan McKenzie'nin (doğumu 1942) imgelemini harekete geçirdi[10] ve onu modelin çözmesinin beklendiği sorunlar üzerine düşünmeye ve modeli destekleyici yeni kanıtlar bulmaya sevk etti. Bu konuşma Cambridge'te yaşça ondan biraz daha büyük olan jeofizikçileri de etkilemişti ve bunlardan ikisi, yüksek lisans öğrencisi Frederick Vine (doğumu 1939) ve onun tez sorumlusu Drummond Matthews (doğumu 1931) bir sonraki yıl yaptıkları ortak çalışmada jeomanyetik ters dönmelerle ilgili kanıtları kıtasal sürüklenmenin deniz tabanı yayılması modeliyle bağlantılandırdılar.

1960'lı yılların başına gelindiğinde dünyanın manyetik tarihi hakkında kıtalardan elde edilen veri birikimindeki artışın yanı sıra, araştırma gemilerine yedeklenen manyetometrelerle deniz tabanının çeşitli yerlerindeki manyetizma örüntüsü haritalandırılmaya başlandı. Bu ayrıntılı incelemelerden biri Pasifik'in kuzeydoğusunda Vancouver adası açıklarındaki Juan de Fuca Sırtı adıyla bilinen coğrafi bölgede gerçekleştirildi. Bu incelemeler deniz tabanındaki kayaçların içinde çizgili bir örüntü olduğunu ve bu çizgilerin hemen hemen kuzey-güney yönünü işaret ettiğini gösterdi; bir çizgide kayaçlar günümüzdeki jeomanyetik alanla uyumlu biçimde mıknatıslanırken, diğer çizgilerde kayaçlar zıt manyetizmaya sahip oluyordu. Bir yönü siyah, diğerini beyazla işaretlediğimiz bir haritada ortaya çıkan desen şekli, hafif bozulmuş bir çubuklu kod görünümündeydi. Vine ve Matthews bu desenin deniz tabanı yayılması sonucunda ortaya çıktığını düşündüler. Bir okyanus sırtından akan ve durulan eriyik kayaç, dünyanın o sıradaki alanına karşılık gelen bir manyetizmayla mıknatıslanırdı. Ancak kıtasal sürüklenme kanıtları, dünyanın manyetik ala-

rıntı düzeyindedir ve kıtasal sürüklenme modelinde esas etmen değildir.

[10] McKenzie'nin JG söyleşisi, 1967 yılı civarı

nının yönünün zaman zaman ters döndüğünü gösterdi.[11] Vine ve Matthews haklılarsa bu iki anlama geliyordu: Birincisi okyanus tabanındaki manyetik çizgi deseni, kıtasal kayaçların açığa çıkardığı jeomanyetik ters dönmelerin deseniyle ilişkili olmalı ve bu bize iki deseni karşılaştırma olanağı sunarak kayaçların manyetik tarihlendirilmesinde avantaj sağlamalıydı. İkincisi Hess'e göre kabuk okyanus sırtının her iki tarafına eşit olarak dağıldığı için bu tür bir sırtın bir tarafında görülen manyetizma deseni sırtın diğer tarafında görülen desenin ayna görüntüsü olmalıydı. Eğer öyleyse bu deniz yayılması modelinin dünyanın işleyişine ilişkin iyi bir betimleme olduğunun çok net bir doğrulaması olacaktı.

Kıtasal Sürüklenme Konusunda Diğer Gelişmeler

Deniz tabanı yayılması ve kıtasal sürüklenme konusunda Vine ve Matthews'un ileri sürdüğü görüşler oldukça anlamlı olmasına karşın 1963 yılında eldeki sınırlı verilerle kesin delil niteliği taşımıyordu. Ancak aradan fazla süre geçmeden Vine, Hess ve Kanadalı jeofizikçi Tuzo Wilson'la (1908–1993) beraber çalışarak fikri ilerletti ve dünyanın dört bir yanından gelen yeni manyetik verileri değerlendirerek tezini ikna edici hale getirdi. Wilson'un yaptığı temel katkılar arasında Atlantik Okyanusunun dibinde akan türden bir yayılan sırtın sürekli bir özellik taşımasının şart olmadığını, (geniş bir taşıyıcı kayış gibi değil de, yan yana duran bir dizi dar taşıyıcı kayış gibi) birbirlerinin yerini alan yan yana dar kısımlardan yapılı olabileceğini fark etmesiydi. Ayrıca Wilson yeni kıtasal sürüklenme modelinin tutarlı bir bütün haline getirilmesinde de önemli bir rol oynadı. Bu fikirlerin önde gelen bir savunucusu haline geldi; yerkabuğunun (okyanustaki, kıtalardaki veya ikisinin birleşimindeki) bükülmeyen sertlikteki, deniz tabanı yayılması ve kıtasal sürüklenmeyle bağlantılı kuvvetlerce hareket

[11] Bunun neden böyle olduğu hâlâ tam olarak bilinmiyor ancak dünyanın sıvı çekirdeğinde işleyen ve yok olup yeniden zıt yönde oluşan dinamo etkisinin bir sonucu olduğu düşünülüyor. Benzer bir içsel dinamoya sahip olduğu düşünülen güneşin yine benzer bir manyetik ters dönme örüntüsü geçirmesi, ancak bunun kabaca 11 yıl süren güneş lekesi döngüsüyle bağlantılı olarak çok daha hızlı ve çok daha düzenli gerçekleşiyor olması çok ilginçtir.

ettirilen bölümlerine "levha" adının verilmesini öneren de oydu.

Deniz tabanı yayılması modelinin nihai ve kesin kanıtı 1965 yılında *Eltanin* araştırma aracındaki bir ekibin Doğu Pasifik Yükselimi adıyla bilinen sırtta yaptıkları üç çapraz manyetik ölçüm sonucu elde edildi. Ölçümler Doğu Pasifik Yükselimiyle bağlantılı manyetik çizgiler ile Juan de Fuca Sırtındakiler arasında çarpıcı bir benzerlik olduğunu gösterdi. Yükselimin bir tarafındaki desen ile diğer tarafındaki desenin ayna görüntüsü arasındaki yanal simetri öylesine çarpıcıydı ki, haritalar sırtı gösteren çizgi boyunca yüz yüze katlandığında iki grafik birbirinin tam üzerine oturuyordu. Elde edilen sonuçlar 1966 yılı Nisan ayında Washington, DC'de gerçekleştirilen bir American Geophysical Union [Amerikan Jeofizik Birliği] toplantısında duyuruldu; ardından da *Science* dergisinde bir referans makale olarak yayımlandı.[12]

Kıtaların "Bullard Uyumu"

Bu arada kıtasal sürüklenmeyi destekleyen kanıtlar toplanması yönünden geleneksel yaklaşımda bir yükseliş yaşanmaya başlamıştı. 1960'lı yılların başında (bu sırada Cambridge'te Jeodezi ve Jeofizik Bölümü başkanı olmuş olan) Bullard, sürüklenme fikrini destekleyen jeolojik kanıtların artık modelin 1920'li ve 1930'lu yıllarda karşılaştığı zorlukların üstesinden geldiği düşüncesinin baş savunucularından biri olarak 1963 yılında Londra Jeoloji Derneğinin bir toplantısında kıtasal sürüklenmeyi savunan bir sunum gerçekleştirdi. Ertesi yıl kıtasal sürüklenme konusunda bu kez Kraliyet Derneğinde iki günlük bir sempozyumun düzenlenmesine önayak oldu; son çalışmaların tartışıldığı sempozyumda ironik bir biçimde en büyük etkiyi yaratan başlık, çok eski bir fikrin yeni bir versiyonu oldu: Pangea'nın yapboza benzer tarzda canlandırımı, nesnel bir yöntem iddiasıyla bir kürenin yüzeyinde hareket eden şeyleri açıklayan bir matematik kuralına dayalıydı (Euler teoremi) ve önyargısız, nesnel bir eşleşme sağlamak için bilgisayarla gerçekleştirilen, matematiksel olarak tanımlı "en uyumlu" sonucu elde etmek için yapılan gerçek bir canlandırımı içeriyordu. Sonuç Wegener'in kıtasal uyumuna çok benzerdi ve

[12] W. C. Pitman ve J. P. Heirtzler, *Science*, cilt 154, s: 1164–1171, 1966.

aslına bakarsanız bize yeni olan pek az şey söylüyordu. 1964 yılında insanlar elektronik bilgisayarlarla elde edilen sonuçlardan etkilenmeye açıktılar ve bundan daha önemlisi yeni kanıtların artan ağırlığı karşısında kıtasal sürüklenmeyi ciddiye alma konusunda kırk yıl öncesinin aksine çok daha istekliydiler. Psikolojik nedenler her ne olursa olsun, 1965 yılında yayımlanan[13] kıtaların "Bullard uyumu", kıtasal sürüklenme kuramının gelişim tarihinde tayin edici bir dönüm noktası oldu.

Levha Tektoniği

1966 yılının sonuna geldiğimizde kıtasal sürüklenme ve deniz tabanı yayılmasını destekleyen kanıtlar çok güçlü olmasına karşın henüz her şey toplam bir paket haline getirilmiş değildi. Jeofiziğin genç öncülerinin çoğu bunu ilk başaran kişi olma hevesiyle öne atıldı. Yarışı kazananlar (1966 yılında doktorasını yeni tamamlamış olan) Dan McKenzie ve çalışma arkadaşı Robert Parker oldu. İkili 1967 yılında *Nature* dergisinde yayımlanan makalelerinde[14] söz konusu fikirler bütünlüğü için levha tektoniği kavramını önerdiler ve bu kavramı kullanarak Pasifik bölgesindeki jeofiziksel aktiviteyi (bugün bilinen adıyla Pasifik levhası) ayrıntılı bir biçimde, levhaların bir kürenin yüzeyindeki hareketi yaklaşımıyla (yine Euler teoremi) betimlediler. Princeton Üniversitesinden Jason Morgan birkaç ay sonra buna benzer bir fikir daha geliştirdi ve henüz birçok başka ayrıntının tamamlanması gerekmesine karşın (bu konuda çalışmalar bugün de devam etmektedir) aynı yılın sonuna kalmadan bazı kaynaklarda ifade edilen biçimiyle "yer bilimlerinde devrim"[15] tamamlanmış oldu. Levha tektoniğinin esası şudur: Gezegenin sismik açıdan hareketsiz bölgelerinin bu sessizliğinin altında, katı levhalar bi-

---

[13] Blackett, Bullard ve Runcorn, *A Symposium on Continental Drift* [*Kıtasal Sürüklenme Sempozyumu*]

[14] Cilt 216, s: 1276-1280

[15] Şüphesiz bu bir devrim değildi; umarım ki, bilimin sabırla, yeni veriler elde edildikçe yeni modeller oluşturarak, yeni fikirlerin evrilmesiyle ilerlediğini anlatabilmişimdir. Bilimsel devrimler fikri, genelde bilimsel araştırmalara hiç katılmamış sosyologlar tarafından çok tutulan bir mittir.

çimlendirmiş olmaları yatar (altı adet geniş levha ile bunların arasındaki bir düzine küçük levha gezegenin tüm yüzeyini kaplamaktadır). Bir levha sadece okyanus kabuğundan veya sadece kıtasal kabuktan ya da her ikisinden birden oluşabilir; ancak dünya yüzeyinde gerçekleşen ilginç jeolojik aktivitelerin çoğu levhalar arasındaki sınırlarda, levha kenarlarında meydana gelir. Yapıcı kenarlar, daha önce gördüğümüz gibi okyanus sırtlarında yeni okyanus kabuğunun yapıldığı ve diğer tarafa taştığı bölgelerdir. Yıkıcı kenarlar, bir levhanın diğer bir levhanın kenarından aşağıya ittirildiği ve yaklaşık 45 dereceyle batarak tekrar alttaki magmada eridiği bölgelerdir. Son olarak da koruyucu kenarlar, kabuğun ne oluştuğu ne de bozulduğu, günümüzde San Andreas Kırığı boyunca gerçekleştiği gibi, levhaların dönerken birbirlerine yanlarından sürtündüğü bölgelerdir. Çok eski dönemlerden kalma dağ sıralarının ve bugünkü kıtaların orta yerinde bulunan eski deniz tabanlarının varlığı gibi kanıtlar, tüm bu tektonik aktivitelerin Pangea'nın parçalanmasının çok öncesinden bu yana hep olageldiğini ve kıpır kıpır dünyamızın yüzeyinde gerçekleşen bu hareketlilik sonucunda süperkıtaların değişik biçimlerde tekrar tekrar parçalanıp yeniden ortaya çıktıklarını göstermektedir.

1969 yılında Britanya'da Open University [Açık Üniversite] kurulduğunda bu fikirler ve levha tektoniği öğretisini oluşturan diğerleri, artık meslekten bilimciler içerisinde tanınıyor ve *Scientific American* ve *New Scientist* gibi popüler dergilerin sayfalarında yer bulabiliyordu; ancak henüz ders kitaplarına girmiş değildi. Günceli yakalama amacıyla Açık Üniversitede çalışan ekip yeni kurumun enerjik görünümüyle uyumlu olarak hızla kendi metinlerini oluşturdu; bu küresel levha tektoniği kuramı çerçevesinde kaleme alınan ilk metindi. Çizgiyi bir yerden çekmek gerektiği için, 1970 yılında, yer bilimlerinde "devrimin" gerçekleştiği on yılın sonunda *Understanding the Earth*'ün[16] [*Dünyayı Anlamak*] yayımlanması, (biraz keyfi olsa da) rahatlıkla kıtasal sürüklenmenin yeni gelenek haline geldiği an, dolayısıyla klasik bilimin son büyük zafer anı olarak kabul edilebilir.

[16] Editörler Gass, Smith ve Wilson



34. *Bullard'ın bilgisayar yardımıyla ulaştığı, Atlantik'in ortaya çıkışının öncesinde kıtaların uyumu resmi.*

Kıtaların sürüklenmiş olduğunun bir olgu olarak kanıtlanarak kabul edilmesi, dünyanın diğer özelliklerinin, özellikle de canlılar ile değişen küresel iklim arasındaki ilişkinin anlaşılması için yeni bir temel sağladı. Bu bakışın yakalanmasının önemini bir örnekle açıklayabiliriz. Alfred Russel Wallace Malezya Takımadalarında geçirdiği zaman esnasında kuzeybatıdaki türler ile güneydoğudaki türler arasında çok açık bir farklılık olduğunu tespit etmişti. Asya ve Avustralya arasındaki bu bölge büyüklükleri Borneo ve Yeni Gine'den çok küçük atollere dek uzanan adalarla hemen hemen tamamen dolmuş durumdadır ve ilk bakışta türlerin her iki yönde hareketini engelleyen sınırlar söz konusu değildir. Buna rağmen Wallace haritada Borneo ile Yeni Gine arasında

güneybatıdan kuzeydoğuya doğru uzanan dar bir şeridi işaretleyebileceğimizi (bugün Wallace çizgisi olarak bilinir) ve bu geçiş bölgesinin kuzeybatısında karakteristik bir Asya faunası, güneydoğusunda ise yine ayırıcı özellikte bir Avustralya faunası olduğunu ve bu ikisi arasında hemen hiç bulaşma olmadığını buldu. Bu o dönemde büyük bir gizemdi ama levha tektoniği bağlamında açıklanması mümkündür. Modern çalışmalar güneydeki süperkıta Gondvana'nın kırılması esnasında ilkönce Hint-Asyanın koptuğunu ve gittiği kuzeybatı yönünde doğal seçilimin geride bırakılan Avustralya-Antarktika'da devrede olanlardan farklı evrimsel baskılar uyguladığını ortaya çıkarttı. Tektonik aktivitenin daha sonraki bir aşamasında Avustralya-Yeni Gine Antarktika'dan koptu ve (kıtasal sürüklenme ölçütleri açısından) hızla kuzeye doğru hareket ederek sonunda Asya'ya dek ulaştı. Bu iki kıtanın tekrar yakınlaşmasıysa yakın bir dönemde oldu ve henüz Wallace çizgisinin iki tarafındaki türlerin birbirleriyle karışarak kaynaşması için yeterli zaman geçmedi. Aslında Wegener de bu olasılığa ilişkin bir yorumda bulunmuştu (1924'te kitabının üçüncü baskısında bunu yazdığında Darwin ve Wallace'ın doğal seçilim kuramını yayımlamalarının üzerinden sadece altmış beş yıl, Wallace'ın ölümünün ardından da sadece on bir yıl geçmişti), ancak kanıtlanması levha tektoniği kuramına nasip oldu.

Kıtasal sürüklenme dünyada yaşamın evrimiyle birçok yönden bağlantılıdır; özellikle de konumuz olan bilimin insanlık ile büyük evren arasındaki ilişkiyi nasıl daha iyi anlamamızı ve her yeni keşifle insanlığın sahnenin merkezinden uzaklaştığını görmemizi sağladığı konusuyla yakından ilgilidir. Charles Darwin (ve elbette Wallace) evrimin işleyişini açıkladı ama bunu başarmadan önce o bir jeologtu ve modern kavrayışla anladığımız, bizim türümüzü biçimlendirmek için kıtasal sürüklenme ile iklimin nasıl bir araya geldiğini öğrenmek eminiz onda da büyük bir ilgi ve keyif uyandırırdı. Hikâyemiz buzul çağıyla başlıyor.

Buzul Çağının Hikâyesi: Jean de Charpentier

On dokuzuncu yüzyıla henüz gelmeden bile Avrupa'daki buzullaşmanın geçmişte bugünkünden çok daha yaygın olduğunu düşü-

nen insanlar vardı. Bunun en bariz kanıtı, ait oldukları tabakadan uzağa o zamandan bu yana tekrar eriyerek küçülmüş buzullarla taşınarak atılmış dev blok parçaların varlığıdır. Bu yüzden "eratik blok" adı verilen bu buzul kayalara ilk dikkat çeken kişinin 1787 yılında Bernard Kuhn adlı bir İsviçreli olması şaşırtıcı değildir. Şaşırtıcı olan onun bir rahip olmasına rağmen bu fikre ulaşmış olmasıdır; dağ halkı buzulların etkileriyle gündelik temasından hangi kanıtları elde ederse etsin, o dönemde tüm bu olguların Nuh Tufanının etkileriyle açıklanabileceği genel kabul görüyordu. Hemen herkes bu genel bilgiyi doğru kabul etmekteydi ve eratik blokların açıklaması olarak buzullaşmayı savunanlar sonraki on yıllarda da hep çok küçük bir azınlık olarak kalacaktı. Bu azınlık grup içerisinde Jura Dağlarına yaptığı bir gezide gördüğü kanıtlarla ikna olan James Hutton, 1820'lerde yazan Norveçli Jens Esmark, Esmark'ın çalışmasından haberdar olan ve 1832'de yazdığı makalede kutup buz kepinin eskiden güneye doğru Almanya'nın merkezi bölgelerine dek uzanmış olduğunu ileri süren Alman Reinhard Bernhandi bulunuyordu. Bundan bir yıl sonra Charles Lyell eratiklerin buzullar değil buz tarafından taşındığı fikrini ortaya attı; *Principles of Geology*'nin üçüncü cildinde büyük blok parçaların Büyük Tufan'la birlikte yüzeyde sürüklenen buz döşekler üzerinde veya buzdağlarının içerisinde taşınmış olabileceğini ileri sürdü. Nihayetinde bizi bütünlüklü bir buzul çağı modeline ulaştıracak olan zincirin başlangıcını sağlayan kişi, on dokuzuncu yüzyıl biliminin büyük isimleri değil, İsviçreli dağcı Jean-Pierre Perraudin[17] oldu.

Perraudin bugün karlı/buzlu niteliğini yitirmiş yüksek dağ vadilerinde hava değişimlerinden kolayca etkilenmeyen katı kayaç yüzeylerin, üzerlerine güçlü bir baskı uygulayan bir şey tarafından berelenmiş olduklarını gözlemledi ve bunun en uygun açıklamasının bunların eski buzulların sürtünmesiyle oluşmuş kayaçlarla oyulmuş olmaları olduğunu fark etti. 1815 yılında bu fikirlerini o dönemde maden mühendisi olmasının yanı sıra mesleğinin sınırlarının çok ötesinde bir jeoloji ilgisine sahip, iyi tanınmış bir natüralist olan Jean de Charpentier'le yazışarak

[17] Modern sporcu anlamıyla bir dağcı değil, geçimini dağlardan sağlayan kişi anlamındadır; bu örnekte bir dağ keçisi avcısıyla karşı karşıyayız.

paylaştı. 1786 yılında Johann von Charpentier adıyla Alman kenti Freiberg'de doğmuş ancak 1813'te İsviçre'ye yerleşerek adının Fransız versiyonunu almış; hayatının geri kalanında burada kalarak 1855 yılında ölünceye dek Aar vadisindeki Bex'te yaşamıştı. De Charpentier eratiklerin o dönemdeki yerlerine suyla taşınmış olduğu fikrini etkileyici bulmadığı gibi, buzullarca taşınması fikrini de o dönemde kabul edilemeyecek kadar ölçüsüz buldu. Yine de Perraudin cesareti kırılmaksızın kendisini dinleyen herkesle kanıtlarını paylaşmayı sürdürdü ve sonunda bir yol mühendisi olan ve mesleği de Charpentier gibi jeoloji konusunda geniş bir bilgi gerektiren Ignace Venetz şahsında kendisine sempatiyle bakan bir taraftar buldu. Elde edilen kanıtlar Venetz'i giderek daha fazla ikna etti; bunlar içerisinde Flesch buzulunun bittiği yerin birkaç kilometre ötesinde bulunan ve buzulun vadinin içlerine doğru uzanmış olduğu dönemden kalmışa benzeyen uçtaki buzultaşları (buzulların sonunda kalmış jeolojik süprüntü kümeleri) görünümündeki moloz yığınları da vardı. 1829 yılında, İsviçre Doğa Bilimleri Derneğinin yıllık toplantısında eskiden yaşanmış bu buzullaşmayı savunan bir sunum gerçekleştirdi ve ikna ettiği tek kişi fikirlerinin bazılarını önceden tartışmış olduğu eski tanıdığı de Charpentier oldu. Ardından bayrağı de Charpentier devraldı ve sonraki beş yıl boyunca daha fazla kanıt toplayarak 1834 yılında Doğa Bilimleri Derneğine bir öncekinden daha dikkatli hazırlanmış bir sunum yaptı. Bu kez tek bir kişi bile ikna olmadı (bunda Lyell'in buz tarafından taşınma modelinin eratiklerin varlığını Büyük Tufan yaklaşımı yönünden açıklamasının bazı gizemleri çözüyor gibi gözükmesinin bir rolü de oldu). Yine de dinleyicilerden biri olan Louis Agassiz ileri sürülen iddiadan o kadar rahatsız oldu ki, bilimin güzel geleneğine uygun olarak bu tezin yanlışlığını kanıtlamak ve bu saçmalığın nihai olarak reddedilmesini sağlamak amacıyla kolları sıvadı.

Louis Agassiz ve Buzul Modeli

(Jean Louis Rodolphe adıyla vaftiz edilmesine karşın her zaman Louis adıyla çağrılan) Agassiz, hareketli bir genç adamdı. 28 Mayıs 1807 tarihinde Motier-en-Vuly, İsviçre'de doğdu. Zürih, Hei-

delberg ve Münih'te tıp okuduktan sonra 1831'de Paris'e gitti ve burada (hayatının son demlerini yaşayan) Georges Couvier'den etkilendi. Şimdiden paleontolojiye ilgi duymaya başlamıştı ve kısa süre içerisinde fosil balıklar konusunda dünyanın en önde gelen uzmanı oldu. 1832 yılında Agassiz büyüdüğü bölgenin başkenti olan Neuchâtel'de kurulan yeni bir doğa tarihi müzesi ve koleje doğa tarihi profesörü olarak atandı. İsviçre'nin bu bölgesi o dönem ilginç bir ikili statüye sahipti. 1707 yılından başlayarak Fransızca konuşulan bir bölge olmasına rağmen (kısa bir Napoléoncu hükümdarsızlık dönemi hariç) Prusya Kralının hâkimiyeti altında kaldı. 1815 yılında Neuchâtel İsviçre Konfederasyonuna katıldı ancak Prusya'ya olan bağlılığı resmi olarak ne tanındı ne de kaldırıldı (Agassiz'in Almanya'da okumasının nedenlerinden biridir) ve yeni kolej Prusya fonlarıyla desteklendi. Görevine başladığında Agassiz zaten de Charpentier'i tanıyor (Agassiz Lozan'da okurken öğrenciyken karşılaşmışlardı), kendisine sevgi ve saygı duyuyordu; yaşlı adamı tatilde çalışma amaçlı ziyaret etmiş ve beraberce Bex civarındaki bölgenin jeolojisini incelemişlerdi. De Charpentier Agassiz'i büyük bir buzullaşma olduğuna ikna etmeye çalıştı; Agassiz de olmadığına ilişkin kanıtlar bulmaya uğraştı.

Yine de 1836 yılında Charpentier'le birlikte Bex bölgesinde jeologluk yaparak geçirdikleri bir yazın ardından Agassiz ikna oldu ve din değiştirenlerin protestan hararetini kuşanmışçasına bu fikri yayma çalışmalarına başladı. 24 Haziran 1837'de İsviçre Doğa Bilimler Derneğinin seçkin üyelerini şaşırtarak başkanı olduğu topluluğa beklendiği üzere fosil balıklar konusunda değil, buzul modelini tutkuyla destekleyen bir sunum yaptı ve sunumunda buzul çağı kavramını kullandı (*Eizeit*; Agassiz kavramı arkadaşı ve meslektaşı botanikçi Karl Schimper'den almıştı). Bu sefer fikir bir dalgalanma yarattı. İnsanlar ikna olduğu için değil, başkan pozisyonunda olduğu için bu kez göz ardı edilmesi mümkün değildi. Tereddüt duyan dernek üyelerini peşine takıp dağlara çıkartarak kanıtları bizzat görmeye ikna etti, onlara bu gezilerde buzullaşmadan kalan sert kayalardaki izleri gösterdi (katılanlardan bazıları bunların geçen araçların tekerleklerinden kalmış olabileceğini iddia ettiler). Meslektaşları etkilenmemişti ancak Agassiz buzul çağları modelini destekleyen nihai kanıtları bulmakta kararlıydı ve vazgeçmedi.

Bu amaçla Aar buzulu üzerinde küçük bir gözlem istasyonu kurdu ve buzun içine kazıklar batırarak ve ne hızla hareket ettiklerini not ederek buzun hareketini ölçmeye başladı. Sonraki üç yaz yaptığı ziyaretler sonucunda şaşırarak buzun beklediğinden daha hızlı hareket ettiğini ve üzerinde çok büyük blok parçalar taşıyabildiğini keşfetti. Bu keşiflerinin heyecanıyla Agassiz 1840 yılında (Neuchâtel'de özel yayın olarak) kitabı *Études sur les Glaciers*'i [*Buzul Araştırmaları*] yayımladı ve buzul çağları modelini kamuoyunda tartışmaya açtı.

Kitabı beklediğinden de çok ilgi gördü. Bütün gezegenin bir zamanlar buzla kaplı olduğunu ileri süren ve derdini böylesi bir dille aktaran bir bilimciyi oturup (aleyhinde veya lehinde olunsun) dinlememek çok zordur:

> Bu dev buz örtülerinin gelişimi, yeryüzündeki bütün organik yaşamın yıkımına sebep olmuş olsa gerektir. Daha önce tropik bitkilerle kaplı ve dev fil sürüleri, kocaman hipopotamlar ve devasa etoburlara ev sahipliği yapan Avrupa toprakları birdenbire göz alabildiğince yayılmış buzla kaplı düzlükler, göller, denizler ve platoların altına gömüldü. Onu ölümün sessizliği izledi... kaynaklar kurudu, akarsuların akışı durdu ve bu donmuş kıyıların üzerinden doğan güneş ışınlarını... bu dev buz okyanusunun yüzeyine doğru uzanırken sadece kuzey rüzgârlarının uğultusu ve buzul yarıklarının gürlemeleri karşılamaya başladı.

Bu abartılı anlatım, 1841 yılında buzul çağı modelinin daha az süslü (ve daha az eğlenceli) bir anlatımını yayımlayan de Charpentier'yi bile kızdırmayı başardı. Bununla kalmadı, Agassiz'in buzul çağı versiyonunu afetçi kampa yerleştirdi ve kitaptaki "birdenbire" ifadeleri Lyell ve takipçilerinden onay alma şansını da azalttı. Yine de yeni kanıtlar ortaya çıkarak birikmeye devam etti ve sonunda en azından bir büyük buzul çağının yaşanmış olduğu reddedilemez hale geldi, çok geçmeden Lyell bile modelin afetçi tuzaklardan temizlenip tekbiçimciler için kabul edilebilir hale getirilebileceğine ikna oldu.

Bundan birkaç yıl önce Agassiz fosil balık koleksiyonları üzerinde çalışmak amacıyla Britanya'ya gelmiş ve bir süre Oxford'da

William Buckland'le kalarak Lyell'in bu eski akıl hocasıyla (ancak halen bir afetçiydi) arkadaş olmuştu. Agassiz'in Neuchâtel'deki konuşmasıyla meslektaşlarını şaşırtmasından bir yıl sonra Buckland Freiberg'de Agassiz'in fikirlerini açıkladığı bir bilimsel toplantıya katıldı ve ardından kanıtları kendi gözleriyle görmek için eşiyle beraber Neuchâtel'e gitti. Durum ilgisini çekti ancak hemen ikna olmadı. 1840 yılında Agassiz fosil balık araştırması için bir Britanya yolculuğuna daha çıktı ve British Association for the Advancement of Science'ın [Britanya Bilimsel İlerleme Derneği] (o yıl Glasgow'da yapılan) yıllık toplantısına katılma fırsatını buz çağı modelini sunmak için değerlendirdi. Toplatının ardından Agassiz, Buckland ve başka bir jeolog Roderick Murchison'la (1792–1871) beraber İskoçya'da bir saha araştırma gezisine çıktı ve burada elde ettikleri modeli destekleyen kanıtlar nihayet Buckland'i Agassiz'in haklılığına ikna etti. Ardından Agassiz İrlanda'ya geçerken, Buckland Charles ve Mary Lyell'in Glasgow toplantısından sonra kalmaya gittikleri Kinnordy'ye iade-i ziyarete gitti. Birkaç gün içerisinde buzullaşmaya ilişkin evin hemen civarından kanıtlar elde etmesinin avantajıyla Lyell'i ikna etti ve 15 Ekim 1840'da Agassiz'e şöyle yazdı:

> Lyell kuramını *in toto*[18] benimsedi!! Ona babasının evinden üç kilometre kadar uzakta çok güzel bir moren kümesi gösterince, tüm hayatı boyunca onu sıkıntıya sokan bir sürü sorunu çözdüğü için anında kabul etti. Senin kuramınla sadece bunlar değil, bitişik bölgelerin yarısını kaplayan benzer morenler ve moren döküntüleri de izah edilebiliyor ve o da benim tüm bunları derhal bir bölge haritasına dökmesi ve senin Jeoloji Derneğine çıkacağın günün ertesinde okunacak bir makalede betimlemesi yönündeki önerimi uygun buldu.[19]

Lyell'le yapılan konuşma göründüğü kadar dramatik değildi, çünkü (alıntıda da görüldüğü gibi) daha öncesinde bu jeolojik varlıkların kökeni konusunda kaygı duymaya başlamıştı; 1834'te İsveç'e de gitmişti ve hemen bu yönde bir yorumda bulunmamasına kar-

[18] (*Lat.*) tamamen -çn.

[19] Elizabeth Carey Agassiz'den alıntılandı.

şın buzullaşma kanıtlarını hiç fark etmemiş olması düşünülemezdi. Büyük Tufan'la (halen tercih edilen alternatif) karşılaştırıldığında buzullaşma *tekbiçimciydi* ve sonuç olarak bugün dünyada buzullar vardır.

Buckland bu mektubunda Agassiz'in konuşmacı olarak kabul edildiği Jeoloji Derneğinin Londra'da yapılacak bir toplantısından bahsediyordu. Sonuç itibariyle Agassiz, Buckland ve Lyell'in hepsi de buzul çağını destekleyen makaleleri derneğin iki toplantısına yayıldı ve 18 Kasım ve 2 Aralık tarihlerinde okundu. Modelin tam kabul görmesi için bir yirmi yıl daha geçmesi gerekecekti, yine de Buckland ve Lyell gibi saygın jeoloji şöhretlerinin fikri yaymaya giriştikleri bu iki toplantıyı buzul çağı modelinin kabul görmeye başlama anı olarak tespit edebiliriz. Yanıtlanması gereken sıradaki büyük soru, bir buzul çağında dünyayı soğutan şeyin ne olduğuydu. Bu sorunun nasıl yanıtlandığına geçmeden önce 1840'tan sonra Agassiz'e ne olduğuna kısa bir göz atalım.

1833 yılında Agassiz Heidelberg'te öğrenciyken tanıştığı Cécile Braun adlı bir kızla evlendi. Çift başlangıçta çok mutluydu ve bir oğulları (1835 doğumlu Alexander), ardından iki kızları (Pauline ve Ida) oldu. Ancak 1840'lı yılların ortalarında ilişkileri bozuldu ve 1845 yılı baharında Cécile İsviçre'den ayrılarak Almanya'daki ağabeyinin yanına yerleşti; iki kızını yanına alırken oğlunu İsviçre'deki eğitimini tamamlaması için ardında bıraktı. Bu dönemde Agassiz başarısız bir yayıncılık girişimine yaptığı düşüncesiz bir yatırım yüzünden (evliliğin bozulmasına neden olan etmenlerden biri de buydu) ağır mali sorunlar yaşıyordu. Arkaplanda yaşanan bu koşullar içerisinde 1846 yılında Avrupa'dan ayrılarak Yeni Dünyadaki jeolojik varlıkları kendi gözleriyle görmek ve Boston'da bir dizi ders vermek amacıyla bir yıl sürmesi planlanan bir ABD yolculuğuna çıktı. Hem gördüğü (bazıları gemisinin Boston'a gitmeden önce durduğu Yeni İskoçya'nın Halifax kentindeki limana yürüyüş mesafesinde olan) buzullaşma kanıtlarının bolluğu hem de buzul çağları konusundaki görüşlerinin Atlantiğin öte yakasına ulaşmakla kalmayıp çok sayıda Amerikalı yerbilimci tarafından kabul gördüğünü keşfetmek onu çok memnun etti. Amerikalı jeologlar da Agassiz'in varlığından çok memnundular ve ondan kalmasını istediler. 1847 yılında Harvard'da ona güvenli akade-

mik koşullar sağlamasının yanı sıra mali sorunlarını da çözen, kendisine özel bir öğretim üyeliği makamı açtılar. Zooloji ve jeoloji profesörü olarak yaşamının geri kalanını orada geçirerek 1859 yılında (Darwin'in *Origin*'inin yayımlandığı yıl) Karşılaştırmalı Jeoloji Müzesini kurdu. Agassiz'in varlığı, doğa olgularının doğrudan pratik araştırma gerektirdiğini vurgulayan ders anlatım tarzının ABD'deki gelişiminde büyük rolü oldu; ayrıca bilime olan ilginin kampüslerin dışına taşmasına yardımcı olan popüler dersler de verdi. Kimse mükemmel değildir; hayatının sonuna doğru yaklaşan Agassiz doğal seçilim kuramının doğruluğunu kabul etmedi.

Amerika'ya taşınma hamlesi, hem kişisel hem siyasal nedenlerle tam zamanında yapılmıştı. 1848'de Avrupa'daki devrimci eylem dalgası Neuchâtel'i de içine çekti ve Prusya'yla ilişkiler bozuldu. Kolej (1838'de akademi statüsüne yükselmiş ve Agassiz ilk rektörü olmuşu) fonlarını kaybetti ve kapandı. Avrupa'daki karışıklık çok sayıda doğabilimciyi Atlantik'in ötesine taşıdı; bunlardan bazılarının Agassiz'le birlikte çalışmaya gelmesi Harvard'daki çalışmanın düzeyini de sıçrattı. 1848'de Avrupa'dan gelen bir başka haber Cécile'in tüberkülozdan öldüğünü bildiriyordu. Pauline ve Ida İsviçreli büyükanneleri Rose Agassiz'in yanına gittiler, erkek kardeşleri (bir yıl önce Freiburg'ta aileye katılmıştı) okulunu bitirmek için Freiburg'ta amcasının yanında kaldı. 1849 yılında Alexander Cambridge, Massachusetts'teki Louis'in yanına geldi; sonunda da çok başarılı bir doğabilimci ve Agassiz ailesinin soyağacında Amerika kanadının kurucusu oldu. 1850'de Louis ikinci evliliğini Elizabeth Cary'yle yaptı ve o sırada 13 ve 9 yaşlarında olan iki kızını aileye katılmaları için Avrupa'dan Amerika'ya getirdi. Yeni ülkesinde ev hayatında mutluluk ve akademide başarıyla dolu neredeyse bir yarım yüzyıl yaşadı ve 14 Aralık 1873 tarihinde Cambridge'te öldü.

Astronomik Buzul Çağı Kuramı

Yer yer buzul çağlarının astronomik kuramı olarak adlandıran şeyin kökeni, on yedinci yüzyıl başlarında Johannes Kepler'in gezegenlerin güneş etrafındaki yörüngelerinin çember değil, elips biçiminde olduğunu keşfetmesine dek uzanır. Hikâyenin asıl baş-

langıcı ise, Agassiz'in buzul çağı üzerine kendi kitabını yayımlamasından bir süre sonra, 1842 yılında Fransız matematikçi Joseph Adhémar'ın (1797–1862) *Révolutions de la mer* [*Denizin Devrimleri*] adlı kitabını yayımlamasıdır. Dünya güneşin etrafında elips çizdiği için, yörüngesinin bir bölümünde (yılın bir bölümünde) güneşe, yörüngesinin diğer bölümüne göre (yılın diğer yarısı) daha yakındır. Ayrıca dünyanın dönme ekseni, dönen dünya ile güneşi birleştiren bir çizgiye göre dikey yönden 23½ derecelik bir açıyla yana yatıktır. Dünyanın dönmesinin jiroskopik etkisi yüzünden yıllar veya yüzyıllarla ölçülen bir zaman ölçeğinde bu eğiklik yıldızlara göreli olarak her zaman aynı yönü gösterir; bu dünya güneş etrafında döndükçe önce bir yarımkürenin, ardından diğerinin güneşe doğru eğildiğini ve güneşin sıcaklığından faydalandığı anlamına gelir. Mevsimlerin olmasının nedeni budur.[20] Her yıl 4 Temmuzda dünya güneşten en uzak mesafede, 3 Ocakta en yakın mesafededir; ancak aradaki fark güneşten ortalama uzaklığı olan 150 milyon kilometrenin yüzde 3'ünden az bir miktar eder. Dünya kuzey yarımküre yazı sırasında güneşe en uzak mesafededir ve bu yüzden yörüngesinde en yavaş hareket ettiği zaman da budur (Kepler yasalarını hatırlayın). Adhémar (doğru) bir akıl yürütme sonucunda, dünya güney kışı sırasında daha yavaş hareket ettiği için kışın Güney Kutbunda yaşanan gece saatleri toplamının, aynı bölgenin güney yazında dünyanın yörüngesinin karşı ucunda olduğu ve en hızlı hareket ettiği zamanda aldığı kesintisiz gün ışığı saatleri toplamından daha uzun olduğunu söyledi. Bunun güney kutup bölgesinin yüzyıllar geçtikçe soğuması anlamına geldiğine ve (halen büyüdüğünü düşündüğü) Antarktika buz kepinin de bunun kanıtı olduğuna inanıyordu.

Eliptik Yörünge Modeli

Ama aynı şey tersten de olabilirdi. Tıpkı dönen bir top gibi dünya döndükçe yalpalar ancak bir çocuğun topundan çok daha büyük olduğu için, yalpalama (ekinoksların devinmesi olarak adlandırılır) yavaş ve azametlidir. Neden olduğu sapma yüzünden

[20] Binlerce ve on binlerce yıllık zaman ölçeğinde eğiklik çeşitli yalpalamalara maruz kalır, birazdan buna da değineceğiz.

dünyanın dönme ekseninin yıldızlara göreli hareketinde gökyüzünde bir çemberi tamamlaması ancak 22.000 yılda bir olur.[21] Dolayısıyla 11.000 yıl önce eliptik yörüngeye göreli mevsim örüntüsü tersine dönmüştü: Dünyanın güneşten en uzak olduğu ve en yavaş hareket ettiği sırada *kuzey* kışları gerçekleşiyordu. Böylelikle Adhémar alternatif bir buzul çağları döngüsü öngördü; buna göre önce güney yarımküre, ardından 11.000 yıl sonra kuzey yarımküre buzla kaplanıyordu. Bir buz çağının sonunda donmuş yarımküre ısınınca onun kafasındaki resme göre denizler dev bir buz kepinin tabanını yiyerek onu mantar şekli alacak şekilde kemiriyor, en sonunda kalan kütlenin tümü okyanusa gömülüyor ve diğer yarımküreye doğru ilerleyen dev bir dalga yolluyordu ki, kitabının başlığı da buradan geliyordu. Aslına bakılırsa Adhémar'ın modeli, suya çöktüğünü düşündüğü buz örtüleri kadar sallantılı bir modeldi. Dünyanın bir yarımküresi ısınırken diğerinin soğuması fikri düpedüz yanlıştı. 1852 yılında Alman bilimci Alexander von Humboldt'un (1769–1859) dikkat çektiği gibi, Fransız matematikçi Jean d'Alembert'in (1717–1783) çalışmalarından beri yüz yıldan fazla bir süredir yapılan astronomik hesaplamalar, Adhémar'ın dayandığı soğuma etkisinin, aynı yarımkürenin yazın dünya güneşe en yakın olduğu sırada aldığı fazladan ısı tarafından tam olarak dengelendiğini gösteriyordu (tam olması gerekir, çünkü her iki etki de ters kare yasasına dayanmaktadır). Bir yıllık süre içerisinde bir yarımkürenin aldığı toplam ısı miktarı ile yıl boyunca diğer yarımkürenin aldığı toplam ısı miktarı her zaman aynıdır. Elbette yirminci yüzyılda jeolojik tarih kavrayışı geliştikçe ve radyoaktif tarihlendirme teknikleri mümkün olmaya başlayınca kuzey ve güney buzullaşmalarının birbirlerinden 11.000'er yıl sonra gerçekleştiği bir örüntünün var olmadığı ortaya çıktı. Adhémar'ın modeli yanlış olmasına karşın, kaleme aldığı kitap hikâyemizdeki yörünge etkilerinin iklime etkilerini düşünecek bir sonraki kişinin ortaya çıkışını tetikledi.

[21] Modern hesaplamalar aslında döngünün, daha uzun zaman ölçeklerinde, güneş sistemindeki başka cisimlerle kütleçekim etkileşiminin bir sonucu olarak 23.000 ile 26.000 yıl arasında değiştiğini gösterdi.

James Croll

James Croll 2 Ocak 1821'de Cargill, İskoçya'da doğdu. Ailesinin küçük bir toprak parçası vardı ancak esas gelir kaynağı Croll'un babasının taş ustalığıydı. Bu ailesini çiftlik işleriyle baş başa bırakıp zamanının çoğunu seyahatlerle geçirmesi anlamına geliyordu. James çocukken sadece temel eğitim aldı ama büyük bir tutkuyla okuyarak temel bilimsel bilgileri kitaplardan edindi. Değirmencilikten başlayarak çeşitli esnafların yanında çalıştı ve "zihninin soyut düşünmeye yönelik sahip olduğu güçlü doğal eğilimin her nasılsa gündelik çalışmanın pratik ayrıntılarına uygun olmadığını" keşfetti.[22] Ergenlik döneminde geçirdiği bir kaza sonucu sakatlanan sol dirseği neredeyse kullanılamaz hale gelene dek kötüleşince durum daha da sorunlu hale geldi. Bu belki Croll'un çalışma olanaklarını azalttı ama ona düşünmesi ve okuması için daha fazla zaman sağladı. 1857 yılında Londra'da basılan *The Philosophy of Theism* [*Teizmin Felsefesi*] adında bir kitap yazdı ve kitaptan hiç de fena olmayan bir gelir elde etti. İki yıl sonra Glasgow'daki Andersonian Koleji ve Müzesine hizmetli olarak yerleşerek kendi yapısına uygun bir iş buldu. "Aslına bakılırsa" diye yazıyordu, "daha önce hiç bana bu kadar uygun bir yer bulamamıştım... Maaşım azdı, doğru, hayatta kalmam için gerekenden biraz daha fazlaydı sadece; ama bunu benim için telafi eden başka şeyler de vardı". Andersonian'ın sessiz ve sakin, düşünmek için bol zamanın olduğu, mükemmel bilim kütüphanesine giriş hakkını kastediyordu. Croll'un burada okuduğu şeylerden biri de Adhémar'ın kitabıydı; üzerine düşündüğü şeylerden biri de dünyanın yörüngesinin şeklindeki değişikliklerin iklimi etkileme biçimleriydi.

Dünyanın yörüngesinin zamanla değişmesi fikri üzerine ayrıntılı bir analiz yapan ilk kişi Fransız matematikçi Urbain Leverrier'di (1811–1877). Leverrier 1846 yılında Neptün gezegeninin keşfinin yolunu açan çalışmasıyla tanınır [ondan bağımsız olarak aynı hesaplamaları İngiltere'de John Couch Adams (1819–1892) yapmıştır]. Bu Newton yasaları temelinde Neptün'ün

[22] Croll'un otobiyografik portresi için *bkz.* Irons. Croll'dan yapılan diğer alıntılar da aynı kaynaktandır.

varlığını öngörmekle kalmayıp bilinen bütün gezegenlerin birbirleri üzerindeki kütleçekim etkilerine izin verildikten sonra, diğer gezegenlerin yörüngelerinin görünmeyen bir kütleçekim etkisi sonucu tedirgeneceğini tahmin eden son derece önemli bir çalışmaydı. Ve aslında, 1781 yılında antik dönemden beri keşfedilen ilk gezegen olduğu için büyük heyecan uyandıran William Herschel'in (1738–1822) Uranüs'ü keşfetmesinden çok daha derin bir önem taşıyordu. Herschel'inki şanslı bir keşifti (dünyadaki en iyi teleskobu imal etmek ve olağanüstü bir gözlemci olmak hariç şüphesiz). Neptün'ün varlığı (1758'de Halley kuyrukluyıldızının geri dönüşü gibi) matematiksel olarak öngörülmüştü; bu Newton yasalarının ve bilimsel yöntemin büyük bir zaferi ve doğrulamasıydı. Yapılan öngörü, bu bilgisayar öncesi günlerde kalem ve kâğıtla yapılan inanılmaz derecede emek isteyen hesaplamalara dayanıyordu ve harcanan bu emeğin meyvelerinden biri de yaklaşık 100.000 yıllık bir zaman ölçeğinde dünyanın yörünge şeklinin nasıl değişeceğine ilişkin şimdiye dek yapılmış en doğru analiz oldu. Yörünge bazen elipse bazen de çembere daha yakın bir şekil alıyordu. Bütün gezegenin tüm yıl boyunca aldığı *toplam* ısı miktarı aynı olmasına karşın, yörünge daireselken gezegenin güneşten aldığı ısı miktarı tüm yıl boyunca her hafta aynıydı; yörünge daha eliptikken güneşe yakın olduğunda bir hafta içinde yörüngesinin diğer ucunda olduğu zamana oranla daha fazla ısı alıyordu. Croll bundan kuşkulandı: Acaba buzul çağları bununla açıklanabilir miydi?

Geliştirdiği model bir buzul çağının hangi yarımküre çok sert kışlara maruz kalıyorsa orada gerçekleşeceğini varsayıyordu. Leverrier'in hesapladığı eliptiklikteki değişiklikler ile ekinoksların devinme etkisini birleştirerek ulaştığı modelde her yarımküredeki alternatif buzul çağları yüz binlerce yıl sürecek bir buzul dönemine gömülüyordu. Bu modele göre dünya yaklaşık 250.000 yıl önce başlayan ve 80.000 yıl öncesine dek süren bir buzul dönemi geçirmiş, bu süreden beri de buzularası adını verdiği iki buz dönemi arasındaki bir sıcak devir içerisinde yaşıyordu. Croll 1864 yılında 43 yaşındayken buzul çağları konusunda *Philosophical Magazine*'de yayımlanan ilk makalesinden başlayarak kaleme aldığı bir dizi yazıda ayrıntılara dek indi; bunların içerisinde okya-

nus akıntılarının iklim üzerindeki rolünün ele alınması da vardı. Çalışması kısa zamanda ciddi bir ilgi gördü ve kısa süre sonra Croll hayatı boyunca tam zamanlı bir bilim insanı olma tutkusuna sahip olduğunun ayırdına vardı. 1867'de Geological Survey of Scotland'da [İskoçya Jeoloji Araştırmaları] çalışmayı kabul etti; kitabı *Climate and Time*'ın [*İklim ve Zaman*] yayımlanmasından bir yıl sonra, 1876 yılında (muhtemelen bu onura layık görülen tek eski hizmetli olarak) Kraliyet Derneği üyesi seçildi. 1885 yılında Croll 64 yaşındayken bir başka kitabı, *Climate and Cosmology* [*İklim ve Kozmoloji*] yayımlandı. 15 Aralık 1890 tarihinde Perth'te ölmeden önce, aslında destekleyici pek az jeolojik kanıt olmasına rağmen, öne sürdüğü buz çağı modelinin etkili olarak geniş kesimlerce kabul gördüğüne şahit olmuştu.

Climate and Time'da dünyanın yana yatışındaki değişikliklerin de bir rol oynayabileyeceğini ileri sürmesiyle buzul çağlarının astronomik modelinin daha ileri gelişimi için izlenecek yolu tarif etti. Bugün 23½ derece olduğunu bildiğimiz bu eğim mevsimlerin sebebidir. Croll'un döneminde bu eğimin (dünyanın 22 ila 25 derece arasındaki iki uç arasında yukarı ve aşağı doğru sallanmasıyla) değiştiği biliniyordu, ancak hiç kimse, hâttâ Leverrier bile ne kadar ve hangi zaman süresi içerisinde sallandığını hesaplamamıştı. (En dikey olduğu durumdan aşağıya doğru inmesi ve tekrar başladığı yere ulaşması için gereken sallanma aslında 40.000 yıl sürer.) Croll dünya daha dik dururken her iki kutup bölgesi güneşten daha az ısı alacağı için buzul çağının olmasının daha olası olduğunu ileri sürdü; şüphesiz bu sadece bir tahminden ibaretti. On dokuzuncu yüzyılın sonunda tüm bu fikir silsilesi gözden düşmeye başladı, çünkü yeni jeolojik kanıtlar en son buzul çağının 80.000 yıl önce değil, Croll'un hipotezinin aksine yaklaşık 10.000 ila 15.000 yıl önce sonlandığına işaret ediyordu. Kuzey yarımküre 80.000 yıl önce Croll'un modelinin gerektirdiğinin tam aksine ısınmıyor, son buzul çağının en soğuk devrini yaşıyordu (bu o dönem kimsenin dikkatini çekmeyen çok önemli bir ipucuydu). Aynı zamanda meteorolojistlerin yaptıkları hesaplamalar, her ne kadar bu astronomik etkilerin ürettiği güneş ısınması gerçek olsa da, bu miktarın buzularası ile buzul çağları arasındaki devasa sıcaklık farklarını açıklayamayacak kadar küçük olduğunu ortaya çıkarttı.

Yine de o dönemde jeolojik kanıtlar bir dizi buzul çağının birbirini izlediğini gösteriyordu; en azından astronomik model buzul döngülerinde kendini tekrarlayan bir ritim olduğunu doğru olarak öngörmüştü. Astronomik hesaplamaları geliştirme ve döngülerin jeolojik örüntülere uyup uymadığını görme gibi zorlu bir işin altına giren kişi (Albert Einstein'dan birkaç ay önce) 28 Mayıs 1879'da Dalj'da doğan Sırp bir mühendis, Milutin Milankovitch oldu.

Milankovitch Modeli

Daha önce güneye doğru itilerek küçülen Türk İmparatorluğu ile kuzeye doğru itilerek küçülen ondan daha zinde sayılamayacak durumdaki Avusturya-Macaristan İmparatorluğu arasındaki boşlukta Balkan devletlerinin bağımsızlıklarını kazanma dalgasının bir parçası olarak 1829'dan itibaren Türk hükümdarlığı altında özerk prenslik olmasının ardından, o günlerde Sırbistan dış güçlerin (özellikle de Türklerin) yüzyıllar süren hâkimiyetinden kurtularak henüz yeni (1882) bağımsız bir krallık haline gelmişti. Milankovitch Croll'un aksine iyi bir eğitim alarak 1904 yılında Viyana'daki Teknoloji Enstitüsünden doktora derecesiyle mezun oldu. Beş yıl Viyana'da kalıp (büyük beton yapıların tasarımı alanında) mühendis olarak çalıştıktan sonra 1909 yılında Sırbistan'a dönerek Belgrad Üniversitesinde uygulamalı matematik profesörü oldu. Milankovitch'in iyi bir mesleki yükseliş yaşayabileceği parlak Viyana ışıklarıyla karşılaştırıldığında bu taşranın durgun havasına dönüş anlamı taşıyordu; ancak o eğitimli mühendislere ihtiyaç duyan anavatanının yardımına koşmak istemiş ve bunu en iyi bir öğretmen olarak yapabileceğini düşünmüştü. Şüphesiz ki mekanik, ayrıca da kuramsal fizik ve astronomi dersleri verdi. Hayatının bir evresinde de büyük tutku duyduğu iklim konusuna dönüş yaptı. Milankovitch çok sonraları[23] dünya, Venüs ve Mars'taki iklim değişikliklerini betimleyen bir matematik modeli geliştirmeye karar verdiği anı, elbette gerçeklik payı sorgulanması gereken bir tarzda, 1911 yılında 32 yaşındayken akşam yemeği

[23] *Bkz. Durch ferne Welten und Zeiten* [*Uzak Dünyalar ve Zamanlarda*]; bu Milankovitch hakkındaki biyografik bilgiler için (yanlı da olsa) temel başvuru kaynağıdır.

sonrası bir 'sarhoş muhabbeti esnasında' diyerek romantik bir biçimde tarihlendirir. Önemli olan o dönemde Milankovitch'in başladığı projede, sadece bu üç gezegenin her birinin farklı enlemlerde bugünkü sıcaklıklarının ne olması gerektiğini hesaplamakla kalmamış (böylece astronomik modeli gözlemlerle, en azından dünya üzerindeki gözlemlerle karşılaştırma yoluyla sınamak için bir yol sağladı), bu sıcaklıkların değişen astronomik ritimlerin bir sonucu olarak nasıl değiştiğini de hesaplamış olmasıdır. Ulaştığı sıcaklık rakamları da gerçek rakamlardır, dünyanın bir yarımküresinin bu döngülerin belirli zamanlarında döngülerdeki diğer zamanlara göre daha soğuk olması gibi görece belirsiz iddialar değildir. Ve tüm bunlar, ne kadar vurgulansa azdır, hiçbir mekanik yardım olmaksızın, sadece beyin gücü, kalem ve kâğıtla ve hem de bir gezegen için değil, üç gezegen için hesaplanmıştır! Elde edilen başarı Croll'un hayal dahi edebileceğinin çok ötesine geçmiştir. Milankovitch Alman matematikçi Ludwig Pilgrim'in daha önce (1904'te) dışmerkezlilik, devinme ve yana yatma biçimindeki üç temel örüntünün milyonlarca yıl boyunca nasıl değiştiklerini hesaplamış olduğunu keşfettiğinde büyük bir avantaj sağlamasına rağmen, önüne koyduğu zorlu görevi tamamlaması onun otuz yılını aldı.

İklimi belirleyenler, bir gezegenin güneşten uzaklığı, ilgili enlem ve güneş ışınlarının bu enlemdeki yüzeye vurma açısıdır.[24] Hesaplamalar ilkesel olarak karmaşık değil ancak pratikte inanılmaz zahmetliydi ve evde her akşam zamanının bir bölümünü yutmasıyla Milankovitch'in hayatının önemli bir parçası haline geldi. Konuyla ilgili kitap ve makaleler eşi ve oğluyla çıktığı tatillere bile eşlik etti. 1912'de Birinci Balkan Savaşı patlak verdi. Bulgaristan, Sırbistan, Yunanistan ve Makedonya Türk İmparatorluğuna saldırarak hızla zafer kazandılar ve toprak elde ettiler. 1913'te ganimet paylaşımı kavgası sırasında Bulgaristan eski müttefiklerine saldırdı ve yenilgiye uğradı. 1914 yılının 18 Haziranında Saraybosna'da bir Bosnalı Sırpın Franz Ferdinand'a düzenlediği suikastın ardından aynı yıl I. Dünya Savaşının patlak vermesinde

[24] Buna atmosferin bileşimi de eklenir ve böylece sera etkisi devreye girer; ancak bu hesaplamalar özelinde son birkaç milyon yılda atmosferin aynı bileşime sahip olduğunu varsayıyoruz.

elbette Balkanlardaki bu karışıklığın da bir katkısı oldu. Milankovitch Birinci Balkan Savaşında bir mühendis olarak hizmet etti, ön cephede olmaması ona hesaplamaları üzerine bolca düşünme imkânı verdi. Konu üzerine, özellikle yana yatmanın etkisinin Croll'un düşündüğünden bile daha önemli olduğunu gösteren makaleler yayımlamaya başladı; ancak bunlar bir siyasal karışıklık döneminde Sırbistan'da yazılmış oldukları için fazla dikkat çekmediler. I. Dünya Savaşı patlak verdiğinde Milankovitch doğduğu kent Dalj'ı ziyaret ediyordu ve kent Avusturya-Macaristan ordusu tarafından işgal edildi. Savaş tutsağı oldu ama başarılı bir akademisyen olarak sahip olduğu konum yıl sona ermeden cezaevinden salıverilmesini sağladı; ardından da Budapeşte'de kalmasına ve sonraki dört yıl boyunca hesaplamaları üzerinde çalışmasına izin verildi. Bu çalışmasının meyvesi olan dünya, Venüs ve Mars'ın bugünkü iklimlerinin matematik betimlemesi, 1920'de kitap halinde yayımlanarak ona uluslararası bir ün kazandırdı. Her ne kadar Milankovitch henüz ayrıntılar üzerinde çalışmamış olsa da, kitapta astronomik etkilerin buzul çağlarına neden olmaya yetecek şekilde farklı enlemlere ulaşan ısı miktarını değiştirebileceğine ilişkin matematiksel kanıtlar da yer alıyordu. Çalışmanın bu yönünün önemi Wladimir Köppen tarafından derhal kavrandı ve önce Köppen ile Milankovitch arasında verimli bir yazışmaya, ardından Köppen'in iklim konusundaki kitabında Alfred Wegener'le ortak bir çalışmaya dönüştü.

Köppen astronomik ritimlerin dünya iklimini nasıl etkilediğinin kavranmasında kilit rol oynayan bir yeni fikir ortaya attı. Önemli olanın kış sıcaklığı değil, yaz sıcaklığı olduğunu fark etti. Yüksek enlemlerde (özellikle kuzey yarımküre açısından düşünüyordu) hava kışın her zaman kar yağacak kadar soğuktur. Önemli olansa karın ne kadarının yazın erimeden kaldığıdır. Dolayısıyla buzul çağlarında belirleyici olan yaz aylarının serin olmasıdır, kışların aşırı soğuk olması değil; bu serin yaz mevsimleri görece ılık kışlarla el ele gitse bile durum değişmez. Bu Croll'un düşündüğünün tam tersidir ve son buzul çağının yaklaşık 80.000 yıl önce neden yoğun olup 10.000 ila 15.000 yıl önce sona erdiğini açıklamaktadır. Milankovitch dünyadaki üç ayrı enlemdeki (55 derece, 60 derece ve 65 derece kuzey enlemleri) sıcaklık değişimlerini

hesaplayarak bu etkinin ayrıntılı hesabını yaptığında 1920'lerde elde edilmiş olan jeolojik kanıtların işaret ettiği eski buzul çağları örüntüsü ile astronomik ritimler arasında görünüm itibarıyla çok iyi bir eşleşme elde etti.

Bu fikirlere Köppen ve Wegener'in kitabı *Climates of the Geological Past*'ta [*Jeolojik Geçmişte İklimler*] yer verilmesi, bir süre için buzul çağlarının astronomik modelinin tam donanımlı bir kuram olarak gözükmesini sağladı. 1930 yılında Milankovitch bu kez sekiz enlem için yaptığı hesaplamaların sonuçlarını yayımladı; durmadı, sonraki sekiz yıl boyunca çalışarak sıcaklıktaki bu değişikliklere buz örtülerinin nasıl reaksiyon göstereceğini hesapladı. 1941 yılında Alman kuvvetleri (I. Dünya Savaşından sonra kurulmuş ve Sırbistan'ı içine almış olan) Yugoslavya'yı işgal ettiğinde hayatı boyunca yaptığı çalışmaları özetleyen *Canon of Insolation and the Ice Age Problem* [*Güneş Alma Kanunları ve Buzul Çağı Meselesi*] kitabı baskıya verilmişti. 63 yaşına gelen Milankovitch işgal sırasında zamanını anılarını kaleme alarak geçirmeye karar verdi ve bu anı kitabı 1952 yılında Sırbistan Bilimler Akademisi tarafından yayımlandı. Sakin geçen emeklilik yıllarının ardından Milankovitch 12 Aralık 1958 tarihinde öldü. Bu tarihte modeli artık gözden düşmüştü, çünkü yeni ve daha ayrıntılı (yine de tamamlanmış olmaktan uzak) jeolojik kanıtlar daha az kanıta sahip bir önceki modelin kaderine benzer biçimde, artık onun modelinin sonuçlarıyla da uyuşmazlık gösteriyordu.

Buzul Çağları Konusunda Modern Fikirler

Aslında jeolojik veriler artık son derece ayrıntılandırılmış durumda olan astronomik modelle kati bir karşılaştırma yapmaya yetecek kadar iyi değildi ve belirli bir veri setinin modelle uyumlu olup olmaması dünyaya ilişkin derin gerçeği aydınlatma gücüne sahip değildi. Kıtasal sürüklenme fikri açısından gerçek bir sınama olanağı, ancak yeni teknik ve teknolojilerle jeolojik kayıtların çok daha iyi ölçümlerinin elde edilmesiyle sağlanabilirdi. Bu ise 1970'lerde (artık sıklıkla Milankovitch modeli de denen) astronomik modelin hiç umulmadık bir kesinliğe ulaşmasını sağlayan elektronik bilgisayarların kullanımıyla mümkün oldu. Belirleyici

jeolojik kanıtlar, sediment katmanlarının yıldan yıla birbirlerinin üzerine yığılmış olduğu deniz tabanından alınmış sediment çekirdeklerinden elde edildi. Artık standartlaşmış olan radyoaktif ve jeomanyetik tarihlendirme gibi teknikler kullanılarak bu sedimentler tarihlendirildi ve içlerinde çok önceleri okyanuslarda yaşamış ve ölmüş minik yaratıklardan izler bulundu. Bu izler yaratıklar ölünce geride bırakılmış kireçli kabuklar biçiminde karşımıza açıktı. Bir yandan bu kabuklar hangi türden yaratıkların hangi zamanlarda geliştiğini açığa çıkartıyor ve iklim konusunda başlı başına bir rehber özelliği taşıyordı. Öte yandan bu kabuklardaki oksijen izotoplarının analizi bu yaratıkların canlı olduğu dönemdeki sıcaklığa ilişkin doğrudan bir gösterge özelliği taşıyordu, çünkü canlı yaratıklar sıcaklığa ve buz örtülerinin içine hapsolmuş su miktarına bağlı olarak farklı oranlarda oksijen izotoplarına sahip oluyordu. Bu kayıtlarda astronomik ritimlerin her üçü de açıkça, önceki milyonlarca yıl içerisinde değişen iklimin düzenli ritmini sağlayacak tarzda karşımıza çıkıyordu. Modelin kurumsallık kazanarak nihai kabul gördüğü an olarak genellikle kanıtların özetlendiği bir makalenin *Climate and Time*'ın basımından tam yüz yıl sonra 1976 yılında *Science* dergisinde yayımlanması kabul edilir[25]. Geriye kendi varlığımız açısından son derece önemli olan çok ilginç bir soru kalır: Dünya farklı enlemlere ulaşan güneş ışığı miktarındaki bu gerçekten küçük değişikliklere *niçin* bu kadar duyarlıdır?

Yanıt bizi tekrar kıtasal sürüklenme konusuna getirir. Milankovitch modelinin bize sunduğu iklim değişikliğine yaptığımız bu yakın-plandan bir adım geriye çekilirsek, artık iyi anlaşılan (ve gayet iyi tarihlendirilen) jeolojik kayıtlar bize uzun tarihinin büyük bir bölümü süresince dünyanın doğal durumunun (muhtemelen yüksek dağların zirveleri haricinde) tamamen buzsuz ve buzulsuz olduğunu söyler. Sıcak okyanus akıntıları kutup bölgelerine ulaştığı müddetçe bu bölgelerin ne kadar az güneş ışığı aldıkları önemli değildir, çünkü sıcak su deniz buzullarının oluşumunu önler. Ancak arada sırada, yüz milyonlarca yıllık aralıklarda bir, eski dönemlerdeki buzullaşmaların izleri ortaya çıktığında ya-

[25] J. D. Hays, J. Imbrie ve N. J. Shackleton, 'Variations in the earth's orbit: pacemaker of the ice ages', *Science*, cilt 194, s: 112–1132, 1976.

rımkürelerden biri veya diğeri birkaç milyon yıl süren bir soğuk döneme girer; buna Croll'un kullandığı kavramı ödünç alarak ve buna benzer bir anlam, ancak daha uzun bir zaman ölçeği yükleyerek buzul dönemi diyebiliriz. Örneğin Permiyen çağda yaklaşık 20 milyon yıl süren bir buzul dönemi vardı; bu buzul dönemi yaklaşık 250 milyon yıl önce sona erdi. Bu tarz bir olayın açıklaması, muhtelif zamanlarda kıtasal sürüklenmenin yeryüzünün büyük bir parçasını kutuplardan birinin üzerine veya yakınına taşımasıdır. Bu iki şeye sebep olur. Birincisi sıcak su arzının daha alt enlemlere ulaşımını keser, böylece kışın etki altındaki bölge çok soğuk olur. İkincisi kıta, kar için üzerine yağabileceği, yerleşebileceği ve birikerek büyük bir buz örtüsü oluşturabileceği bir yüzey sağlar. Bugün Antarktika astronomik ritimlerden çok az etkilenen bir buzul dönemi üreten bu süreci işbaşında gösteren klasik bir örnektir.

Permiyen Buzul Dönemi sona erdikten sonra (sona ermesini sağlayan kıtasal sürüklenmenin sıcak suyun kutup bölgelerine ulaşımının önünü tekrar açmasıdır), dünya yaklaşık 200 milyon yıl sıcak kaldı ve bu zaman diliminde dinazorlar ortaya çıktı. Ancak yaklaşık 55 milyon yıl önce aşamalı bir soğuma başladı. 10 milyon yıl önce buzullar geri dönerek önce Alaska dağlarında, kısa süre sonra da Antarktika'da görüldüler ve buradaki buz örtüsü büyük bir gelişim göstererek 5 milyon önce bugünkünden daha büyük bir hal aldı. Buzulların her iki yarımkürede aynı anda genişlediğinin öngörülebilmesi çok önemli bir başarıdır. Antarktika güney kutbunu kaplayıp burada buzullar az önce anlattığımız gibi oluşurken, kuzey kutup bölgesi de karayla değil kuzey buz deniziyle kaplı olmasına rağmen soğudu ve en sonunda dondu. Bunun nedeni kıtasal sürüklenmenin ağır ağır Kuzey Buz Denizi etrafındaki karaları neredeyse tam bir halka oluşturacak şekilde kapatması ve aksi halde onu buzsuz kılacak sıcak suyu dışarıda bırakmasıdır. Bugün de Grönland'ın varlığının Gulf Stream'i doğuya doğru saptırdığını ve kendisinin yerine Britanya adalarının ve kuzeybatı Avrupa anakarasının ısınmasına sebep olduğunu not edelim. Kuzey Buz Denizi üzerinde ince bir buz örtüsü oluştu; bundan yaklaşık üç milyon yıl önce onu çevreleyen karada çok daha fazla buz vardı. Bir kutup denizinin karayla çevrilmiş olması ve

bu karaya karın yağıp yerleşebilmesi, ancak sıcak yazlarda erimesi; bu durumun astronomik ritimlere oldukça duyarlı olduğu açığa çıktı. Yaklaşık olarak son beş milyon yıldır dünya, iki kutbunda kara ve denizin birbirinden farklı iki ayrı coğrafi düzenlemesinin sonucunda oluşmuş buz kepleriyle muhtemelen tüm tarihinin en özgün dönemini yaşıyor. Bu ve özellikle kuzey yarımkürenin coğrafyası, yakın zamanlı jeolojik dönemlerin kayıtlarında gözüktüğü üzere gezegenimizi astronomik ritimlere duyarlı kılmaktadır.

Evrim Üzerindeki Etkisi

Şu anki buzul döneminde iklimin bu düzenli ritim etkisi, günümüzdeki gibi daha sıcak koşullar sonucu yaklaşık 10.000 yıl süren buzularası dönemlerle bölünmüş, birbirini izleyen ve her biri kabaca 100.000 yıl süren buzul çağları üretir. Bunun gereği olarak şu anki buzularası dönem birkaç bin yıl içerisinde doğal bir biçimde sonlanacaktır; bu uygarlık tarihinin geride bıraktığımız süresinden daha kısa bir dönemdir. Gelecekte olacaklar bu kitabın kapsamı dışındadır. Öte yandan bu temel örüntünün üzerine Milankovitch'in araştırdığı ritim kombinasyonunca eklenen, daha hafif iklim değişikliği dalgalanmaları da vardır. Potasyum ve argon izotoplarının kullanıldığı radyoaktif tekniklerle tarihlendirilmiş bu buzul çağları dizisinin kökeni, bundan yaklaşık 3,6 milyon yıl öncesine dayanmaktadır. Tam bu zamanda atalarımız Doğu Afrika Büyük Rift Vadisinde yaşıyorlar ve hominidlerden üç modern forma; şempanze, goril ve bize evriliyorlardı.[26] Bir hominidin yine tam bu zamanda dik yürüdüğüne ilişkin doğrudan kanıtları, hem yumuşak toprağa geçip sonradan sertleşen ayak izlerinden (Hollywood bulvarındaki yıldızların el izleri gibi) hem de fosil kemikleri biçimindeki diğer fosil kayıtlarından elde edebiliyoruz. Zaman makinesinden yardım almadan kimsenin üç ila dört milyon yıl önce bir Doğu Afrika hominidini bir *homo sapiens*'e neyin evriltiğinden tam olarak emin olması mümkün olmasa da, düzenli ik-

[26] İnsan türünün diğer Afrikalı kuyruksuz maymunlardan ayrışma tarihi, bir çeşit "moleküler saat" özelliği taşıyan DNA'larının doğrudan ölçümü yoluyla elde edilir. John Gribbin ve Jeremy Cherfas'ın *The First Chimpanzee*'de (Penguin, London, 2001) aktardıkları üzere 1990'larda bu nihayet mümkün hale gelmiştir.

lim ritimlerinin kilit bir rol oynadığı veya en azından kısmen sorumlu olduğu bir senaryodan kaçınmak çok zordur. Sıcaklık dalgalanmaları yüksek enlemlerde çok önemli olsa da Doğu Afrika'da belirleyici olmamıştır; çünkü tam bir buzul çağında okyanuslar o kadar soğuk ve donmuştur ki buharlaşma daha azdır, bu yüzden yağış daha azdır, dünya daha kurudur ve ormanlar azalır. Bu durum ormanda yaşayan hominidler arasında (atalarımız dahil) rekabeti arttırmış ve bazılarını ormanlardan ayrılarak düzlüklere gitmek zorunda bırakmış olsa gerektir. Bu yeni yerlerde bireyler üzerindeki seçilim basıncı yoğundur ve sadece yeni yaşam tarzına uyum sağlayanlar hayatta kalır. Koşullar sonsuza dek değişmeden kalsaydı, daha iyi uyum sağlamış düzlük sakinleriyle rekabet içerisinde soyları tükenebilirdi. Ama yüz bin yıl kadar sonra koşullar yumuşadı ve bu doğal seçilim sürecinin harmanlaması sonrasında hayatta kalanların soyu, genişleyen ormanların avantajını kullanma, düzlüklerdeki yırtıcı hayvanlardan uzakta beslenme ve sayılarını çoğaltma şansı buldular. Bu süreç on veya yirmi kere tekrarlandığında, ormanların kenarlarında hayatta kalmak için gereken kilit özellikler olarak uyum sağlama becerisi ve zekânın nasıl edinilmeye uygun hale geldiği görülür; bu arada ormanın derinliklerindeki en başarılı hominid türleri ağaçlarda yaşamaya daha fazla uyum sağlayarak şempanze ve gorillere dönüşürler.

Hikâyemiz bugün bize belki de kıtasal sürüklenme fikri Arthur Holmes'un zamanında ne kadar akla yatkınsa o kadar akla yatkın gelmektedir. Ancak ayrıntılarda hatalar olsa bile üç ila dört milyon yıl önce yerleşiklik kazanan iklim örüntüsü ile yine üç ila dört milyon yıl önce gerçekleşen insanların ormanda yaşayan kuyruksuz maymunlardan gelişimi arasındaki yakın örtüşmenin tesadüf olması çok zordur. Varlığımızı, astronomik döngülerin dünyanın iklimini etkilemesi için nadir bulunan ideal koşulları sağlayan kıtasal sürüklenme ile bu astronomik ritimlerin birleşmesine borçluyuz. Öykümüzde (kıtasal sürüklenmeye sebep olan konveksiyonun anlaşılmasına yetecek kadar) temel fizik, (astronomik döngüleri açıklayan ve öngörülebilir kılan) Newtoncı dinamik ve kütleçekim, (deniz tabanından alınan örneklerin incelenmesinde) kimya, (jeomanyetik tarihlendirme için) elektromanyetizm ve Ray gibi, Linnaeus gibi kişilerin çalışmaları ve Darwin-Wallace'ın do-

ğal seçilim yoluyla evrim kuramıyla ulaşılan türlerin ve yaşayan dünyanın kavranması rol oynamıştır. Aynı kavrayış, diğer bütün türleri oluşturmuş doğal seçilim süreciyle kendisi de oluşmuş olan, dünya üzerindeki yaşam formlarından sadece biri olduğumuzu hatırlatarak bize hem perspektif kazandırmış hem de Galileo Galilei ve Isaac Newton'ın çalışmalarıyla başlayan üç yüz yıllık "klasik" bilimi zaferle taçlandırmıştır. Bu kavrayışın yolundan giderek düşünebilirsiniz. Ancak yirminci yüzyılın sonuna gelindiğinde bilimin ağırlıklı olarak bu yoldan ilerlemediğini, klasik bilimin ötesine geçerek Newtoncı dünya görüşünün temellerine tamamen aykırı bir yönde değiştiğini görüyoruz. Burada da her şey aslında on dokuzuncu yüzyılın sonunda, fizikçilerin çok küçük ölçeklerdeki dünya hakkındaki düşünüşlerini temelden değiştiren kuantum devrimiyle[27] başladı.

[27] Muhtemelen kavramın içeriğine gerçekten uyan, adını hak eden tek "bilimsel devrim" bu olsa gerek!

Kitap 5

MODERN ZAMANLAR

13
İç Uzay

Vakum tüpünün icadı – "Katot ışınları" ve "kanal ışınları" – William Crookes: Crookes tüpü ve katot ışınlarının parçacık yorumu – Katot ışınlarının ışıktan çok daha yavaş hareket ettiği gösteriliyor – Elektronun keşfi – Wilhelm Röntgen ve X-ışınlarının keşfi – Radyoaktivite: Becquerel ve Curie'ler – Alfa, beta ve gama ışınımının keşfi – Rutherford'un atom modeli – Radyoaktif bozunum – İzotopların varlığı – Nötronun keşfi – Max Planck ve Planck sabiti, kara cisim ışıması ve enerji kuantumlarının varlığı – Albert Einstein ve ışık kuantası – Niels Bohr – İlk kuantum atom modeli – Louis de Broglie – Erwin Schrödinger'in elektronlar için dalga denklemi – Elektronların kuantum dünyasına dönük parçacık yaklaşımı – Heisenberg'in belirsizlik ilkesi: Dalga-parçacık ikiliği – Dirac'ın elektron denklemi – Karşı-maddenin varlığı – Yeğin nükleer kuvvet – Zayıf nükleer kuvvet; nötrinolar – Kuantum elektrodinamiği – Gelecek? Kuarklar ve sicimler

Vakum Tüpünün İcadı

Bilim tarihinde en büyük devrim on dokuzuncu yüzyılın ortasında daha iyi türde bir vakum pompasının icadıyla başladı. Modern teknolojiyle karşılaştırıldığında önemsiz görülebilecek bu gelişmenin önemini anlamak için, Michael Faraday'in havasız ortamda elektriğin hareketini araştırmak isterken çalıştığı aletleri düşünmelisiniz. 1830'ların sonunda Faraday bu tür elektrik bo-

şaltmalarda içinde sadece bir sabit elektrot olan cam bir şişe kullanıyordu. Şişenin ağzı bir mantarla "kapatılmıştı" ve bu mantarın içinden metal bir iğne, diğer elektrot geçirilmiş ve değişik pozisyonlar alması için içeriye ve dışarıya doğru hareket ettiriliyordu. Cihaz bir bütün olarak kesinlikle hava geçirmez değildi ve kabın içindeki basıncın düşük tutulmasının (ki bu durumda bile vakum oluşumundan çok uzaktaydınız) tek yolu, iki yüzyıl önce Otto von Guericke'nin kullandığı pompalarla temelde aynı donanımı kullanarak (ki bu da esasen modern bisiklet pompalarıyla aynıydı) sürekli pompalama yapmaktı. 1850'lerin ortalarında Bonn'da Alman Heinrich Geissler (1814–1879) ilerlemeyi sağlayan kişi oldu. Onun geliştirilmiş vakum pompasında hava geçirmezliğinin sağlanması için civa kullanılıyor, cam kaptan havanın tahliyesi sürecinde bütün tapa ve bağlantılar kapatılıyordu. Havası boşaltılan kap bir tüple çift yönlü bir tapanın olduğu bir bölmeye, bu da bir cam boruya bağlanıyor; boru ise esnek bir tüple civa dolu kapla bağlantılandırılıyordu. Çift yönlü tapanın diğer bölmesi cam boruyu açık havaya bağlıyordu. Boru açık havaya bağlıyken civa tankı dolduruluyor, civanın basıncıyla hava borudan dışarı çıkartılıyordu. Ardından tapa diğer bölmeye çevriliyor ve civa tankı boşaltılıyor, havanın cam kaptan boruya akması sağlanıyordu. Bu süreci yeterince sık tekrarlarsanız cam şişenin içinde çok "sıkı" bir vakum elde edersiniz. Dahası, geçmişte cam üfleyicisi olarak çalışmış olan Geissler, havası boşaltılmış cam kabın içerisine iki elektrot yerleştirme tekniğini geliştirerek içinde kalıcı vakum olan bir tüp yarattı. Vakum tüpünü icat etti. Sonraki yıllar ve on yıllar boyunca bizzat Geissler ve başkaları bu teknolojiyi geliştirerek 1880'lerin ortasına gelindiğinde içerisindeki basınç dünyadaki deniz seviyesindeki hava basıncının sadece birkaç binde biri olan vakum tüpleri yapmayı başardılar. Bu teknoloji elektronların ("katot ışınlarının") ve X-ışınlarının keşfedilmesini sağladı ve bu sayede radyoaktivitenin keşfedilmesine sebep olan çalışmaları teşvik etti.

"Katot Işınları" ve "Kanal Işınları"

1860'lı yıllarda Bonn Üniversitesinde sıradan bir fizik profesörü olan Julius Plücker (1801–1868), Geissler'in yeni vakum tüpü tek-

nolojisine erişim hakkı olan ilk kişilerden biri olma ayrıcalığına sahipti. Bu tüplerde elektrotlar arasında bir elektrik akımı olduğunda görülen parlamanın doğasını araştıran bir dizi deney gerçekleştirdi (esas itibarıyla bu neon tüpü teknolojisidir) ve Plücker'in öğrencilerinden olan Johann Hittorf (1824–1914) bu tür tüplerde katottan (eksi elektrottan) yayılan bu parlayan ışınları ilk fark eden kişi oldu. 1876 yılında Berlin'de Hermann Helmholtz'la birlikte çalışan Eugen Goldstein (1850–1930) bu parlayan çizgilere "katot ışınları" adını verdi. Bu ışınların gölge bıraktıklarını ve manyetik alanlar tarafından saptırıldıklarını (başka birkaç çağdaşı gibi) gösterdi; ayrıca bunların ışığa benzer elektromanyetik dalgalar olduklarını düşündü. 1886 yılında Goldstein o sırada kullandığı deşarj tüplerinin anotlarındaki (artı elektrotlarındaki) deliklerden yayılan başka bir "ışın" türünün varlığını keşfetti; bu ışınlara deliklere Almancada verilen isimden yola çıkarak "kanal ışınları" adını verdi. Günümüzde bu "ışınların" artı yüklü iyon akımları, bir veya birkaç elektron kaybetmiş atomlar olduğunu biliyoruz.

Elektrik mühendisi Cromwell Fleetwood Varley (1828–1883) 1871 yılı gibi erken bir tarihte, Kraliyet Derneğince yayımlanan makalesinde, katot ışınlarının "elektriklenme yoluyla eksi kutuptan yansımış seyreltilmiş madde parçacıkları"[1] olabileceklerini ileri sürdü ve ışınlar hakkında yapılan bu parçacık yorumunu devralan kişi William Crookes (1832–1919) oldu.

William Crookes: Crookes Tüpü ve Katot Işınlarının Parçacık Yorumu

17 Temmuz 1832'de Londra'da doğan Crookes, terzi ve tüccar bir babanın 16 çocuğunun en büyüğüydü. Nadir rastlanan bir bilimsel kariyeri oldu; eğitimi hakkında pek az şey biliniyor ancak 1840'lı yılların sonuna gelindiğinde Royal College of Chemistry'de [Kraliyet Kimya Koleji] August von Hoffmann'ın asistanı olmuştu. 1854 ve 1855 yıllarında Oxford'da Radcliffe Gözlemevinin meteoroloji bölümünde, ardından 1855–1856 akademik yılında Chester Training College'da kimya öğretmeni olarak çalıştı. Babasından mali olarak bağımsız olmasına yetecek bir miras kalınca

[1] *Proceedings of the Royal Society*, cilt 19, s: 236, 1871

Londra'ya döndü ve burada özel bir kimya laboratuarı kurarak 1906 yılına dek editörlüğünü yürüteceği haftalık *Chemical News* dergisini çıkarmaya başladı. Crookes'un ilgi alanları çok çeşitliydi (tinselcilik dâhil), biz bunlardan sadece elektronların keşfinde oynadığı role değineceğiz. Geliştirdiği (Crookes tüpü olarak bilinen) geliştirilmiş vakum tüpü, kıta Avrupasındaki çağdaşlarının geliştirdiklerinden çok daha iyi (daha kuvvetli) bir vakuma sahipti. Crookes elde ettiği bu daha iyi vakumla yürüttüğü deneylerin katot ışınlarının parçacıklı yapısını kanıtladığı düşüncesindeydi. Yaptığı deneyler arasında, metal bir Malta haçını tüpe yerleştirerek ışınların cam tüpün arkasındaki duvara vurduğu yerdeki parlamanın içinde haçın net bir gölgesini elde ettiği deney de vardı. Ayrıca ışın hüzmesinin içine küçük bir çark yerleştirerek ışınların etkisi tekerleği döndürdüğü için momentum taşıdıklarını da gösterdi. 1879 yılına gelindiğinde Crookes artık katot ışınlarının parçacık yorumunun önde gelen savunucusuydu ve bu yorum hızla Britanyalı fizikçilerin çoğunun kabul ettiği yorum haline geldi. Ancak kıta Avrupasında, özellikle de Almanya'da durum farklıydı: 1880'li yılların başında Heinrich Hertz elektrik alanının ışınlar üzerinde bir etkisi olmadığını gösteren deneylerini gerçekleştirmiş (bugün bunun esas nedeninin, kullandığı vakum tüplerinin haddinden fazla gaz kalıntısı içermesi ve bunların iyonize olarak elektronlarla etkileşime girmesi olduğunu biliyoruz) ve ışınların elektromanyetik dalganın bir formu olduğu fikri genel kabul görmüş durumdaydı. Fizikçilerin X ışınlarının keşfiyle uğraşıyor olması da (birazdan bundan da bahsedeceğiz) bir etken oldu ve meselenin çözümü 1890'lı yılların sonuna dek sarktı.

Katot Işınlarının Işıktan Çok Daha Yavaş Hareket Ettiği Gösteriliyor

Katot ışınlarının elekromanyetik ışımanın bir formu olamayacağının kanıtı 1894 yılında İngiltere'de J.J. Thomson'un bu ışınların ışıktan çok daha yavaş hareket ettiklerini kanıtlamasıyla geldi (Maxwell denklemlerinin bütün elektromanyetik ışımaların ışık hızında hareket ettiklerini söylediğini hatırlayınız). 1897 yılına geldiğimizde katot ışınlarının elektrik yük taşıdığı yönünde

epey kanıt birikmişti. (10. Bölümde karşılaştığımız) Jean Perrin'in gerçekleştirdiği, ışınların manyetik alan tarafından tıpkı elektrik yüklü parçacıklarda olması gerektiği gibi yana doğru saptırıldığını gösteren deneyler bunlar arasındaydı; Perrin ayrıca katot ışınlarının metal bir levhaya çarpmasıyla levhanın eksi yüklü hale geldiğini de gösterdi. 1897 yılında o da bu "ışınların" içindeki parçacıkların özelliklerini gösteren deneyler üzerinde çalışmaktaydı; ancak aynı konuda Almanya'da çalışan Walter Kaufmann ve özellikle İngiltere'de çalışan J. J. Thomson ondan önce davrandılar. Almanya'da Kaufmann katot ışınlarının farklı türden gazlar ve kalan gaz basınçları içeren vakum tüplerinde elektrik ve manyetik alanlarca nasıl saptırıldığı üzerine çalışıyordu. Bu deneylerde parçacıkların yükünün kütlelerine oranını bulmayı başardı: *elm*. Bu oranın farklı gazlarda farklı değerlere sahip olduğunu bulmayı bekliyordu, çünkü bugün iyon dediğimiz, katotla temas sonucu yüklü hale gelmiş atomların özelliklerini ölçtüğünü düşünmekteydi. *Elm*'in hep aynı değeri taşıdığını görünce şaşırdı. Thomson da (daha sonra Lord Kelvin olan William Thomson'la akrabalığı yoktur) bir katot ışını demetinin bir manyetik alanla önce bir yöne, daha sonra başka bir manyetik alanla diğer yöne saptırıldığı ve her iki etkinin birbirini sıfırladığı son derece özenli bir teknik kullanarak *elm*'i ölçtü. Ancak hep aynı değere ulaştığına *şaşırmadı*, çünkü o baştan beri katottan yayılan özdeş parçacık akımlarıyla uğraştığını düşünüyordu. Sonucunu tersten, *mle* olarak ifade ederek, hidrojen için (bugün bunun tekil protonlara tekabül eden hidrojen iyonları olduğunu biliyoruz) elde edilen sonuçla karşılaştırıldığında elde ettiği rakamın küçüklüğünün ya ilgili parçacığın çok küçük olduğu ya da yükün çok büyük olduğu veya bu etkilerin bir birleşimi anlamına geldiğine dikkat çekti. 30 Nisan 1897 tarihinde Kraliyet Kurumunda verdiği bir derste Thomson "atomdan daha küçüğe bölünmüş bir madde hali varsayımının oldukça ürkütücü olduğu"[2] yorumunu yaptı. Sonrasında şöyle yazacaktı: "Aradan çok uzun bir zaman geçtikten sonra, dersime katılmış olan seçkin bir meslektaşım o sırada benim 'dalga geçtiğimi' düşündüğünü söyleyecekti."[3]

---

[2] Ders, Bragg ve Porter'da yeniden yayımlanmıştır.

[3] J. J. Thomson, *Recollections and Reflections*

Elektronun Keşfi

1897 yılı tarihte genellikle elektronun "keşif yılı" olarak görülür. Oysa gerçek keşif bundan iki yıl sonra, 1899'da su damlalarına elektrik alanlar kullanılarak elektrik yüklenmesi ve takibi tekniğini kullanan Thomson'un elektrik yükünü ölçmeyi başarmasıyla gerçekleşti. Böylelikle *e*'yi ölçmesi *m* için somut bir değer elde etmesini sağladı ve katot ışınlarını oluşturan parçacıkların (onun verdiği isimle cisimciklerin) her birinin kütlesinin hidrojen atomunun kütlesinin sadece yaklaşık iki binde biri olduğunu ve "serbest kalan ve ilk atomdan ayrılmış hale gelen atomun kütlesinin parçası" olduklarını gösterdi.[4] Diğer bir ifadeyle keşif ne kadar ürkütücü olursa olsun, atomun bölünemez *olmadığı* kesinleşti. Bu kötü sürprizi ilk dillendiren kişiyi daha yakından tanıyalım.

Thomson 18 Aralık 1856'da Manchester yakınlarındaki Cheetham Hill'de doğdu. Vaftiz ismi Joseph John'du ancak yetişkinliğinde isim olarak her zaman kısaca baş harfleri "J. J." kullanıldı. 14 yaşına geldiğinde (Manchester Üniversitesinin önceli olan) Owens College'da mühendislik eğitimi almaya başladı; ancak sahaflık yapan babası iki yıl sonra öldü ve ailenin gelir kaynaklarının daralması sebebiyle bu yeni durum burs kazandığı fizik, kimya ve matematik derslerine geçiş yapmasını gerektirdi. 1876 yılında (yine bursla) Cambridge, Trinity College'e gitti, 1880'de matematik bölümünden mezun oldu ve (Princeton'a kısa ziyaretler haricinde) çalışma hayatının sonuna dek orada kaldı. 1880'den itibaren Cavendish Laboratuarında çalışmaya başladı; 1884 yılında Lord Rayleigh'in ardından Cavendish'in müdürlüğüne getirildi (Üniversite William Thomson'u istemiş ama o Glasgow'da kalmayı tercih etmişti) ve bu görevi 1919 yılına dek sürdürdü. Trinity Rektörü pozisyonuna layık görülen ilk bilim insanı olmasının ardından Cavendish'ten emekli oldu ve rektörlük görevini 30 Ağustos 1940 tarihinde ölene dek sürdürdü. 1906 yılında (elektron çalışmaları nedeniyle) Nobel ödülüne layık görüldü ve 1908'de şövalye ilan edildi.

---

[4] J. J. Thomson, *Philosophical Magazine*, cilt 48, s: 547, 1899. Thomson'un "cisimcikleri" bir süre sonra yerini, Lorentz-Fitzgerald çalışmasıyla ün kazanmış Hollandalı fizikçi Hendrik Lorentz'in taktığı "elektron" ismine modern bağlamıyla bıraktı.

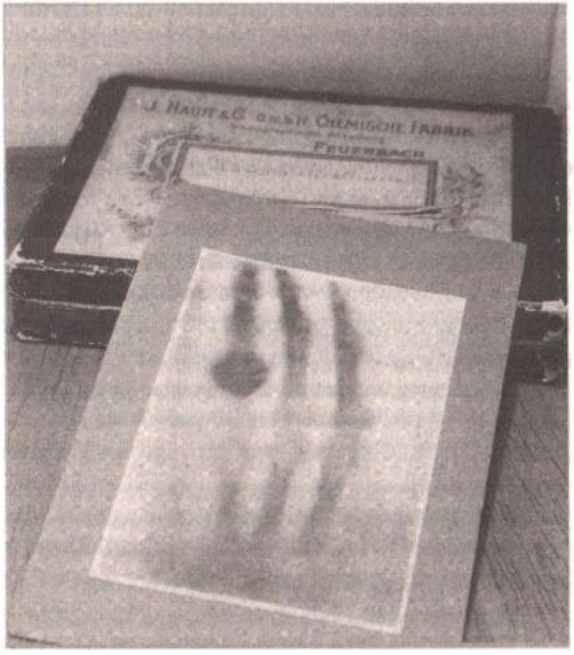
Bir matematikçi olan Thomson'un deneysel fizik profesörü ve Cavendish'in müdürü olarak seçilmesinin bir tesadüf olduğu yorumu yapılabilir. Oysa Thomson fiziksel dünya hakkındaki temel gerçekleri açığa çıkartacak deneyler tasarlama konusunda (*elm*'i ölçme deneyi gibi) esrarengiz bir beceriye sahipti ve bu becerisini başka insanların tasarladığı deneylerin niçin (deneyi kuran kişinin sorunun nerede olduğunu anlamadığı durumlarda bile) beklendiği gibi sonuçlanmadığını ortaya çıkarmakta da kullanabiliyordu. Öte yandan iş hassas aletlerin kullanılmasına geldi mi, bu alanda anlaşılmaz derecede sakardı; öyle ki meslektaşlarının çalıştıkları sırada (kendilerine kafa tutan deneylerdeki sorunlu yanları tespit etmek için onun sezgisine ihtiyaç duydukları zamanlar haricinde) onun laboratuarlarına girmesini engellemeye çalıştıkları söylenir. Bu açıdan J. J.'in kuramsal fizikçi tipolojisinde en uç noktayı temsil ettiğini söyleyebiliriz. Asistanlığını yapmış yedi fizikçinin Nobel ödülü almış olması, onun becerilerinin ve Cavendish'in on dokuzuncu yüzyılın sonu, yirminci yüzyılın başlarında en iyi fizikçileri Cambridge'te çalışmaya cezbettiğinin göstergesidir. Tüm bu başarıda Thomson bir öğretmen, yol gösterici ve bölümün çok sevilen yöneticisi olarak önemli bir rol oynamıştır.

X-ışınlarının ve radyoaktivitenin keşfinin de gösterdiği üzere bu tarz başarılarda Cavendish piyasaya egemen durumda olmasa da, bu başarılara başka yerde ulaşıldığı durumlarda bile Thomson'un ekibi hızla gelişmelere uyum sağlayarak devamını getirebiliyordu. Bilimdeki büyük keşifler genellikle parlak fikirlerle dolu atak gençler tarafından hayata geçirilir. On dokuzuncu yüzyılın sonunda vakum tüpleri teknolojisinin gelişimi sayesinde atom fiziği olarak adını duyurmaya başlayan fiziğin kendisi de gençti ve teknoloji yeni bilim sahalarının araştırılmasının önünü açıyordu. Bu koşullar altında, keşifler deyim yerindeyse yapılmak için hazır beklerken, deneyim ve yeni teknolojiye erişim en az gençlik ve başarma arzusu kadar önem kazanıyordu. Örneğin Wilhelm Röntgen'in X-ışınlarını keşfettiğinde gençliğinin en ateşli günlerini yaşadığı söylenemezdi.

Wilhelm Röntgen ve X-ışınlarının keşfi

Röntgen 27 Mart 1845 tarihinde Lennep, Almanya'da doğdu ve akademik sistemde onu 1888'de Würzburg Üniversitesinde fizik profesörü olmaya götürecek olan olağan bir yol izledi. O güne dek konusunda ayırt edici bir fark yaratmaksızın birkaç alanda çalışmış olan iyi ve sağlam bir fizikçiydi. 1895 yılının Kasım ayına gelindiğinde artık 50 yaşına gelmişti ve geliştirilmiş bir vakum tüpü tasarımı kullanarak katot ışınlarını inceliyordu (çeşitli vakum tüpü tasarımları teknolojinin öncülerinin isimleriyle anılırlar, Hittorf tüpleri veya Crookes tüpleri gibi; ancak hepsinde temel ilkeler aynıdır). 1894 yılında Philipp Lenrad, Hertz'in çalışmasını ilerleterek katot ışınlarının ince metal bir folyo tabakadan herhangi bir deliğe sebep olmadan geçebildiklerini göstermişti. O dönemde bu "ışınların" dalga olduğunun bir kanıtı olarak değerlendirilmişti, çünkü o dönem varsayıldığı üzere parçacıkların arkalarında geçiş izi bırakmaları gerekiyordu (elbette bu parçacıkların en az atom büyüklüğünde olması gerektiği düşünülüyordu). Bu keşfin bilgisine sahip olan Röntgen ince siyah kartonla tamamen kaplanmış bir vakum tüpüyle çalışmaktaydı. Düşüncesi, tüpün camının içinden geçen katot ışınlarının geride bıraktığı izleri saptayabilmek için tüpün içerisindeki ışığın ışıldamasını engellemekti. Katot ışınlarını saptamanın standart yollarından biri, baryum platinosiyanür sürülmüş ve böylelikle ışınlar üzerine vurduğunda floresan ışığı yayacak olan kâğıttan bir ekranın kullanılmasıydı. 8 Kasım 1895'te Röntgen'in yaptığı deneyle bir ilgisi olmasa da, katot ışınlarının gönderildiği hedefin dışında, kullandığı teçhizatın yan tarafında duran bu tip bir ekran bulunuyordu. Karanlık laboratuarda vakum tüple çalışırken bu ekranın parlak bir ışık yaydığını gördü ve çok şaşırdı. Gerçekten yeni bir olgu keşfettiğine emin olmak için yaptığı dikkatli bir araştırma sürecinin ardından, bu keşfini anlattığı makaleyi 28 Aralık'ta *Würzburg Physikalisch-Medizinische Gesellschaft*'a [Würzburg Fizik ve Tıp Derneği] yolladı ve makale 1896 yılı Ocak ayında yayımlandı. Röntgen'n X-ışınları adını verdiği ancak Almanca konuşulan ülkelerde Röntgen ışınları olarak adlandırılan keşfi büyük bir sansasyon yarattı; bunda ışınların insan etinden geçme özelliğine sahip olması ve alttaki iskelet yapısının fotoğrafik görüntüsünü sağlaması büyük rol oy-

nadı. Keşfini anlattığı makalesinin önbaskıları, (başka şeylerin yanı sıra) karısının elinin X-ışınlarıyla çekilmiş bir fotoğrafı da eklenerek 1 Ocak 1896'da dağıtıma girdi ve aradan bir hafta geçmeden gazetelerde konuyla ilgili haberler yayımlanmaya başladı. 13 Ocak'ta Röntgen keşfini Berlin'de İmparator II. Wilhelm'e gösterdi, makalesinin İngilizce çevirileri de *Nature*'da 23 Ocak'ta (aynı gün Röntgen Würzburg'ta konuyla ilgili düzenlediği kamuya açık tek dersi veriyordu), *Science* dergisindeyse 14 Şubat'ta yayımlandı. Röntgen 1896 yılı Mart ayında X-ışınları hakkında iki makale daha yayımladı, bundan sonrasında 1900 yılında Münih'te fizik profesörü olup 10 Şubat 1923'te ölünceye dek bilimsel açıdan aktif bir hayat sürmesine karşın bu konu üzerine başka bir katkısı olmadı. Bilime yaptığı bu tek muhteşem katkı 1901 yılında ona fizik alanında verilen ilk Nobel'i kazandırdı.



35. Röntgen'in X-ışınıyla çektiği karısının elinin görüntüsünde evlilik yüzüğü de görülebiliyor, 1895.

Neredeyse başından beri fizikçiler, X-ışınlarının ne olduğunu bilmeseler bile bu ışınların hareketi konusunda çok şey biliyorlardı. Işınlar katot ışınlarının bir vakum tüpünün cam duvarına çarptıkları yerde oluşuyor (dolayısıyla taşıdıkları enerjinin nereden geldiği konusunda bir gizem söz konusu değildi) ve bu kaynaktan her yöne doğru yayılıyorlardı. Işık gibi bunlar da düz çizgiler halinde ilerliyor, fotoğrafik malzemeyi etkiliyor ve elektrik veya manyetik alanlarca saptırılmıyorlardı. Öte yandan ışığın aksine, yansıtılıyor veya kırınıma uğruyor gibi gözükmüyorlardı ve uzun yıllar boyunca dalga mı parçacık mı oldukları belirsiz kaldı. Bu durum X-ışınlarının, keşfedilmesinin sonrasındaki on yılda hem (her ne kadar aşırı maruziyet sonucu ortaya çıkabilen beklenmeyen tehlikeler nedeniyle talihsiz yan etkileri olsa da) tıbbi uygulamalarda hem de fizikte (örneğin gazların iyonlaştırılmasında) yaygın biçimde kullanılmasına engel olmadı. Ancak 1910 yılından sonra X-ışınlarının görünür ışıktan (hâttâ morötesi ışıktan) çok daha kısa dalga boyuna sahip bir tür elektromanyetik dalga olduğu ve uygun hedefler olduğunda yansıdıkları ve kırınıma uğradıkları anlaşıldı. Atom fiziğinin gelişimi açısından baktığımızdaysa X-ışınlarının keşfedilmesinin en önemli sonucu bu keşfin, neredeyse hemen ardından başka ve çok daha karmaşık türde bir ışınımın keşfine yol açması oldu.

Radyoaktivite: Becquerel ve Curie'ler

Doğru zamanda doğru yerde olan bilimci kimdir derseniz, yanıt Henri Becquerel'dir. Henri'nin büyükbabası Antoine Becquerel (1788–1878) elektrik ve ışıldayanlar konusunun araştırılmasının öncülerinden biriydi, bu alandaki başarısı 1838 yılında Fransız Doğa Tarihi Müzesinde onuruna bir kürsü açılacak kadar büyüktü. Antoine'ın üçüncü oğlu Alexandre-Edmond Becquerel (1820–1891) Paris'te babasıyla birlikte çalıştı ve karanlıkta parlayan kristaller olan fosforlu katılar konusuyla ilgilendi. Antoine 1878'te öldüğünde onun profesörlük koltuğunu (genelde kullanılan ismiyle) Edmond aldı. Aynı dönemde onun oğlu Henri Becquerel (1852–1908) de ailenin fizik geleneğini sürdürüyordu ve 1888 yılında Paris'te Bilimler Fakültesinden doktora derecesini aldı.

1891 yılında Edmond öldüğünde Henri, Paris'te Köprü ve Otoyolları Bölümü'nde baş mühendislik görevini sürdürmesine karşın Müze'de fizik profesörü oldu. Henri öldüğünde onun yerini de oğlu Jean (1878–1953) alacaktı; Müze'deki bu görev ancak 1948'de Jean soyunu devam ettiren biri olmaksızın emekli olduğunda 110 yıl öncesindeki başlangıcından bu yana ilk kez Becquerel'ler dışında birisine devredilmiş olacaktı. Fransız Bilimler Akademisinin 20 Ocak 1896 tarihindeki bir toplantısında; katot ışınlarının, cama çarpıp ışık yaydığı bir katot ışını tüpünün cam duvarı üzerindeki parlak bir noktadan çıktıklarının keşfi dahil X-ışınları hakkındaki son haberlerin ayrıntılarını duyduğunda Henri Becquerel işte bu hanedanlığın ortasında soluk alıp veriyordu. Bu yeni keşif ona benzer şekilde karanlıkta parlayan fosforlu cisimlerin de X-ışını üretebileceklerini düşündürdü ve büyükbabasından bu yana müzede biriktirilmiş olan çeşitli fosforlu malzemeleri kullanarak derhal bu hipotezi sınamaya koyuldu.

Bu fosforlu malzemelerin sahip olduğu kilit özellik, parlamaları için güneş ışığına maruz bırakılmaları gerekmesiydi. Bu onlara bilinmeyen bir şekilde enerji yüklüyor ve sonrasında bir süre için karanlıkta parıldıyor, güneş ışığından aldıkları enerji tükendikçe de soluklaşıyorlardı. X-ışınları araştırmasında Becquerel fotoğrafik levhaları hiçbir ışığın giremeyeceği şekilde dikkatle kalın siyah bir kâğıtla iki kat sardı ve sarılı levhayı güneş ışığına maruz bırakılarak "yüklenmiş" fosforlu tuzla dolu bir tabağın altına yerleştirdi. Sarılı fotoğrafik levhalar tekrar açıldığında ve işlendiğinde bu tuzların bazılarının fosforlu malzeme özelliği kazandığını buldu; keza para gibi bir metal cisim fosforlu tuzlar ile sarılı levhalar arasına yerleştirilirse, levhalar işlendiklerinde bu kez bir metal cisim özelliği gösteriyorlardı. Görünüşe göre X-ışınları güneş ışığının fosforlu tuzlara etkimesi yoluyla olduğu gibi katot ışınlarının cama etkimesiyle de üretilebiliyordu; ulaşılan bu sonuç derhal bilim camiasına duyuruldu.

1896 Şubatının sonunda Becquerel bu kez başka bir deney hazırladı. Sarılmış fotoğrafik levhalar ile fosforlu tuzla (uranyumun bir bileşiği) dolu tabak arasına haç şeklinde bir bakır parçası yerleştirdi ve güneşin doğmasını bekledi. Paris'te hava birkaç gün boyunca kapalıydı ve beklemekten sıkılan Becquerel 1 Mart'ta

levhayı yine de işlemeye karar verdi (bunun rastgele mi yapıldığı yoksa bir kontrol deneyi gerçekleştirmek için alınmış bilinçli bir karar mı olduğu net değildir). Büyük bir şaşkınlıkla bakır haç özelliği olduğunu buldu. Fosforlu tuzlar, ışıldamıyor bile olsalar, keza güneş ışığıyla yüklenmemiş olsalar bile en azından uranyum bileşiği kullanıldığında X-ışınlarına benzer bir sonuç üretmişlerdi.[5] Keşfin en çarpıcı sonucu tuzların görünüşe göre hiçlikten enerji üretiyor olmalarıydı ki bu fiziğin en temel ilkelerinden biri olan enerjinin korunumu yasasına aykırıydı.

Keşif, bilimsel uzmanlar camiası dışında (hâttâ birçok bilim insanının gözünde) X-ışınlarının başka bir türü olarak görüldüğü için kamuoyunda X-ışınlarının keşfi kadar büyük bir etki yaratmadı. Becquerel 1899'da manyetik bir alan tarafından saptırılabildiğini, dolayısıyla X-ışıması olamayacağını ve yüklü parçacıklardan oluşmuş olması gerektiğini keşfettiği ve gösterdiği bu ışımanın özellikleri konusunda bazı başka çalışmalar daha yapmış olmasına rağmen, bir süre sonra başka konular üzerinde çalışmaya geçti. Olgunun ayrıntılı incelemesini gerçekleştirenler Paris'teki Marie ve Pierre Curie çifti (1903'te Becquerel Nobel ödülünü onlarla paylaşacaktı) ve o sırada Cavendish'te olan (daha sonra bahsedeceğimiz) Ernest Rutherford oldu.

Radyoaktivitenin öncü araştırmaları dendiğinde akla gelen popüler isim (radyoaktivite kavramını da öneren kişi olan) Marie Curie'dir. Bu kısmen oynadığı rolün öneminden, kısmen kadın oluşundan ve basının da yardımıyla bilim alanındaki genç kızlara rol modeli olabilen az sayıdaki kadından biri oluşundan, kısmen de hikâyeye romantizm ekleyecek şekilde çalışma koşullarının zorluğundan kaynaklanır. Bu kendisini esasen aynı çalışma için 1903'te fizik, 1911'de kimya dalında iki kez ödüllendirmiş olan Nobel komitesini bile etkilemiş görünüyor. 7 Kasım 1867 tarihinde Varşova'da Marya Sklodowska adıyla doğan Curie'nin o sırada bölünmüş olan Polonya'nın Rus tarafında bulunan üniversiteye kabul edilme şansı yoktu ve 1891 yılında Sorbonne'da okumak üzere Paris'e taşınması için gereken mali kaynağı elde etmekte büyük zorluk yaşadı. Üniversite öğrenciliğinde kaldığı tavan ara-

[5] İngiltere'de Silvanus Thompson tam olarak aynı zamanda tam olarak aynı keşfi yaptı; ancak ilk yayımlayan Becquerel oldu.

sında gerçek anlamıyla açlıktan ölüm tehlikesiyle yüz yüze geldi. Sorbonne'da, 15 Mayıs 1859'da bir doktorun oğlu olarak doğmuş olan ve manyetik malzemelerin özellikleri alanında büyük saygı duyulan bir uzman olarak adını duyurmuş Pierre Curie'yle tanıştı (ve 1895'te evlendi). Evliliği gebelik izledi ve bunun sonucunda Marie'nin "uranyum ışınları" konusundaki doktora tezine başlaması 1897 Eylülüne dek sarktı. O dönemde henüz hiçbir kadın bir Avrupa üniversitesinde doktora yapmamıştı; kısa süre sonra Almanya'da Elsa Neumann bunu başaracaktı. Öncü bir kadın bilimci olarak Marie kendi çalışmasının önünü tırnaklarıyla kazıyarak açmak zorundaydı; ana laboratuarlara girmesi yasaklanmıştı, çünkü varlığının buralarda yürütülen araştırmaları engelleyecek bir cinsel heyecan uyandıracağından korkuluyordu.

Mary ilk büyük keşfini 1898 yılının Şubat ayında yaptı. Bu, pitchblendenin (uranyumun elde edildiği maden cevheri) uranyumdan *daha* radyoaktif olduğu ve çok daha radyoaktif başka bir element içermesi gerektiğiydi. Keşif o kadar çarpıcıydı ki Pierre o sırada yürüttüğü araştırma projesinden vazgeçti ve daha önce bilinmeyen bu elementin izole edilmesi çalışmalarında Marie'ye katıldı. Yoğun ve uzun çalışma saatlerinin ardından bir değil iki element buldular; bunlardan birine "polonyum" (bu Marie'nin resmi olarak var olmayan anavatanına yapılmış açık bir politik göndermeydi), diğerine "radyum" adını verdiler. Tonlarca pitchblendeden kimyasal olarak analiz edilmeye ve periyodik tablodaki yerine yerleştirmeye yetecek, bir gramın onda biri kadar radyumu ayrıştırmak 1902 yılının Mart ayına dek süren bir çalışmayı gerektirdi. Bir yıl sonra Marie'nin doktorası kabul edildi; aynı yıl ilk Nobel ödülünü aldı. Radyumdan çıkan şaşırtıcı miktardaki, bir gramında bir tam bir bölü üç gram suyu donma noktasından kaynama noktasına ısıtmaya yetecek kadar olan enerjiyi ölçen kişi ise Pierre oldu. İşin ilginç bu işlemin sonu görünmüyordu; tek bir gram radyum, suyu kaynama noktasına dek tekrar tekrar ısıtabiliyordu; bedel ödemeden bir şey elde ediyordunuz ve bu enerjinin korunumu yasasının çiğnenmesiydi. Bu radyumun keşfi kadar önemli bir keşifti ve ikiliye daha da ün kazandırdı. Tam Curie'ler başarıları sayesinde daha rahat bir yaşamın tadını çıkarmaya başlamışlarken Paris'te karşıdan karşıya geçerken ayağı takılan

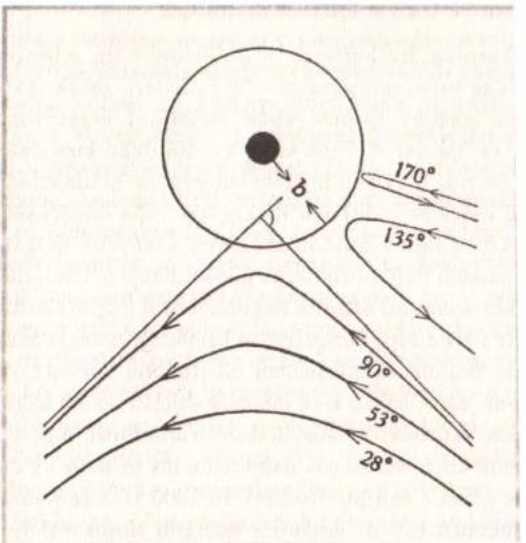
Pierre'in kafası atlı bir vagonun tekerlekleri altında kaldı ve öldü. Tökezlemesinin bugün radyasyon hastalığı olarak bilinen ani baş dönmesinden kaynaklandığı çok muhtemel gözükmektedir. Marie 4 Temmuz 1934'e dek yaşadı ve Haute-Savoie'deki bir klinikte yine radyasyon maruziyetinden kaynaklanan bir hastalık olan lösemi nedeniyle öldü. Laboratuar notları halen o kadar radyoaktiftir ki kurşun kaplı bir kasada tutulmakta ve sadece zaman zaman, o da dikkatli güvenlik önlemleriyle yerinden çıkarılmaktadır.

X-ışınlarının ve "atomik" ışımanın keşfedilmesi, hâttâ elektronun tanımlanması, atomaltı dünyasının kavranışında sadece ilk keşif aşamasını, henüz keşfedilmemiş bir atomaltı dünyasının varlığını simgeliyordu. Atomaltı dünyaya herkesten fazla şekil veren, bu keşifleri bir çeşit düzene sokan ve atomun yapısına ilişkin ilk kavrayışımızı sağlayan kişi Ernest Rutherford oldu. Rutherford 30 Ağustos 1871 tarihinde Yeni Zelanda'nın Güney Adasındaki bir çiftçi topluluğunun üyesi olarak dünyaya geldi. O dönemde Yeni Zelanda'da Britanya'nın ancak Mayıs 1840'ta burada bir Fransız kolonisi kurulmasını engellemek için üzerlerinde hak iddia etmiş olduğu tarım toplulukları haricinde fazla bir yerleşim yoktu. Rutherford'un hem annesi hem de babası (baba tarafı İskoçyalı, anne tarafı İngiliz) ilk yerleşim dalgasında aileleriyle beraber çocuk yaşta Yeni Zelanda'ya gelmişlerdi. Bu tarz öncü topluluklarda sık görüldüğü üzere aileler kalabalıktı; Ernest'in (ismi nüfus kayıtlarına yanlışlıkla Earnest olarak yazıldı ama bu yazılışı hiç kullanmadı) on bir kardeşi daha vardı, anne tarafından dört dayısı, baba tarafından üç amca ve üç halası vardı. Nelson kentinin yakınlarındaki Spring Grove adlı yerleşim yerinde doğdu, ancak sınır değişikliklerinden kaynaklı doğum yeri bugün Brightwater bölgesi olarak geçmektedir. Ernest beş buçuk yaşındayken ailesi birkaç kilometre uzaktaki Foxhill'e taşındı.

Rutherford çocukken yetenekli ancak çok parlak olmayan bir öğrenciydi, dışarıdan bakıldığında eğitiminin bir sonraki aşamasına geçmek için sıkı çalışarak gerekli bursları zar zor kazanan biri olarak görünüyordu. Bu şekilde Christchurch'teki Canterbury College'dan 1892 yılında lisans (ders programı hem beşeri bilimler hem de fen bilimleri konularını içeriyordu), 1893'te elektrik ve manyetizma alanında özgün araştırmalarının etkisiyle yüksek

lisans derecesini (aynı yıl Yeni Zelanda'da yüksek lisans programını tamamlayan sadece on dört kişiden birisiydi) elde etti. Artık akademik yönden gelecek vaat ediyor olmasına rağmen (ilk tercihi olan) bir öğretmenlik işi bulmasının olanaksız olduğuna karar verdi, zaten Yeni Zelanda'da var olan eğitim olanaklarını da tüketmişti. Akademik çalışmalarını bir burs kazanarak Avrupa'da devam ettirmeyi planladı, ancak bu tür bir bursa başvurabilmek için bir üniversitede kayıtlı öğrenci olması gerekliydi. Böylece 1894 yılında uyduruk bir bölüme kaydını yaptırdı ve başlangıçta özel dersler vererek (muhtemelen biraz da ailesinden yardım alarak) geçimini sağlayıp araştırma çalışmalarına devam etti. Rutherford'un şansına 1894'ün Kasım ayında Christchurch Erkek Lisesinde bir öğretmen hastalandı ve Rutherford onun bazı görevlerini üstlenme fırsatı buldu.

Rutherford'un almak istediği burs Britanya'nın 1851 yılında Büyük Londra Sanayii Fuarı kutlamaları kapsamında kabul ettiği bir projenin parçasıydı. İngiltere, İrlanda, Kanada, Avustralya ve Yeni Zelanda'dan araştırma öğrencilerine iki yıl boyunca dünyanın herhangi bir ülkesindeki eğitimlerinde kullanılmak üzere verilecek yıllık 150 poundluk fazla tutmayan bir miktar düzeyindeki bu bursu alacak kişilerin sayısı sınırlıydı, üstüne üstlük burs her yıl her ülkede verilmiyordu. 1895 yılında Yeni Zelanda'ya sadece bir kişilik burs veriliyor ve bu bursa sadece iki kişi aday olabiliyordu; adaylar arasındaki seçim Londra'da, araştırma projelerini betimleyen tezlerine bakılarak yapılacaktı. O yıl ödül Aucklandlı bir kimyacı olan James Maclaurin'e verildi. Ancak Maclaurin Auckland'da bir işe girmiş ve yeni evlenmişti. İş ciddiye bindiğinde bu teklifi kabul edemeyeceğine karar verdi. Böylece ödül Rutherford'a gitti ve Rutherford 1895 sonbaharında Cambridge Üniversitesine araştırma öğrencisi olarak giren ilk kişi olarak Cavendish Laboratuarına katıldı; daha öncesinde bu özel topluluğun üyesi olmanın tek yolu lisans öğrencisi olarak başlamak ve buradan ilerlemekti. Bu sırada Röntgen'in X-ışınlarını keşfetmesine daha birkaç ay, Thomson'un elektronun *elm*'ini ölçmesine ise henüz birkaç yıl vardı. Rutherford hem doğru zamanda doğru yerde olan doğru adam *hem de* acelesi olan bir gençti; bu bileşke onu bilimde göz alıcı bir başarıya kavuşturacaktı.



36. Rutherford'un alfa parçacıklarının ağır bir çekirdeğin yakınından geçerken nasıl yoldan saptıklarını gösteren çizimi. Rutherford'un A Newer Alchemy [Yeni Simya], *1937 adlı kitabından.*

Rutherford'un Yeni Zelanda'daki ilk dönem araştırması demirin manyetik özellikleriyle ilgiliydi ve bu araştırmasını (Hertz'in radyo dalgalarını keşfinden sadece altı yıl sonra) yüksek frekanslı radyo dalgaları kullanarak yapmıştı. Bu çalışmasının bir parçası olarak ilk radyo alıcılarından biri olan, bu dalgalara (o günün ölçütlerine göre) duyarlı bir detektör yapmıştı. Araştırması Cambridge'te de benzer bir yönde ilerledi; o uzun mesafe (üç-beş kilometrelik mesafelere ulaşan) radyo iletimi konusunda deneyler yaparken aynı anda Guglielmo Marconi de İtalya'da benzer deneyler yapıyordu. Çeşitli iddialar olmasına karşın bugün bu mesafelere ulaşan ilk kişinin kim olduğunu söyleyebilmemiz mümkün değil. Rutherford araştırmasının bilimsel yönüyle ilgiliyken ve kısa bir süre sonra atomaltı dünyanın heyecanlı araştırmasına kendisini adarken, Marconi'nin kafasını daha çok kablosuz telgrafın sunduğu ticari olasılıklar meşgul ediyordu ve sonuç bildiğimiz yönde gelişti.

Alfa, Beta ve Gama Işınımının Keşfi

1896 baharında Rutherford, J. J. Thomson'un gözetiminde X-ışınları üzerinde çalışıyordu. Yürüttükleri ortak çalışma X-ışınlarının gazları iyonize etme biçiminin araştırılmasını da kapsıyor ve "ışınların" daha enerjik (yani daha kısa dalga boylu) bir ışık formu, Maxwell'in denklemlerinde betimlenen elektromanyetik dalgalar olduğuna ilişkin (bu yolla öngörüsel biçimde Rutherford'un radyo bandındaki elektromanyetik dalgalar üzerine çalışmasıyla bağlantılanarak görünür tayfın uzun dalga boyu tarafındaki sonunun ötesine bağlanıyordu) güçlü kanıtlar sunuyordu. Bir süre sonra Becquerel'in keşfettiği ışımayı araştırmaya başladı ve bunun iki bileşenden oluştuğunu keşfetti. Biri (buna alfa ışınımı adını verdi) kısa menzile sahipti ve bir kâğıt parçası veya birkaç santimetre havayla durdurulabilirdi; diğeri (buna da beta ışınımı adını verdi) çok daha uzun bir menzile ve daha fazla bir nüfuz gücüne sahipti. Rutherford 1900 yılında Kanada'da çalışırken üçüncü tür bir ışımanın varlığını tespit etti ve buna da gama ışınımı adını verdi.[6] Günümüzde alfa ışınlarının, her biri iki elektron eksiğiyle esasen helyum atomuyla aynı parçacıklardan oluşan bir akım olduğunu (Rutherford'un 1908 yılındaki tespitiyle) biliyoruz. Keza beta ışınlarının da katot ışınlarına benzer ancak onlardan daha enerjik, yüksek enerjili (diğer deyişle hızlı hareket eden) elektronlardan oluşan akımlar olduklarını ve gama ışınlarının da dalga boyları X-ışınlarından bile kısa olan, elektromanyetik ışımanın enerjik bir formu olduklarını biliyoruz.

Rutherford'un Kanada'ya taşınması büyük oranda yeni araştırma öğrencilerine uygulanan kurallardaki bir acayipliğin sonucuydu. 1851 bursu sadece iki yıl için destek sağlıyordu; Cambridge kuralları ise Cambridge sisteminde herkesin dört yıllık bir öğrencilikten geçtiği dönemlerden kalma bir uygulamayla, liyakata bakılmaksızın burs başvuruları için üniversitede dört yıl geçirmiş olmayı ön şart olarak koyuyordu. Böylece Rutherford başka bir kaynaktan bir yıllık daha burs kazanmış olmasına rağ-

[6] Alfa ve beta ışınımlarının varlığı Cambridge'te tespit edildi ancak 1899 yılında Rutherford Kanada'ya gittikten sonra yayımlanan bir makalede duyuruldu.

men 1898 yılında ister istemez üniversiteden ayrılmak durumunda kaldı (burs kuralları da ertesi yıl değiştirildi). Şansına Montreal'deki McGill Üniversitesinde bir kürsü boşaldı ve Rutherford buraya kabul edildi. Bu kürsüye geçtiğinde 27 yaşındaydı ve Cambridge'te birinci sınıf bir araştırma gerçekleştirmiş olmasına karşın henüz doktora derecesi almamıştı, neyse ki o günlerde bilimde akademik kariyer için bu şart söz konusu değildi.[7] Rutherford Montreal'de İngiltere doğumlu Frederick Soddy'yle (1877–1956) beraber çalışarak Becquerel'in keşfettiği (bugün radyoaktif bozunum dediğimiz) ışınım yayılan bir süreç sırasında bir atomun başka bir elementin atomuna dönüştüğünü buldu. Bir atom (tarihsel akışın biraz önüne geçip doğrusunu söylemek gerekirse bir atom çekirdeği) tarafından alfa veya beta parçacıkları salındığında, geride kalan atom başka tür bir atomdur. Rutherford–Soddy işbirliği, radyum gibi radyoaktif malzemelerin sahip olduğu, görünüm itibarıyla tükenmez enerji arzı gizemine de yanıt buldu. Atomların yaşadığı bu dönüşümün kesin bir kurala bağlı olduğunu ve bu kural uyarınca bir örneklem içerisinde bulunan atomların belirli bir yüzdesinin belirli bir sürede bozunacağını buldular. Bu da genel olarak yarı ömür olarak ifade edilir. Örneğin radyum için, yaydığı radyasyonun azalma hızına ilişkin laboratuarda yapılan dikkatli ölçümler sonucunda, alfa parçacıklarının salınımı sonucu 1602 yıl sonra radyum atomlarının yarısının radon gazı atomlarına bozunacakları tespit edilmiştir. Sonraki 1602 yılda kalan atomların yarısı (ilk örneklemin dörtte biri) bozunacak ve bu böyle devam edecektir. Buradan iki sonuç çıkar. Birincisi bugün dünyada bulunan radyum gezegenin oluşumundan bu yana var olmuş olamaz, öyle veya böyle doğal yerinde üretilmiş olmalıdır (bugün bunun çok daha uzun ömre sahip olan radyoaktif uranyumun bozunumundan olduğunu biliyoruz); ikincisi radyumun ve diğer radyoaktif elementlerin enerji arzı tükenmez nitelikte değildir. Radyum gücüyle çalışan bir su ısıtıcısının bile kullanılabilir enerjisi sonunda tükenecektir ve

[7] İşinin sağladığı güvence Rutherford'un nişanlısı May Newton'la 1900 yılında evlenebilmesini sağladı. Mary 1895 yılından beri sabırla Yeni Zelanda'da bekliyor, Ernest'le sadece tatillerde görüşebiliyordu.

radyum enerjinin korunumu yasasını çiğnememektedir ve (nasıl bir petrol sahası sonlu bir enerji deposuysa, aynı tarzda) sonlu bir enerji deposudur. Rutherford bu enerji depolama kabiliyetinin dünyaya en az yüz milyonlarca yıllık bir olası ömür verdiğine işaret ederek bu öngörüsüyle (Rutherford'un Yale'de yaptığı bir konuşmayı dinleyen) Bertram Boltwood 'a esin kaynağı olmuş ve 12. Bölümde bahsettiğimiz Arthur Holmes'un çalışmasının yolunu döşemiştir.

Kanada'da mutlu ve başarılı bir hayat sürmesine karşın Rutherford Avrupa'daki fizik araştırmalarındaki son anaakım gelişmelerden uzak olmaktan rahatsızlık duyuyordu. Yale'den gelen bol kazançlı bir teklifi reddettikten sonra, çok iyi araştırma olanakları olan Manchester Üniversitesindeki fizik profesörlüğünü kabul ederek 1907 yılında İngiltere'ye döndü. Rutherford'un ekibinin aradan bir yıl bile geçmeden alfa parçacıklarının iki birim eksi elektrik yük kaybetmiş (bunun nedeni bugün bildiğimiz üzere iki elektron kaybetmiş olmasıdır) helyum atomlarıyla aynı olduklarını bulmuş olması, o dönemde fiziğin ne kadar hızlı geliştiğinin bir göstergesidir. Bundan bir yıl sonra, 1909 yılında doğal radyoaktivite sonucu üretilen alfa parçacıkları atomun yapısını araştırmak için kullanılabiliyordu.[8] Tarihte Rutherford'un adıyla birlikte en çok anılan çalışması bu oldu, oysa deneyleri yapan aslında (Rutherford'un yönetimi altında) Hans Geiger (1882–1945) ile Ernest Marsden (1889–1970) adında bir öğrenciydi. Kendi adını verdiği radyasyon detektörünü geliştiren kişinin de bu Hans Geiger olması tesadüf değildi, çünkü doğal olarak bu deneyler alfa parçacıklarının atomlarla etkileşime geçtikten sonra farklı konumlardaki yerlerini saptayabilmeye dayanıyordu; Geiger ve Marsden'in gerçekleştirdiği klasik deneylerde alfa parçacıklarının yönlendirilerek etkileşime sokulduğu atomlar ince bir altın folyodaki atomlardı.

[8] Bu arada Rutherford 1908 yılında Nobel'e, fizik değil kimya alanındaki çalışmaları için layık görüldü. Kimyacılar o dönemde radyoaktiviteyi kendi alanlarında görüyorlardı; ödül meslektaşları arasında epey bir şamata konusu oldu, çünkü Rutherford'un kimyayı bilimin aşağı bir dalı olarak gördüğü herkesçe biliniyordu.

Rutherford'un Atom Modeli

Bu deneyler gerçekleştirilmeden önce en popüler atom modeli J. J. Thomson'un geliştirdiğiydi. Bu modelde atom bir karpuza benzer şekilde, eksi yüklü elektronların karpuzdaki çekirdekler gibi içe gömülü olduğu artı yüklü malzemeden oluşmuş bir küreydi. Ancak artı yüklü alfa parçacıkları altın folyoya ateşlenince parçacıkların çoğu doğrudan içinden geçti, bazıları yolundan bir tarafa doğru biraz saptı, birkaçı ise duvara çarpmış bir tenis topu misali doğrudan geriye sekti. Alfa parçacıkları iki birim artı yük taşıdıkları için, bu ancak ara sıra artı yük taşıyan başka kütle yoğunlaşmalarıyla kafa kafaya gelmeleri sonucu geri püskürtüldükleri anlamına gelebilirdi. Rutherford bu sonuçların bir atomun kütlesi ve yükünün çoğunun etrafı bir elektron bulutuyla çevrili çok küçük bir merkez çekirdek içerisinde yoğunlaşmış olduğunu gösterdiği yorumunu yaptı. Alfa parçacıklarının çoğu merkezi çekirdekle (bu arada çekirdek ismini ilk kez Geiger–Marsden sonuçları resmi olarak açıklandıktan bir yıl sonra, 1912 yılında Rutherford kullanmıştır) hiç temas kurmazlar ancak elektron bulutuna sürtünerek içinden geçerler. Bir alfa parçacığı bir elektrondan 8000 kat daha ağırdır, bu yüzden elektronun alfa parçacığını saptırma şansı yoktur. Bir alfa parçacığı eğer bir atom çekirdeğinin yanına yaklaşırsa (altın için örnek verilirse çekirdeğin ağırlığı alfa parçacığının 49 katıdır) artı yük tarafından yana itilir. Sadece çok nadir durumlarda doğrudan çekirdekle dümdüz kafa kafaya gelir ve geldiği yere geri püskürtülür.

Sonradan yapılan deneyler çekirdeğin bir atomun çapının yaklaşık yüz binde biri kadar bir yer tuttuğunu göstermiştir; tipik olarak 10^{-13} santimetre çapındaki bir çekirdek 10^{-8} santimetre çapındaki bir elektron bulutu içerisine gömülüdür. Yuvarlak bir hesapla bunun bir kum taneciği ile Carnegie Hall arasındaki orana eşit olduğunu söyleyebiliriz. Atomlar genellikle artı ve eksi yükleri birbirine bağlayan bir elektromanyetik kuvvetler ağıyla doldurulmuş olan boş uzaydan oluşur. Bu katı madde olarak düşündüğümüz her şeyin, buna şu an okuduğunuz kitap ve oturduğunuz sandalye dahil, (Faraday'in hoşuna gideceği kesin bir tarzda) çoğunlukla boş uzaydan ibaret ve bunun içinin de artı ve eksi yükleri birbirine bağlayan bir elektromanyetik kuvvetler ağıyla dolu olduğu anlamına gelir.

Radyoaktif Bozunum

Rutherford'un sonrasında da müthiş bir bilimsel kariyeri oldu ancak elde ettiği hiçbir başarı, aslında fizik alanında ikinci bir Nobel ödülüne layık görülmeyi hak etmiş olan atom modeli kadar önemli değildi. I. Dünya Savaşında denizaltıların yerinin ses kullanılarak tespit edilmesi için geliştirilen (denizaltı tarama ve sonar tekniklerinin öncüsü olan) teknikler konusunda çalıştı ve 1919 yılında Thomson'un ardından Cavendish profesörü ve Cavendish Laboratuarının yöneticisi oldu. Aynı yıl, Marsden'in yaptığı önceki deneylerin ardından, alfa parçacıkları sağanağına tutulan azot atomlarının bir hidrojen çekirdeğinin (bir protonun; bu terimi ilk ortaya atan da ilk kez 1920 yılında yayımlanan bir makaleyle Rutherford oldu) dışarı atılmasıyla bir tür oksijen formu aldığını buldu. Bu bir elementin yapay yoldan ilk dönüştürülmesiydi. Bu süreçte atomun çekirdeğinde bir değişiklik olduğu açıktı ve bu resmi olarak çekirdek fiziğinin başlangıcı oldu. Rutherford 1920 ile 1924 yılları arasında James Chadwick'le (1891–1974) beraber yaptığı deneylerde hafif elementlerin çoğunun alfa parçacığı sağanağına tutulduklarında dışarıya proton bıraktıklarını gösterdi. Sonrasında erken yaştaki ölümüne kadar (19 Ekim 1937'de uzun zamandır var olan fıtık sorununun doğurduğu yan etkiler nedeniyle öldü) geçen süre boyunca, esasen Cavendish'teki yeni fizikçi nesli üzerinde yol gösterici bir rol oynadı. 1914'te şövalye ilan edildi, 1931'de Baron Rutherford of Nelson [Nelson Baronu] ünvanını aldı, bundan bir yıl sonra da Chadwick'in nötronu keşfiyle (veya tespitiyle) beraber atomun nükleer modeli tamamlanmış oldu.

İzotopların Varlığı

Rutherford'un çekirdeği adlandırdığı 1912 yılı ile Chadwick'in nötronun varlığını tespit ettiği 1932 yılı arasında, bir elementin çekirdeklerinin başka bir elementin çekirdeklerine dönüştürülebileceği keşfi hariç tutulursa, atom kavrayışımızdaki en önemli gelişme her elementin farklı çeşitleri olduğunun keşfedilmesiydi. Bu keşfi yirminci yüzyılın ikinci on yılının sonlarında Cavendish'te Thomson'la beraber çalışan Francis Aston

(1877–1945) yaptı. 1911 yılında o sırada Glasgow Üniversitesinde çalışmakta olan Frederick Soddy, özdeş kimyasal özelliklere ancak farklı atom ağırlıklarına sahip olan elementlerde görülen bu kimyasal davranışın, eğer elementlerin farklı çeşitleri varsa açıklanabileceğini ileri sürmüştü. 1913 yılında bu çeşitliliğe "izotoplar" adını verdi (daha önce bahsettiğimiz gibi izotopların varlığı ayrıca Mendeleyev'in periyodik tabloda yapmak zorunda kaldığı bazı yeniden düzenlemelere açıklık getiriyordu). İzotopların varlığını kanıtlayan çalışma deşarj tüplerinde üretilen artı yüklü "ışınların" (aslında iyonların, bazı elektronlarından kurtarılan atomların) elektrik ve manyetik alanlarca nasıl saptırıldığını izleyen Aston'dan geldi. Bu Thomson'un elektronun *elm*'ini ölçmek için kullandığı tekniğin geliştirilmesiydi; Aston iyonların *elm*'ini ölçüyordu ve *e* bilindiğine göre bu aslında kütlelerini ölçmesi demekti. Aynı elektrik yük için, aynı elektrik alanda aynı hızla hareket eden parçacıklar eğer daha ağırlarsa ilerledikleri her metre için yana daha az saptırılacak, daha hafiflerse daha çok saptırılacaklardı. Bu günümüzde kütle spektrografı olarak bilinen şeyin temeliydi, Aston bunu kullanarak oksijen gibi elementlerin farklı kütlelere sahip atomları olan farklı çeşitlere sahip olduğunu gösterdi. Örneğin oksijenin en sık rastlanan biçiminde bir atom, bir hidrojen atomunun 16 katı bir kütleye sahiptir; ancak Rutherford'un alfa parçacığı sağanağına tutmasıyla oluşan oksijen atomlarının her biri, hidrojen atomunun 17 katı bir kütleye sahiptir. Bunun neden böyle olduğu ancak Chadwick'in 1930'lardaki çalışmasından sonra açıklık kazandı, yine de bu çalışma başlı başına Aston'a 1922 yılında Nobel kimya ödülünü kazandıracak kadar önemliydi (Soddy aynı ödülü 1921 yılında almıştı). 1900 yılında halen daha, daha önce gördüğümüz üzere atomların gerçek fiziksel varlıklar olduğu fikrine karşı ciddi bir muhalefet vardı; Einstein'ın atomların gerçekliği lehine sunduğu, çok sayıda parçacık söz konusu olduğunda istatistiğe dayalı olduklarını gösteren kanıtlarına rağmen bu durum yirminci yüzyılın ilk on yılında da sürdü. Her şeye karşın 1920 yılına geldiğimizde artık birkaç atom üzerinde (tek tek atomlar düzeyine çok yaklaşılarak) yapılan deneyler sıradan hale gelmişti.

Nötronun Keşfi

Chadwick'in 1932 yılında gerçekleştirdiği ve (1935 yılında fizik dalında) Nobel ödülüne layık görülen çalışması, Almanya'da Walter Bothe'nin (1891–1957) ve Fransa'da Frédéric (1900–1958) ve Irène (1897–1956) Joliot-Curie'lerin yaptığı keşiflerin üzerinde yükseliyordu.[9] Bothe 1930'da berilyumun alfa parçacıklarına maruz bırakılmasının yeni bir ışınım formuna sebep olduğunu bulmuş ve bunu gama ışınları aracılığıyla açıklamaya çalışmıştı. Joliot-Curie'ler bir aşama daha ileri gittiler. 1932 yılı Ocak ayının sonunda berilyumun alfa parçacıkları sağanağına tutulduğunda hedeflenen atomlardan (onların da fark ettiği gibi aslında çekirdeklerinden) tespit edilmesi zor olan bir tür yüksüz ışınımın yayıldığını bulduklarını duyurdular. Bu ışınım da tespit edilmesi görece kolay olan protonların parafinden (parafinin içindeki atomların çekirdeklerinden) dışarı atılmalarına sebep oluyordu. Onlar da berilyumun içinde uyarılmış bu yapay radyoaktivitenin, gama ışınımının yoğun bir hali olduğunu düşündüler; Chadwick ise gerçekte olan bitenin alfa ışınımının yüksüz parçacıkları berilyum çekirdeğinden dışarıya atması olduğunu, bunun üzerine bu yüksüz parçacıkların da parafindeki protonları (hidrojen çekirdeklerini) dışarı attığını fark etti. Borun hedef olarak alındığı sonraki deneylerde Chadwick bu yüksüz parçacığın varlığını doğruladı ve kütlesini de ölçerek protonunkinden çok az daha büyük olduğunu buldu.

Chadwick'in bu büyük çalışmasının Paris'ten gelen haberle ivme kazanarak 1932 Şubatında birkaç gün içerisinde büyük bir hararetle gerçekleştirilmiş olması biraz ironiktir. 1920'li yıllar boyunca Cavendish ekibi, özellikle de Chadwick zaman zaman (o sırada iki elektronla bağlanmış dört protondan oluştuğu düşünülen) alfa parçacıklarının ve genel olarak çekirdeğin varoluşunu açıklamak için gerekli gördükleri, bir proton ve bir elektronun sıkıca birbirine bağlanmasıyla oluşmuş bir yüksüz varlığın araştırılmasına girişmişlerdi. Hâttâ basılı olarak ilk kez 1921 yılında yayımlanmış olsa da, büyük ihtimalle 1920 yılı gibi erken

[9] Irène, Pierre ve Marie Curie'nin kızıydı; fizikçi meslektaşı Frédéric Joliot'yla evlendiğinde her ikisi de Joliot-Curie soyadını aldı.

bir tarihte Rutherford bir protonla bir elektronun birbirine bağlı olduğu böyle bir durum için "nötron" terimini kullanmıştı.[10] Bu Chadwick'in Paris'ten haberler gelir gelmez bu kadar hızla bugün doğru olduğunu bildiğimiz sonuca nasıl ulaşabildiğini açıklamaktadır. Nötronun keşfiyle beraber okulda atomun içindekilerle ilgili bize öğretilen her şey bir insan ömrü kadar bir süre içerisinde tespit edilmiş oldu. Atomun içindeki parçaların nasıl bir arada durduğunu ve özellikle eksi yüklü elektron bulutunun artı yüklü çekirdeğin üzerine niçin çökmediğini anlamak içinse tekrar on dokuzuncu yüzyılın sonuna, ışığın doğası hakkındaki başka bir muammaya dönmek zorundayız.

Bu mükemmel bir ışıyıcı olan bir kara cisimden yayılan elektromanyetik ışımanın doğasıdır. Mükemmel bir kara cisim, üzerine düşen tüm ışımayı soğurur ve böyle bir cisim sıcakken cismin neyden yapılmış olduğundan tamamen bağımsız bir tarzda, sadece sıcaklığa bağlı olarak bir ışıma gerçekleştirir. Küçük bir deliği olan mühürlü bir konteyneriniz varsa, bu delik bir kara cisim gibi davranır; konteyner ısıtıldığında içindeki ışınım bir oraya bir buraya çarparak seker ve delikten dışarı bir kara cisim ışıması olarak çıkmadan önce iyice karmakarışık hale gelir. Bu fizikçilere böylesi ışınımları araştırmak için bir araç sağlar ve "kovuk ışınımı" olarak adlandırılır. Öte yandan birçok cisim, örneğin bir demir öbeği ısıtıldığında ve enerji yaydığında bir kara cisme benzer şekilde davranır. Kara cisim ışımasını bu şekilde tanımlayan ve inceleyen ilk kişi 1850'li yılların sonunda Robert Kirchoff (1824–1887) oldu; ancak sonraki on yıllarda birçok araştırmacının denemelerine rağmen, varlığı deneylerce gösterilen bir kara cisimden yayılan ışımanın tayfını doğru biçimde betimleyen bir matematiksel modelin oluşturulması mümkün olmadı. Burada ayrıntılara girmek uygun düşmese de, bu kara cisim tayfının temel özellikleri belirli dalga boyu bantlarında hem uzun hem kısa dalga boylarında daha az enerji yaydığı bir tepe noktasına sahip olması ve kara cismin sıcaklığı arttıkça elektromanyetik tayftaki bu tepenin konumunun daha kısa dalga boylarına kaymasıdır. Dolayısıyla örneğin kırmızı akkor haldeki bir demir öbeğinin sarı parlak renkteki

[10] Aynı isim daha önce nötr olduğu varsayılan başka parçacıklar için de birkaç kez önerilmişti ancak bu "bizim" nötrona yapılan ilk referanstı.

bir demir öbeğinden daha soğuk olması gerçeği, demirin bir kara cisme benzer şekilde ışınım yayması gerçeğiyle ilintilidir. Renk ile sıcaklık arasındaki bu ilişki astronomide yıldızların sıcaklığını ölçmek için kullanıldığı için hayati bir önem taşır.

Max Planck Ve Planck Sabiti, Kara Cisim Işıması ve Enerji Kuantumlarının Varlığı

Kara cisim ışıması için matematiksel bir model bulmaya uğraşan kişilerden biri de 1892 yılında Berlin Üniversitesinde kuramsal fizik profesörü olan Max Planck'tı (1858–1947). Geçmiş birikimi termodinamik alanındaydı ve 1895 yılından itibaren elektromanyetik osilatörlerin dizilişinin entropisi üzerinden giderek kara cisim ışıması yasasını oluşturmanın bir yolunu bulmaya çalıştı. (Bu dönemde elektronun henüz tanımlanmamış olduğunu, dolayısıyla Planck ve çağdaşlarının bu osilatörlerin tam olarak ne olabileceği konusunda karanlıkta yürüdüklerini hatırlatalım.) Planck kuram ile deney arasında mükemmel bir uyum elde etme çabaları sonucunda modelinde birbiri ardına iyileştirmeler sağladı. En sonunda başardı; ama bu kimyasal elementlerle benzetme kurarak "enerji elementleri" olarak adlandırdığı fikri, modeline dahil etmesi pahasına oldu. Bu modelde bir kara cisimdeki bütün bu osilatörlerin toplam enerjisi, h adını verdiği bir doğal sabit tarafından belirlenen, sonlu (ancak çok büyük) sayıda eşit (ancak çok küçük!) parçalara bölünür. Bu Planck sabiti olarak adlandırılmaktadır. Planck modelinin bu versiyonunu kamuoyuna Berlin Bilimler Akademisinin 14 Aralık 1900 tarihli toplantısında duyurdu. Bu "devrimci" fikrin takvimsel bir denk düşmeyle yirminci yüzyılın başında sunulmuş olmasının da kısmi etkisiyle, bu tarih genellikle fizikteki kuantum devriminin başlangıcı olarak kabul edilir. Oysa ne Planck ne de sunumunu dinleyen meslektaşları o anda böyle düşünmekteydi. Bu enerji paketçiklerini gerçek olarak değil, daha iyi bir model geliştirildiğinde geçersizleşecek geçici bir matematiksel özellik olarak ele alıyorlardı. Zaten o güne dek Planck'ın modeli epey bir değişikliğe uğramıştı, neden bundan sonrasında da bu düzeltmeler devam etmesindi? O dönemde ne Planck ne de başka birisi bu enerji paketçikleri yaklaşımına fizik-

sel bir gerçeklik atfediyordu. Asıl kuantum devrimi beş yıl sonra Albert Einstein'ın tartışmaya ilk dramatik katkısını yapmasıyla başladı.

Albert Einstein ve Işık Kuantası[11]

Einstein'ın 1905 yılında yayımladığı makaleler arasında bizzat "çok devrimci"[12] diyerek diğerlerinden ayırdığı makale, ışık kuantası üzerine olandı. (Sonradan Nobel ödülünü aldığı çalışması da bu olduğuna göre, onunla aynı fikri paylaşanlar da vardı.) Einstein, Boltzmann'ın olasılıkçı entropi çıkarımından ilerleyerek Planck'tan daha farklı bir termodinamik yaklaşım kullandı ve elektromanyetik ışınımın "sanki karşılıklı olarak birbirlerinden bağımsız enerji kuantumlarından oluşmuş gibi"[13] hareket ettiğini buldu. Yaptığı hesaplama sonucunda bir "osilatörün" (diğer ifadeyle bir atomun) elektromanyetik ışınım yaydığında veya soğurduğunda bunu *hv*'nin katları olan ayrık birimler halinde yaptığını buldu; buradaki *v* yayılan veya soğurulan ışınımın frekansıdır (frekans da esasen dalga boyunun tersidir). Aynı kısa makalede Einstein fotoelektrik etki adını verdiğimiz, elektromanyetik ışımanın bir metal parçasının yüzeyindeki elektronları nasıl dışarı attığını ele aldı. 1902 yılında Philipp Lenard fotoelektrik etki konusunda yapılmış daha önceki çalışmalardan yola çıkarak, bu tip bir yüzeye belirli bir dalga boyunun ışığı (renk) düştüğünde yayılan elektronların hepsinin aynı enerjiye sahip olduğunu ancak ışığın farklı dalga boyları için farklı enerjiler olduğunu bulmuştu. Bu açıdan ışık kaynağının parlak veya sönük olması önem taşımaz; ışık daha parlakken daha fazla elektron yayılır ama her biri yine aynı enerjiye sahiptir. Einstein'ın modelinde, eğer belirli bir dalga boyundaki ışığın her biri aynı *hυ* enerjisine sahip bağımsız ışık kuantumlarından oluşmuş bir akım olduğu kabul edilirse, bu olgunun açıklanması mümkün olabiliyordu. Her biri metaldeki bir elektrona aynı miktarda enerji verebiliyordu, bu yüzden

---

[11] Kuanta sözcüğü kuantumun çoğuludur – çn.

[12] Arkadaşı Conrad Habicht'e yadığı mektuptan; *bkz.* John Stachel, *Einstein's Miraculous Year* [*Einstein'ın Mucize Yılı*]

[13] *bkz.* John Stachel, *Einstein's Miraculous Year*

de atılan elektronların hepsi aynı enerjiye sahipti. Öte yandan Lenard'ın keşfettiği olgunun ışığın dalga modelinde açıklanabilmesi hiç mümkün değildi. Her ne kadar Einstein fikirlerinin nihai olmayan doğasını vurguluyor olsa da (makalenin başlığı bile "Işığın Üretimi ve Dönüşümü Konusunda Buluşsal Bir Yaklaşım Hakkında"ydı), Planck'tan farklı olarak kafasında ışık kuantumlarının (bunlara "foton" adının verilmesi 1926 yılında Amerikalı kimyacı Gilbert Lewis tarafından gerçekleşti) gerçek olduğuna inanmışa benziyor. Bunun devrimci bir fikir olduğunu kabul ediyor ve şöyle diyordu:

> Buradaki varsayım uyarınca bir nokta kaynaktan salınan bir ışık ışınının yayılımında enerji, uzayın derinliklerinde sürekli artan bir biçimde dağılmaz, bölünmeden hareket eden uzay noktalarında yerelleşmiş sonlu sayıdaki enerji kuantumlarından oluşur ve sadece tam birimler halinde soğurulabilir veya üretilebilir.

Bu cümle kuantum devriminin gerçek başlangıcına işaret eder. Kullandığınız deneylere bağlı olarak ışığın hem bir dalga olarak (çift yarık deneyi) hem de bir parçacık akışı olarak (fotoelektrik etki) davrandığı görülebilir. Bu nasıl olabilir?

Einstein'ın çağdaşları ileri sürülen bu fikrin devrimci sonuçlarının farkındaydılar ancak ikna olmuş değillerdi. İçlerinden biriyse tamamen saçmalık olarak değerlendirdiği bu fikre çok kızmıştı ve aynı zamanda bu konuda bir şeyler yapabilecek bir konumdaydı. Robert Millikan (1868–1953) Chicago Üniversitesinde çalışan Amerikalı bir deneysel fizikçiydi. Işık kuantumlarının gerçekliği düşüncesini kabullenemedi ve Einstein'ın fotoelektrik etki yorumunun yanlışlığını kanıtlamak için çalışmaya başladı. Yaptığı çok sayıda zorlu deneyin ardından tek başardığı Einstein'ın doğruluğunu kanıtlamak oldu, bu arada Planck sabitinin çok kesin bir ölçümünü de gerçekleştirdi ve $6{,}57 \times 10^{-27}$ sonucuna ulaştı. Böylece bilimin en iyi geleneklerinden biri izlenmiş ve bu deneysel doğrulamayla (fikrin yanlışlığını kanıtlamaya çalışan bir şüphecinin elde ettiği sonuç olması itibarıyla özellikle etkileyiciydi) Einstein'in hipotezi olan ışık kuantası fikrinin doğruluğu 1915 yılına gelindiğinde açıkça gösterilmiş oldu. Millikan'ın yaşamı-

nın sonuna doğru pişmanlıkla ifade ettiği üzere: "Yaşamımın on yılını Einstein'ın bu 1905 denklemini test etme yolunda harcadım ve tüm beklentilerimin aksine 1915 yılında tüm mantıksızlığına rağmen denklemin kesin bir doğrulamasını açıklamak zorunda kaldım."[14] Millikan'ın tesellisi bu çalışması ve elektron üzerindeki yükün müthiş kesinlikteki ölçümü için 1923 yılında Nobel fizik ödülüne layık görülmesi oldu; Einstein'ın Nobel ödülünün de 1922 yılında verilmiş olması tesadüf değildir (bunun verilmesi bir yıl ertelenen 1921 yılı ödülü olması sadece bir ayrıntıdır). Geçen zaman içerisinde kuantum olgusunun tam olarak anlaşılması henüz tamamlanmamış olmasına rağmen, kuanta fikri atomların elektronlarının hareketini açıklamakta oynadığı roldeki başarısını kanıtlamıştı.

Merkezindeki çok küçük bir çekirdeğin etrafında boş uzayda hareket eden bir elektronlar bulutuyla çevrilmiş olan Rutherford'un atom modelindeki problem, elektronları çekirdeğin içerisine düşmekten alıkoyan bir şeyin olmamasıydı. Sonuçta çekirdek artı yüklü, elektronlar eksi yüklü oldukları için birbirlerini çekmeliydiler. Bu tarz bir sistemi kararlı hale getirme arayışı çerçevesinde güneşin yörüngesindeki gezegenlerle bir benzetme kurulabilir; ancak ne yazık ki bu benzetme doğru olmaz. Gezegenler kütleçekim kuvvetince güneşe doğru çekilir ve ona doğru gitmeye "istekli"dirler; ancak hareketleri onları yörüngelerinde tutar, bir anlamda kütleçekim ile merkezkaç kuvveti dengelenmiş olur. Elektronlarsa atomun çekirdeği etrafında aynı şekilde yörüngede değildirler, çünkü elektrik yükleri vardır ve çünkü çekirdek etrafında yörüngede hareket etmek üzere yön değiştirmeleri gerekeceği için ivme kazanırlar, ayın dünyanın çevresindeki yörünge hareketinde olduğu gibi; ivme ise hızda ya da hareket yönünde veya her ikisinde bir değişim anlamına gelir. İvmelenen bir elektrik yük dışarıya elektromanyetik dalgalar biçiminde enerji salar ve bu şekilde enerji kaybettiği için de çekirdek etrafında "yörüngede" olan bir elektron çekirdeğin içerisine doğru dönerek sarmal biçimde ilerler ve atom bir saniyenin yaklaşık on milyarda biri gibi bir süre içerisinde çöküşe uğrar.[15] Newton ve Maxwell'in kla-

[14] *Bkz. Reviews of Modern Physics*, cilt XXI, s: 343, 1949

[15] Aslına bakılırsa bir yıldızın yörüngesindeki bir gezegen (yıldızın kütle-

sik fiziği çerçevesinde bu ikilemi çözmenin yolu yoktur. Atomların kararlı olmasının açıklamasını tamamıyla kuantum fiziğine borçluyuz ve bunun nasıl olabileceğini ilk kavrayan kişi Danimarkalı Niels Bohr'dur.

Niels Bohr
İlk kuantum atom modeli

Bohr 7 Ekim 1885'te Kopenhag'da doğdu. Ailesi akademi kökenliydi (babası Kopenhag Üniversitesinde fizyoloji profesörüydü, Niels'in ağabeyi Harald aynı üniversitede matematik profesörü oldu), iyi bir bilim eğitimi aldı ve bu eğitimini 1911 yılında Kopenhag Üniversitesinden fizik alanında doktora derecesi alarak tamamladı (bundan birkaç ay önce babası kalp krizinden ölmüştü). Aynı yılın Eylül ayında bir yıllığına J. J. Thomson'un yönetiminde çalışmak üzere Cavendish Laboratuarına gitti ancak oraya uyum sağlamakta zorlandı. Bunun nedenleri arasında İngilizcesinin yeterince iyi olmaması ve farklı kişiliği, ilgi duyduğu araştırma konularının o dönem Cavendish'tekilerle uyuşmaması ve artık ellili yaşlarının ortasına gelmiş olan J. J.'in yeni fikirlere daha önceki kadar açık olmaması sayılabilir. Ekim ayında Rutherford Cambridge'te bir konferans vererek son çalışmasını anlattı ve genç Bohr üzerinde çok güçlü bir etki yarattı. Bir ay sonra Bohr babasının eski meslektaşlarından birini Manchester'da ziyarete gitti; bu aile dostu (Bohr'un isteğiyle) Rutherford'u akşam yemeğinde kendilerine katılması için evine davet etti. Aradaki dil engeline rağmen Rutherford ve Bohr birbirleriyle hızla kaynaştılar (ortak bilimsel ilgileri haricinde, Rutherford kariyerinin başlangıcında Cambridge'te dışlanmış biri olmanın nasıl bir şey olduğunu çok iyi anlayabiliyordu) ve sonuç 1912 yılı Mart ayında

---

çekim alanı içerisinde hareket etmektedir), kütleçekim ışıması üretecek ve benzer bir şekilde ağır ağır enerji kaybedecektir; ancak kütleçekim öylesine zayıf bir kuvvettir ki (neticede bütün dünyanın kütleçekim kuvveti bir elmanın sapının içindeki az sayıdaki atom arasındaki elektrik kuvvetlerin üstesinden zar zor gelerek elmanın ağaçtan düşmesini sağlayabilmektedir) dünya gibi bir gezegenin yörüngesi üzerinde aradan milyarlarca yıl geçmesine rağmen ölçülebilir bir etki yaratmayı başaramaz.

Bohr'un İngiltere ziyaretinin son altı ayı için Manchester'a taşınması oldu. Çalışmasını tamamlaması altı aydan fazla sürmesine karşın, Manchester'da doğrudan Rutherford'un modeline dayalı olarak ilk kuantum atom modelini ortaya çıkardı.

Bohr 1912 yılı yazında Danimarka'ya döndü, 1 Ağustos'ta nişanlısı Margrethe Nørlund'la evlendi ve sonbaharda Kopenhag Üniversitesinde düşük kıdemde bir akademisyen olarak ders vermeye başladı. Üçü de 1913 yılı sonlanmadan yayımlanan ve 1922 yılında Nobel ödülü alacağı çalışmanın temelini oluşturan atomun yapısı konusundaki üç makalesini burada tamamladı. Bohr'un mesleki yaşantısındaki büyük dehası veya ustalığı, bir olgunun başarılı bir modelini oluşturmak için gereken fizik bilgilerini birbirine ustalıkla ekleyebilmesinde yatar. Kafanızda olan bitenin bir resmini canlandırmakta faydalıysa ve (esas önemlisi) deneylerin sonuçlarıyla uyumlu öngörüler sağladığı müddetçe bir modelin iç tutarlılığı konusunda fazla kaygılanmaz. Örneğin Rutherford-Bohr atom modeli, klasik kuramdan parçalar (yörüngedeki elektronlar fikri) ve kuantum kuramından parçalar (enerjinin sadece ayrık paketçikler, *hν* biçiminde yayıldığı ve soğurulduğu fikri) içerir; bununla beraber daha iyisini buluncaya dek fizikçilerin karşı karşıya oldukları zorlukları aşmasına yardım etmeye yetecek bir kavrayışı da sunar. Hâttâ sunduğu fizik kavrayışı o kadar iyidir ki halen okullarda bize öğretilen atom modeli budur ve bu sayede burada ayrıntılarını tekrarlamamıza gerek kalmamaktadır. Bohr elektronların çekirdek etrafındaki yörüngelerinde kalmak zorunda olmalarının nedeninin, klasik yasalar uygulandığında gerekeceği üzere, sürekli ışınım yaymaya fiziksel olarak yeterli olmadıklarından kaynaklandığını söyler. Bir elektron enerji kuantumlarını sadece her seferinde bir tane olacak şekilde yayabilir ve bu onun bir yörüngeden diğerine atlamasıyla gerçekleşir; bunu Mars gezegeninin birdenbire bir enerji patlaması salarak dünyanın yörüngesinde karşımıza çıkmasına benzetebiliriz. Kararlı yörüngeler belirli sabit enerji miktarlarına tekabül ederler, ancak yörüngeler arasında olma diye bir durum yoktur, dolayısıyla içe doğru sarmal hareket olanaksızdır. O zaman niçin bütün elektronlar doğrudan çekirdeğin içerisine sıçramamaktadır? Bohr

(tamamen *ad hoc*[16]) izin verilen her bir yörüngenin sadece belirli sayıda elektrona yetecek "yere" sahip olduğunu ve çekirdekten daha uzaktaki elektronların içerdeki yörüngeler doluysa içeriye doğru atlayamayacağını kabul etti (dolayısıyla bu benzetmede Mars dünya zaten orada olduğu için dünyanın yörüngesine sıçrayamazdı). Çekirdeğe en yakın elektronlara gelince, onların da atomun merkezine sıçramaları yasaktı, ancak bunun açıklaması için bir süre beklemek gerekecekti (ileride göreceğimiz üzere açıklama, bundan yaklaşık on yıl kadar sonra Werner Heisenberg'in belirsizlik ilkesini keşfiyle geldi).

Şu ana kadar anlatılanlar elbette yapısal temeli olmayan güzel bir modelden ibaret. Oysa Bohr bundan daha iyisini yaptı. Her bir elektronun bir yörüngeden bir diğerine "sıçraması" tam olarak belli bir enerji kuantumunun serbest bırakılmasına denk düşer ve bu da tam olarak belli bir ışık dalga boyuna tekabül eder. Çok büyük sayıda bağımsız atom (örneğin bir miktar hidrojen gazı) bu biçimde ışınım yayarsa, kuanta (fotonlar) birbirlerine eklenerek o dalga boyundaki tayfta parlak bir çizgi oluştururlar. Bohr modele matematik hesaplamaları ekleyip elektronlar aşağıya doğru sıçradıklarında enerjinin yayılma biçimini (veya tersinden elektronlar izin verilen bir yörüngeden diğerine yukarıya doğru sıçradıklarında enerjinin nasıl soğurulacağını) hesapladığında, modelin öngördüğü tayf çizgilerinin konumlarının gözlemlenen tayflardaki çizgilerin konumlarıyla tam olarak örtüştüğünü buldu.[17] Kuantum fiziği her elementin kendisine özgü bir tayf parmak izine niçin ve nasıl sahip olduğunu açıklamıştı. Model eski ve yeni fikirlerden oluşmuş bir kırkyamaydı belki ama işe yaradığı açıktı.

Rutherford-Bohr modeli neredeyse yanıtladığı soru kadar yeni soru doğurdu ancak izlenecek yolun kuantum fiziği olması gerektiğini gösterdi ve Einstein'ın kuramsal çalışması ve Millikan'ın deneyleriyle beraber tam bir kuantum kuramına doğru ilerlenecek yola işaret etti; bu kuram 1920'lerde geliştirilecekti. Henüz daha üç makalesi basılmamış olmasına karşın haberler dışarıya

[16] Amaca mahsus biçimde –çn.

[17] En azından en basit atom olan hidrojende böyleydi bu; karmaşık atomlarda gerekli hesaplamaları yapmanın çok zor olduğu ortaya çıktı, ancak bu modelin işlediğini göstermek için yeterliydi.

sızar sızmaz Bohr'un değeri yükseldi. 1914 yılının başında Kopenhag Üniversitesi eğer kabul ederse Bohr için özel kuramsal fizik profesörlüğü kürsüsünü açmaya hazır olduğunu ifade etti. Ardından kendisine Rutherford mektupla Manchester'dan iki yıllık bir okuyuculuk teklifi iletti (bu atama adından da anlaşılacağı üzere kürsü sahibinin ders verme ve yönetsel sorumluluklar olmaksızın araştırma yapabilmesini sağlıyordu). Kopenhag'ı beklemeye ikna ederek Bohr (henüz 29 yaşındaydı) bir süre için Rutherford'la beraber çalışma olanağını değerlendirdi. Savaşın başlamasına rağmen (Danimarka I. Dünya Savaşında tarafsız kaldı) Bohrlar İngiltere'ye gemi yoluyla sorunsuz biçimde vardılar ve 1916 yılında da aynı şekilde dönüş yolculuklarını gerçekleştirdiler. Manchester'da kalıcı bir kürsü verilmesi dahil gelen çeşitli tekliflere karşın Bohr Danimarka'da kalmayı tercih etti ve burada gördüğü saygı Kopenhag'ta bugün Niels Bohr Enstitüsü olarak bilinen araştırma amaçlı bir Kuramsal Fizik Enstitüsü için gerekli kaynağın bulunmasını sağladı. Enstitü, sonraki yıllarda dönemin en büyük fizikçileri için kısa veya uzun ziyaretler yaptıkları bir çekim merkezi haline geldi ve yeni kuantum fiziği alanındaki fikirlerin tartışılarak çözüme kavuşturulduğu bir forum olanağı sağladı. 1930'lu yıllarda Bohr nükleer fizikle ve nükleer fisyon yoluyla enerji elde edilmesi olasılığıyla ilgilenmeye başladı. II. Dünya Savaşında Alman kuvvetleri Danimarka'yı işgal edince Nazilerin atom silahları elde etmesi olasılığından endişe duymaya başladı ve İsveç üzerinden İngiltere'ye kaçtı. Oğlu Aage Bohr'la beraber (o da 1975 yılında Nobel ödülüne layık görüldü) Manhattan Projesinde danışmanlık yaptı. Savaştan sonra Niels Bohr, atom enerjisinin barışçıl kullanımını destekledi ve İsviçre'deki Avrupa parçacık fiziği araştırma merkezi CERN'in kuruluşuna önderlik eden kişilerden biri oldu. 18 Kasım 1962'de öldü, onun ölümünün ardından Kopenhag Enstitüsü yöneticiliğine Aage Bohr getirildi.

Bohr'un atom modelinin ve modelde 1920'lerde yapılan iyileştirmelerin en iyi yönlerinden biri kimyanın kavranması için şart olan, bazı elementler birbirleriyle tepkimeye girerek bileşikler oluştururken diğerlerinin nasıl ve neden oluşturmadığının anlaşılması için gereken temeli sağlamış olmasıdır. Bu hikâyeyi hayatın kimyasını ele alacağımız bir sonraki bölüme saklayalım.

Şimdilik atomun içerisindeki yolculuğumuza devam ederek yeni kuantum fiziğinin çekirdeğin anlaşılmasını nasıl sağladığını ve yeni parçacık fiziği dünyasının kapılarını açtığını görelim.

Louis de Broglie

Çok sayıda yanlış denemenin ve çıkmaz olduğu görülen birçok yola sapılmasının, keza ışık kuantası istatistiği konusunda önemli ancak teknik çalışmaların ardından kuantum fiziğinde bir sonraki büyük adım 1924 yılında gerçekleşti. Fransız fizikçi Louis de Broglie (1892–1987) Sorbonne'daki (1925'te yayımlanan) doktora tezinde nasıl elektromanyetik dalgalar parçacıklar cinsinden açıklanıyorsa, aynı şekilde bütün maddi parçacıkların, örneğin elektronların dalgalar cinsinden betimlenebileceği fikrini ileri sürdü. De Broglie fiziğe geç başlayanlardandı (tezini kaleme aldığında otuzlu yaşlarındaydı). Bunun nedeni birincisi aristokrat ailesinin onun bir diplomat olarak kariyer yapmasını istemesi ve babasının isteğine tamamen aykırı olarak fiziğe geçmeden önce, Sorbonne'da 1909 yılında tarih eğitimi almaya başlaması; ikincisiyse I. Dünya Savaşı sırasında Eiffel Kulesinde kurulan bir üste radyo uzmanı olarak hizmet etmesiydi. Atomaltı dünyaya getirdiği ve kendisine 1929 yılında Nobel ödülü kazandıran esaslı açıklamayla kaybettiği bu zamanı telafi etmiş olduğunu kesinlikle söyleyebiliriz. Fikir kelimelere döküldüğünde göz kamaştırıcı bir basitlikte ancak bir o kadar da aklıselime aykırıdır.

De Broglie ışık kuantasıyla ilgili iki denklemden yola çıktı (her ne kadar kavram bu çalışmadan birkaç yıl sonra kabul görse de şu andan itibaren bunlara fotonlar diyeceğiz). Bunlardan biriyle karşı karşıya gelmiştik: $E = h\upsilon$. Diğerini karşımıza Einstein görelilik kuramında çıkarmıştı ve bir fotonun momentumu (p, çünkü m öncesinde kütle için kullanılmıştı) ile hareket ettiği hızı (c, ışık hızı) ve taşıdığı enerjiyi birbirine bağlıyordu: $E = pc$. Bu iki denklemi bir araya getiren de Broglie şu denkleme ulaştı: $h\upsilon = pc$ veya $p = h\upsilon/c$. Elektromanyetik ışımanın dalga boyu (genellikle Yunan harfi lambda λ ile gösterilir) frekansa $\lambda = \upsilon/c$ ile bağlı olduğu için bu $p\lambda = h$ olduğu anlamına gelir. Sözle ifade edersek bir "parçacığın" momentumu çarpı dalga boyu Planck sabitine eşittir. 1924

yılında bu ışık açısından çok da şaşırtıcı bir fikir değildi ancak de Broglie bunun daha geleneksel parçacıklar, özellikle elektronlar için de geçerli olduğunu savunuyordu. Bu temelde bir atom modeli tasarlayarak bu modelde elektronları "yörüngeler" etrafında kendi kuyruğunu ısıran bir yılan gibi hareket eden dalgalar olarak betimledi. Atomdaki elektronların farklı enerji seviyelerinin, kopmuş bir gitar telinde çalınan notalara benzer biçimde bu dalgaların farklı armonilerine karşılık geldiğini ve sadece dalganın tepe ve çukurlarının birbirlerini yok etmeyip güçlendirmesiyle bu armonilerin tam olarak uyumlu hale geldiği yörüngelere izin verildiğini söyledi. Tez danışmanı Paul Langevin (1872–1946) bu söylenenler karşısında hayretler içerisinde kaldı ve tezi Einstein'a gösterdi; Einstein da yanıtında bunun önemli bir çalışma ve bir matematiksel numaradan çok daha fazlası olduğunu söyledi.

De Broglie doktora derecesini aldı ve sözlü sınavda kendisine fikrinin nasıl test edilebileceği sorulduğunda denklemine göre elektronların tam da kristal örgülerde kırınmaya uygun dalga boylarına sahip olması gerektiği yanıtını verdi. De Broglie'nin öngörüsü 1927 yılında birbirlerinden bağımsız biçimde [biri ABD'de Clinton Davisson (1881–1958) ve Lester Germer (1896–1971), diğeri Aberdeen'de George Thomson (1892–1975) tarafından] yapılan iki deneyde doğrulandı. Davisson ve Thomson 1937 yılında Nobel ödülünü paylaştılar; Germer'e verilmedi, bunun nedeni tahminimizce Davisson'la çalışmayı yaparken "sadece" bir öğrenci olmasıydı. Sıkça belirtildiği gibi, Nobel ödülünün J.J.'in oğlu George Thomson'a verilmiş olması kuantum dünyasının aklıselime aykırı doğasına ilişkin mükemmel bir göstergedir. J. J. ödülü elektronların parçacık olduğunu kanıtladığı için aldı. George ödülü elektronların dalga olduğunu kanıtladığı için aldı. Ve ikisi de haklıydı.

Bu dönemde artık Arthur Compton'un (1892–1962) önce Washington Üniversitesi, St. Louis'te, ardından Chicago'da yaptığı çalışmayla fotonların var olduğuna ilişkin nihai kanıtlama da sağlanmıştı. Compton 1923 yılının sonunda atomlardaki elektronlardan saçılan X-ışınları üzerine yaptığı bir dizi deneyle bu saçılmanın sadece parçacıklar arasındaki bir momentum alışverişiyle açıklanabileceğini tespit etti ve bu sayede 1927'de Nobel ödülünü aldı. Kuantum dünyasının garip mantığına bir başka

örnek olan ve elektromanyetik ışımanın hem dalga hem parçacık olduğunu göstermek için elektronları parçacık olarak ele alan bu çalışma, de Broglie'ye elektronların dalgalar biçiminde de hareket edebileceğini göstermek için esin kaynağı oldu! De Broglie'nin denkleminin bize söylediği, *her şeyin* ikili bir dalga-parçacık karakterine sahip olduğudur. Momentum kütleyle ilişkili olduğu için (ışık hariç, bu yüzden ışık genellikle özel bir durumdur ve fotonlar kavramın gündelik dildeki kullanımıyla da kütlesizdirler) ve Planck sabiti bu kadar küçük olduğu için, sizin veya benim gibi veya bir ev ya da top gibi gündelik cisimlerin "dalga özelliği" hiç saptanamayacak kadar küçüktür. Dalga özelliği sadece bir cismin kütlesi Planck sabitiyle (uygun birimlerle ölçüldüğünde) hemen hemen aynı veya ondan daha az büyüklükte ise önem kazanır. Bu dalga-parçacık ikiliğinin dalga yönünün moleküler düzeyin üzerinde hemen hiçbir önem taşımıyor, atomlar düzeyindeyse tümden göz ardı edilemiyor oluşu gerçeğinin, protonlar ve nötronların hareketinin betimlenmesinde önemli bir etmen olduğu, atomların içerisinde veya dışarısındaki elektronların hareketinin betimlemesindeyse çok önemli bir etmen olduğu anlamına gelir. Bu aynı zamanda bize gündelik, aklıselim deneyimlerimizle bir elektronun "gerçekte ne olduğunu" anlama yönünden hiçbir umut taşıyamayacağımızı söyler. Bu kelimenin gerçek anlamıyla daha önce gördüğümüz hiçbir şeye benzemez. Bulma umudu taşıyabileceğimiz tek şey, bize elektronların farklı koşullar altında nasıl bazen daha çok dalgaya bazen parçacığa benzer şekilde davrandığını söyleyen denklemler ve matematik modellerdir. De Broglie'nin tezinin mürekkebi neredeyse henüz kurumamışken ortaya çıkan kuantum mekaniğiyle gerçekleşen de budur.

Erwin Schrödinger'in Elektronlar İçin Dalga Denklemi Elektronların Kuantum Dünyasına Dönük Parçacık Yaklaşımı

Atomlardaki elektronların davranışını betimleyen bu tür tam bir matematiksel model, de Broglie'nin fikirlerinin yayımlanmasından sonraki aylarda bir değil iki kez geliştirildi. De Broglie'den o dönem Zürih'te fizik profesörü olan Avusturyalı fizikçi Erwin

Schrödinger'e (1887–1961) uzanan doğrudan hâttâ, Schrödinger tamamen dalgalara dayanan bir model geliştirdi ve bir dalga denklemi gibi rahatlatıcı ve tanıdık bir şeyle atomaltı fiziğinin acayip dünyasına yeniden biraz aklıbaşındalık taşıdığını düşünmekten mutluluk duydu. Çalışmasının yayımlandığı 1926 yılında bu kez rakip olarak karşısında atomlardaki elektronların davranışının bir başka tam matematiksel betimlemesini buldu. Parçacık yaklaşımına sahip ve bir enerji düzeyinden diğerine kuantum sıçramayı savunan bu modelin başlangıcı Alman Werner Heisenberg (1901–1976) tarafından yapıldı, onu derhal Göttingen Üniversitesindeki meslektaşları Max Born (1882–1970) ve Pascual Jordan (1902–1980) izledi ve genç Britanyalı fizikçi Paul Dirac (1902–1984) onlara katıldı. Dirac atomlardaki elektronların hareketini betimlemek için ilk olarak daha soyut bir matematiksel biçimcilik geliştirdi (üçüncü tam kuantum kuramı!), ardından diğer yaklaşımlarının her ikisinin de bu biçimcilikle sınırlı ve matematiksel açıdan birbirlerine denk olduklarını (tıpkı bir mesafeyi mil veya kilometreyle ölçmenin ölçtüğünüz uzaklığı değiştirmemesi gibi) gösterdi. Saydığımız kişilerin tümü (Nobel komitesinin gizemli bir sapması sonucu Jordan hariç) sonunda kuantum kuramına yaptıkları çeşitli katkılar nedeniyle Nobel ödülüne layık görüldüler.

Yaşanan bu keşif sağanağının sonucu 1927 yılına gelindiğinde fizikçilerin artık elektronlar gibi kuantum varlıklarının hareketinin hesaplanmasında değerlendirebilecekleri matematiksel model seçeneklerine sahip olmalarıydı. Çoğu, Schrödinger gibi bir dalga denklemiyle çalışmanın keyifli aşinalığını tercih etti; ancak bu bize kuantum gerçekliğinin dalga yorumunun, parçacık yorumundan daha derin bir doğruluk içerdiğini düşündürmemeli (tersine, bu aşinalığıyla dalga mekaniği yaklaşımının kuantum dünyasının gerçek doğasını görmemizi engellemesi daha olasıdır). Bunlar gündelik yaşantımızdaki hiçbir şeye benzemeyen, bazen parçacık gibi bazen dalga gibi davranabilen bir bütünün farklı görünümleridir. İnsanlar halen daha tüm bunların "gerçekte ne anlama geldiğini" tartışıyorlar, bizim hedeflerimiz açısındansa pragmatik yaklaşımı benimsemek ve kuantum mekaniğinin deneylerle doğrulanan öngörüler yapma anlamında iş gördüğünü, dolayısıyla ne anlama geldiğinin önemli olmadığını söylemek yeterlidir.

Heisenberg'in Belirsizlik İlkesi: Dalga-Parçacık İkiliği

Heisenberg ünlü belirsizlik ilkesiyle kuantum fiziğine burada vurgulamamız gereken bir başka katkı daha yaptı. Bu ilke dalga-parçacık ikiliğiyle ilgilidir ve konum ve momentum gibi bazı kuantum özellikleri çiftlerinin hiçbir zaman aynı anda tam olarak tanımlanamayacağını söyler; bu parametrelerin en azından birinin değerinde (Planck sabitinin büyüklüğüyle bağlantılı olarak; bu etkilerin sadece çok küçük ölçeklerde kendisini gösterdiğini tekrar belirtelim) her zaman bir belirsizlik tortusu vardır. Çiftlerden birinin tamlığı ne kadar zorlanırsa diğerinin tamlığı o kadar az olur. Bu bizim yetersiz ölçüm aletlerimizin ölçmeye çalışırken kuantum dünyasını tahrik etmesiyle oluşan (örneğin bir elektronun konumunu ölçmeye çalışırken onu hafifçe dürtüp momentumunu değiştirmemiz gibi) bir durum *değildir*. Bu kuantum dünyasının temel bir özelliğidir; bir elektron tam olarak hem nerede olduğunu hem de nereye gittiğini aynı anda "bilmez". Heisenberg'in 1927 yılındaki bir makalesindeki ifadesiyle "bizler ilke olarak sürmekte olanı tüm ayrıntılarıyla *bilemeyiz*."

Burada ayrıntılarına girmeyecek olsak da, bu dünyanın işleyişine ilişkin öylesine temel bir durumdur ki belirsizlik ilkesinden yola çıkarak kuantum mekaniğinin tüm yapısını baştan aşağı tekrar inşa etmek mümkündür. Belirsizlik ilkesinin kudretini vurgulamak için bir atomdaki elektronların (bunun için içe doğru sarmal hareket değil de, bir dizi sıçrama yapmaları şart olsa bile) neden çekirdeğin içerisine düşmedikleri sorusuna dönüş yapabiliriz. Bir elektron bir çekirdeğin etrafında yörünge durumundayken momentumu yörüngenin özelliklerince çok iyi belirlenmiştir, dolayısıyla momentum-konum çiftinde bir belirsizlik olacaksa bu mecburen konumunda olur. Bir elektron bir yörünge üzerinde bir yerdeyse gerçekten de konumunda belirsizlik vardır; yörüngenin bir tarafında veya diğer tarafında olabilir (eğer diğer betimlemeyi tercih ediyorsanız yörünge etrafında yayılmış bir dalga olabilir). Çekirdeğin içerisine düşerse bu durumda konumu çok iyi belirlenmiş olur; çekirdeğin hacminin içerisindedir. Momentumu da çok iyi belirlenmiş olur, çünkü artık hiçbir yere gitmemektedir. Bu belirsizlik ilkesine aykırıdır (dilerseniz bunu da çekirdeğin, elektronla ilişkili dalganın içine sığamayacağı kadar, küçük olduğu bi-

çiminde ifade edebilirsiniz). İlgili sayıları, bir atomun içindeki bir elektron için uygun momentum değeriyle birlikte hesaplamaya yerleştirirseniz, bir atomun içindeki en küçük elektron yörüngesinin büyüklüğünün belirsizlik ilkesini çiğnemeyecek şekilde olabilecek en küçük değerde olduğu sonucu ortaya çıkar. Atomların büyüklükleri (hâttâ atomların var olması olgusu!) kuantum mekaniğinin belirsizlik ilkesince belirlenir.

Dirac'ın Elektron Denklemi

II. Dünya Savaşının neden olduğu bilimsel araştırmalardaki kesintinin de etkisiyle 1920'lerin ortasında atılan bu adımların sonuçlarının derlenip toparlanması birkaç on yıl sürdü. Ancak bu kesintiden önce gerçekleşen iki önemli gelişme daha vardı. Dirac 1927 yılındaki bir makalesinde özel görelilik kuramının gerekliliklerini tam olarak karşılayan bir elektron dalga denklemi oluşturdu. Bu konu hakkındaki nihai hükümdü, artık elektronun denklemi elimizdeydi. İlginç biçimde, nasıl $x^2 = 4$ basit denkleminin iki sonucu varsa, bu denklemin de iki çözümü vardı. Bu basit örnekte sonuç ya $x = 2$ ya da $x = -2$ olur. Peki, Dirac'ın denklemindeki bundan çok daha karmaşık olan "negatif çözüm" ne anlama geliyordu? Bu bir elektronun zıt özelliklerine sahip bir parçacığı betimliyor olsa gerekti; özelliklerinden en dikkate değer olanı da eksi yük yerine artı yük sahibi olmasıydı. Önce Dirac bu çözümün protona uyup uymayacağına baktı; proton da artı yüklüydü ama elbette "negatif elektron" olamayacak kadar büyük bir kütleye sahipti[18]. 1931 yılında Dirac (başka insanlarla birlikte) denklemin aslında daha öncesinde bilinmeyen, elektronla aynı kütleye sahip ancak artı yüklü bir parçacığın varlığına işaret ettiğinin farkına vardı. Denklem üzerinde yapılan sonraki çalışmalar eğer (örneğin enerjik bir gama ışınından elde edilebilecek) yeterli enerji varsa, Einstein'ın $E = mc^2$ denklemi uyarınca bunun bir elektron ve bir negatif elektron biçiminde bir parçacık *çiftine* dönüştürülebildiği sonucunu verdi. Enerji, bu elektrik yükünün korunumuna aykırı olduğu için tekil bir parçacığa, hâttâ iki elektrona dönüştürülemi-

[18] Bir negatif elektronun pozitif (artı) yüke sahip olması gerekir, çünkü elektron eksi yüklüdür ve iki eksi bir artı eder.

yordu; ama pozitif-negatif bir çift yaratılmasıyla (enerji girişiyle sağlanan) kütle haricindeki tüm özellikler siliniyordu.

Karşı-Maddenin Varlığı

California Teknoloji Enstitüsü'nde çalışan Carl Anderson (1905–1991) 1932 ve 1933 yılında gerçekleştirilen deneylerde kozmik ışınlar üzerine yürüttüğü çalışma sırasında bu tip bir artı yüklü parçacığın izine ulaştı. Pozitron adını verdiği parçacığın sis odasında kozmik ışınlar üzerinde çalışırken Dirac'ın öngördüğü çift-üretim süreci yoluyla üretildiğinin farkına varmamış olsa da, bağlantı bir süre sonra başkaları tarafından kuruldu. Bugün verilen ismiyle karşı-madde, fiziksel dünyanın gerçek bir özelliğiydi ve bugün tüm parçacıkların zıt kuantum özelliklere sahip bir karşı-madde denkliği olduğu bilinmektedir.

Yeğin Nükleer Kuvvet

1930'ların son büyük keşfini yerli yerine oturtabilmek için yaklaşık on yıl geriye, 1920'lerin başına dönmemiz gerekir. O dönemde nötron henüz keşfedilmemişti ve bunu dört proton ile iki elektronun bileşkesi olarak açıklamaya çalışan çeşitli alfa parçacığı modelleri vardı. Bu tip bir varlığın elektrostatik itki nedeniyle kendisini patlatması gerektiği açıktı. 1921 yılında yayımladıkları bir makalede Chadwick ile meslektaşı Etienne Bieler eğer bu tür bir alfa parçacığı modeli doğruysa bunun "çok büyük bir yoğunluğa sahip kuvvetler" tarafından bir arada tutulması gerektiğini yazarak "bizim görevimiz bu etkileri yeniden yaratacak bir kuvvet alanı bulmaktır"[19] sonucuna vardılar. Bu sonuç iki proton ve iki nötrondan oluşan alfa parçacığı modelleri için, hâttâ esas itibarıyla nötron ve protonlardan oluşmuş, toplamda artı yüke sahip toplar olan tüm çekirdekler için aynı ölçüde geçerlidir. Yeğin bir kuvvet, atom çekirdeğinin çapının temsil ettiği ve çok kısa mesafelerde elektrik kuvvetten daha yeğin bir kuvvet, elektrik itkiyi yenebilmeli ve her şeyi bir arada tutabilmeliydi. Biraz sıkıcı bir tabirle buna yeğin nükleer kuvvet veya kısaca "yeğin kuvvet" adı

[19] *Philosophical Magazine*, cilt 42, s: 923, 1921

verildi. Daha sonra yapılan deneyler bu kuvvetin elektrik kuvvetten yaklaşık yüz kat daha yeğin olduğunu gösterdi, en büyük kararlı çekirdekte yaklaşık yüz proton olmasının nedeni de budur; daha fazla olursa elektrik itki yeğin kuvveti alt eder ve çekirdeği patlatır. Öte yandan yeğin kuvvet elektrik, manyetik ve kütleçekim kuvvetlerinin aksine ters kare yasasına uymaz. Yaklaşık 10^{-13} santimetre gibi sınırlı bir erimde çok yeğindir ve bu mesafenin dışında hiç etkisi olmaz. Çekirdeklerin sahip oldukları büyüklüğün nedeni budur; yeğin kuvvet daha uzun bir erime sahip olsaydı çekirdekler de buna uygun olarak daha büyük olurlardı.

Atom bulmacasında yapbozun son parçası 1920'ler sırasında çözümü giderek daha büyük bir önem kazanan bir sorunun çözülmesiyle yerli yerine oturdu. Beta bozunumu sürecinde bir atom (aslında bir atomun çekirdeği) bir elektronu dışa atar ve bu süreç sonucunda periyodik tabloda bir yandaki elementin atomuna dönüşür. Nötron keşfedildikten sonra bu sürecin aslında bir nötronun bir proton ve bir elektrona dönüşmesi (veya kendisini dönüştürmesi) olduğu anlaşıldı. Nötronlar eğer bir atom çekirdeğinin dışında kendi başlarına bırakılırlarsa bu şekilde kendiliğinden bozunurlar. Burada elektronun nötronun "içinde" olması ve kaçmasının bir mantığı olamayacağının anlaşılması önemlidir; çünkü kuantum belirsizliği (ve başka şeyler) sayesinde bildiğimiz üzere, bu mümkün değildir. Burada olan nötronun kütle-enerjisinin bir elektron ile bir protonun kütle-enerjisine dönüşmesi ve kalan miktarın da elektrona bozunumun yakınından uzaklaşması için gereken kinetik enerjiyi sağlamasıdır.

Buradaki mesele çekirdekten bu şekilde uzaklaşan elektronun iyi tanımlanmış bir maksimum değere dek belli bir enerji miktarını taşıyabiliyor gibi gözükmesiydi. Bu alfa bozunumu sırasında dışarı atılan alfa parçacıklarının davranışından çok farklı bir şeydi. Alfa bozunumunda belirli türde bir çekirdekten atılan tüm parçacıklar ya aynı kinetik enerjiyle veya belirli miktarda daha az bir enerjiyle ama enerjik bir gama ışını eşliğinde ortaya çıkabilirler. Alfa parçacığı ile gama ışınının taşıdığı enerjinin toplamı her zaman belirli türdeki söz konusu çekirdeğin maksimum enerjisine eşittir ve bu yolla serbest bırakılan enerji ilk çekirdek ile bozunum sonrası ortaya çıkan çekirdek arasındaki kütle-enerji farkına eşittir; dolayısıyla

enerjinin korunumu vardır. Öte yandan gama ışını fotonları kuantize oldukları için kaçan alfa parçacıkları ancak belirli ayrık enerjilere sahip olabilir ve toplama katkıları oranında ancak belirli ayrık enerji miktarlarını taşıyabilirler. Alfa bozunumunda benzer şekilde momentum ve açısal momentum da korunur. Öte yandan beta bozunumunda belirli türde bir çekirdekten yayılan elektronlar için halen daha iyi tanımlanmış bir maksimum enerji miktarı olsa da, bunların bundan çok daha az, neredeyse sıfıra yakın değerler dahil, istedikleri herhangi bir enerji miktarında karşımıza çıktıkları görüldü ve fazlalığı alıp götüren eşlik edici fotonlar da yoktu. Süreç enerjinin korunumu yasasına aykırı gibi görünüyordu. Başlangıçta deneylerde bir hata var sanıldı; 1920'lerin sonuna gelindiğindeyse beta bozunumu sürecinde elektron enerjilerinde gerçekten de süreğen bir "spektrum" olduğu anlaşıldı. Süreçte görünüşe göre diğer özellikler de korunmuyordu, ancak burada bunların ayrıntısına girmemize gerek yok.

1930'lu yılların sonunda Wolfgang Pauli (1900–1958) tüm bu olup bitenleri açıklayan ve büyük tartışma uyandıran bir varsayımla ortaya çıktı. Bu varsayımın meslektaşlarının çoğu için ne kadar inanılmaz olduğunu anlatmak için o dönemde fiziğin bildiği elektron ve proton olmak üzere sadece iki geleneksel parçacık olduğunu, dolayısıyla (görülmeyen bir parçacığı bırakın) başka bir "yeni" parçacık önerisinin neredeyse kutsallara saygısızlık olarak görüldüğünü hatırlatalım (foton o dönemde bile henüz bir parçacık olarak görülmüyordu ve nötron da henüz keşfedilmemişti). 4 Aralık 1930 tarihli bir mektupta Pauli şöyle yazıyordu:

> Son derece umarsız bir çıkış yolu buldum... Çekirdekte nötron adını verdiğim elektriksel açıdan yüksüz parçacıkların olma olasılığı... Bu durumda süreğen beta spektrumu, beta bozunumunda elektronun yanında bir nötronun da, nötron ve elektronun toplam enerjilerinin sabit olacağı şekilde yayıldığı varsayımıyla birlikte anlaşılır hale gelir.[20]

Diğer bir ifadeyle Pauli'nin nötronu alfa bozunumunda gama ışınının rolünü oynadı; farkı, ulaşılabilen en üst değere dek belirli

[20] Pais, *Inward Bound*'dan alıntılanmıştır.

miktarda bir kinetik enerji taşıyabilmesi ve gama ışını fotonlarıyla aynı biçimde kuantize olmamasıydı.

Zayıf Nükleer Kuvvet; Nötrinolar

Aradan iki yıl geçmeden Chadwick'in tespit ettiği ve Pauli'nin düşündüğü parçacık olmadığı kesin olan bir nükleer parçacığa "nötron" adının uyarlanması, Pauli'nin umarsız çaresinin ne kadar az bir etki yarattığının göstergesidir. Ne olursa olsun "süreğen beta spektrumu" sorunu varlığını sürdürdü ve 1933 yılında Enrico Fermi (1901–1954) nötronun var olduğu bilgisinin yardımıyla Pauli'nin fikrini alıp tam bir model haline getirdi. Bu modelde bozunum süreci, sonrasında zayıf nükleer kuvvet olarak adlandırılmaya başlanacak olan, yeni bir kuvvet alanının hareketi tarafından tetikleniyordu. Model, çekirdek içerisinde proton ve nötronları bir arada tutan yeğin kuvvete ek olarak, ayrıca bir nötronun bir proton, bir elektron *artı* ("küçük nötron"un İtalyancasından) "nötrino" adını verdiği bir başka yüksüz parçacığa bozunmasına sebep olan zayıf ve kısa erimli bir kuvvetin na'sıl var olabildiğini betimliyordu. Böylece Pauli'nin spekülasyonundan farklı olarak Fermi, beta bozunumu sırasında yayılan elektronların enerjisinin ne şekilde dağıldığını gösteren ve deneylerle uyumlu bir matematiksel model sundu. Buna rağmen Fermi bu çalışmasını anlatan bir makaleyi Londra'daki *Nature* dergisine yolladığında makale "fazla spekülatif" olduğu için reddedildi ve bir İtalyan dergisinde yayımlandı. Makale, fikri destekleyen somut ve ayrıntılı kanıtlar sunmasına karşın, nötrino bize ele geçirilmesinin ne kadar zor olduğunu gösterdi ve doğrudan saptanması ancak 1950'lerin ortasında oldu. Bunun deneysel açıdan ne kadar büyük bir beceri gerektirdiğini anlatmak için şu örneği verebiliriz; bir nötrino ışını eğer 3000 ışık yılı kalınlığındaki bir kurşun duvarın içerisinden geçirilse, bu nötrinoların sadece yarısı kurşun atomlarının çekirdekleri tarafından tutulurdu.

Nötrinonun varlığının tespiti, gündelik hayatımızdaki şeylerin hareketinden sorumlu olan parçacıklar ve kuvvetler kümesinin tamamlanması anlamına gelir. Atomlardan oluşuyoruz. Atomlar protonlar, nötronlar ve elektronlardan oluşuyor. Çekirdek, yeğin

kuvvetle bir arada tutulan proton ve nötronlar içeriyor; çekirdeğin içerisinde zayıf kuvvetin etkisiyle beta bozunumu gerçekleşebiliyor (bazı durumlarda da çekirdeğin iç düzenlemesinin bir sonucu olarak alfa parçacıkları dışarı atılabiliyor). Elektronlar çekirdeğin dışında bir bulutun içerisindeler, yerlerini elektromanyetik kuvvetlere borçlular, ancak kuantum fiziğinin kuralları gereğince sadece belirli enerji durumlarında bulunmalarına izin var. Büyük ölçeklerde maddenin daha büyük öbeklerinin bir arada tutulmasında kütleçekim önemli. Toplamda endişelenmemiz gereken dört parçacık (proton, nötron, elektron ve nötrino) (ayrıca bağlantılı karşı-parçacıkları) ve göz önüne almamız gereken dört kuvvet (elektromanyetizma, yeğin ve zayıf nükleer kuvvetler ve kütleçekim) var. Bunlar duyularımızla algıladığımız her şeyi, yıldızların niçin parladığından vücudumuzun yiyecekleri nasıl hazmettiğine, hidrojen bombasının patlamasından buz kristallerinin kar tanelerini oluşturmasına dek açıklamaya yeterliler.

Kuantum Elektrodinamiği

Kütleçekimi hariç tutalım, bir de zayıf nükleer kuvvetin radyoaktivite yoluyla sınırlı biçimlerde de olsa bizi etkilemesini; insanların dünyasında geriye kalan hemen her şey elektronların birbirleriyle, atomların artı yüklü çekirdekleriyle ve elektromanyetik ışımayla etkileşimlerinden etkilenir. Bu etkileşimler kuantum mekaniğinin yasalarına tabidirler ve 1940'lı yıllarda hepsi bir araya getirilerek bütünsel bir ışık (elektromanyetik ışıma) ve madde kuramında birleştirilmiştir. Bu kuram kuantum elektrodinamiği (QED) adıyla bilinir ve muhtemelen şimdiye dek geliştirilmiş en başarılı bilimsel kuramdır. Aslında QED birbirlerinden bağımsız olarak üç bilim insanı tarafından geliştirildi. Tam bir kurama ulaşan ilk kişi Sin-itiro Tomonaga (1906–1979) II. Dünya Savaşı sırasında ve hemen sonrasında önce zor sonrasındaysa korkunç koşullarda çalıştı; bu zorluklar yüzünden çalışmasının yayımlanması ancak diğer iki öncü Amerikalı bilimci Julian Schwinger (1918–1994) ve Richard Feynman'la (1918–1988) hemen hemen aynı anda oldu. 1965 yılındaki Nobel ödülünü bu üçlü paylaştı. Tomonaga ve Schwinger o dönem kuantum mekaniğinin gelenek-

sel denebilecek (iki on yıl kadar geriye uzanan bir gelenek) matematiksel çerçevesi içerisinde, 1920'lerdeki keşiflerden bu yana yaşanan ilerlemelerin ve özellikle Dirac'ın çalışmasının izinden ilerleyerek çalıştılar. Feynman neredeyse kuantum mekaniğini en baştan icat ederek farklı bir yaklaşım kullandı. Bu yaklaşımların hepsi yine de tıpkı kuantum mekaniğinin Heisenberg–Born–Jordan, Schrödinger ve Dirac versiyonları nasılsa aynı şekilde, matematiksel açıdan birbirleriyle eşdeğerdi. Burada bunun ayrıntılarına girmemize gerek yok, çünkü ne olduğuna ilişkin sunulabilecek derli toplu bir fiziksel betimlemeye sahibiz.

İki yüklü parçacık, örneğin iki elektron veya bir elektronla bir proton, etkileşime girdiklerinde bunlar bu etkileşimi birbirleriyle foton alışverişi yoluyla yapmış olarak düşünülebilir. Diyelim ki iki elektron birbirinin üzerine doğru hareket etsin, foton alışverişi yapsın ve yeni yollara doğru saptırılsınlar. Bu foton değişimi, QED'den doğal olarak doğan ve bir ters kare yasası olarak ifade edilebilen bir itki yaratır. Yeğin ve zayıf nükleer kuvvetler de benzer biçimde fotona benzer parçacıkların değişimi yoluyla betimlenebilir (zayıf kuvvette öyle başarılı olunmuştur ki artık elektromanyetizmayla birleştirilerek elektromanyetik etkileşim adı verilen tek bir modele ulaşılmıştır; yeğin kuvvetteyse daha az başarı sağlanmıştır). Kütleçekimin de gravitonlar adı verilen parçacıkların takasıyla betimlenebilmesi gerektiği düşünülmüş, ancak henüz tam bir kuantum kütleçekim modeli geliştirilmemiştir. QED'in doğruluğu hakkında bir fikir edinmek için elektronun sadece bir özelliğine, manyetik uğrak özelliğine bakmak yeterli olur.[21] Dirac'ın 1920'lerin sonunda geliştirdiği ilk QED versiyonunda uygun birimlerin seçimiyle bu özelliğin öngörülen değeri 1'di. Aynı birimlerle yapılan deneyler elektron manyetik uğrağın değerini son basamakta ± 4 belirsizlikle 1,00115965221 olarak ölçtü. Bu etkileyici bir başarıydı ve 1930'lu yıllarda fizikçileri QED'in doğru yolda ilerlediğine ikna etti. QED'in son versiyonuysa son basamaklarda ± 20'lik bir belirsizlikle 1,00115965246 değerini öngörmektedir. Kuram ile deney arasındaki sapma yüzde 0,00000001 düzeyindedir ve Feynman'ın yapmaktan hoşlandığı benzetmeyle

[21] Bu tipik örnektir, kuram ile deney arasındaki tek iyi uygunluk bu olduğu için seçilmemiştir.

bu New York ile Los Angeles arasındaki uzaklığı bir insan saçı kalınlığı farkıyla ölçmeye benzemektedir. Bu şimdiye kadar dünyada gerçekleştirilen deneyler içerisinde kuram ile deneyin en iyi uyuşmasıdır[22] ve bilimin gündelik yaşamımızı sürdürdüğümüz fiziksel dünyadaki olguları ne kadar iyi açıklayabildiğinin ve Galileo ve Newton gibi insanlar kuramı bilimsel yollarla gözlem ve deneyle karşılaştırmaya başladıkları günlerden bugüne ne kadar ilerlemiş olduğumuzun mükemmel bir örneğidir.

Gelecek? Kuarklar ve Sicimler

Yirminci yüzyılın ikinci yarısında fizikçiler dev parçacık hızlandırıcıları kullanarak çekirdeğin içine girip yüksek enerjili olayları araştırdıkça atomaltı parçacıklar dünyası üzerindeki örtüyü kaldırdılar ve (bu yeni dünyanın daha ilk katında) proton ve nötronların kuarklar adı verilen varlıklardan oluştuklarının düşünülebileceğini buldular. Kuarklar fotonlara benzer varlıkların değişimi yoluyla bir arada tutuluyordu ve yeğin kuvvet daha derinde işleyen bu kuvvetin kendisini dışavurumuydu. Yirmi birinci yüzyılın başlangıcında birçok fizikçi ulaşılan deliller uyarınca tüm bu "parçacıklar"ın, titreşen bir "sicim"in çok küçük ilmeklerinde gerçekleşen çok daha derin katmanlardaki bir hareketliliğin dışavurumu olarak anlaşılabileceğine ikna oldu. Henüz bu çalışmanın tarihini kaleme almak için çok erken ve bu konuyu çekirdekler ve atomlar düzeyinde bırakmak daha uygun gibi gözüküyor; çünkü an itibarıyla halen bu gündelik yaşamımıza etkisi olan en derin düzey durumunda. Zaten bir sonraki bölümde açıklayacağımız üzere yaşamın işleyişini açıklamak için şimdilik bundan fazlasına ihtiyaç duymuyoruz.

[22] Yirminci yüzyılın sonunda, dünyadan çok sayıdaki ışık yılı uzakta yer alan ve ikili pulsarlar olarak bilinen astronomik cisimlerin gözlemlenen özelliklerindeki değişimlerin ölçülmesi yoluyla genel görelilik kuramı da benzer bir kesinlikle sınanmıştır. Bu da son derece etkileyici bir başarı olmasına karşın, deneyleri kontrollü koşullar altında dünya üzerindeki bir laboratuarda yapmakla aynı şey değildir.

14
Canlılar Âlemi

Evrendeki en karmaşık şeyler – Charles Darwin ve on dokuzuncu yüzyıl evrim kuramları – Hücrelerin yaşamdaki rolü – Hücre bölünmesi – Kromozomların ve kalıtımdaki rollerinin keşfi – Hücreiçi pangenez – Gregor Mendel: Genetiğin babası – Mendel kalıtım yasaları – Kromozomların araştırılması – Nükleik asit – DNA ve RNA'nın keşfine doğru – Tetranükleotid hipotezi – Chargaff kuralı– Yaşamın kimyası – Kovalent bağ modeli ve karbon kimyası – İyonik bağ – Bragg yasası – Fiziğin bir dalı olarak kimya – Linus Pauling – Hidrojen bağın doğası – Lifli proteinlerin araştırılması – Alfa sarmal yapı – Francis Crick ve James Watson: Çift sarmal DNA modeli – Genetik şifre – İnsanın genetik yaşı – İnsan özel değil

Evrendeki En Karmaşık Şeyler

Biz tüm evrende bildiğimiz en karmaşık şeyleriz. Bunun nedeni şeylerin kozmik ölçeğinde orta büyüklükte olmamız. Daha önce gördüğümüz gibi, küçük cisimler, örneğin atomlar birkaç basit yasaya uyan birkaç basit varlıktan oluşurlar. Bir sonraki bölümde göreceğimiz gibi, evrenin bütünü o kadar büyüktür ki yıldızlar kadar büyük bile olsalar eşit cisimler arasındaki ufak farklılıklar göz ardı edilebilir ve tüm evren kütle-enerjinin makul derecede düzgün dağılmasından oluşmuş ve yine birkaç çok basit yasaya uyan tek bir cisim olarak ele alınabilir. Öte yandan atomların bir araya gelerek molekülleri oluşturduğu ölçeklerde, her ne kadar yasalar hâlâ çok basit olsa da, muhtemel bileşiklerin sayısı (atomların molekülleri oluşturmak üzere bir araya gelmede izledikleri farklı yolların sayısı) o kadar büyüktür ki karmaşık yapıları olan birbirinden çok farklı şeyler, olağanüstü bir çeşitlilik sergileyerek var olabilir ve birbirleriyle incelikli şekillerde etkileşime geçebilirler. Zaten yaşamın da atomların karmaşık çeşitliliğe sahip bu

büyük molekülleri oluşturma yetilerinin bir tezahürü olduğunu biliyoruz. Bu karmaşıklık atomların bir üst ölçeğinde, su ve karbondioksit gibi basit moleküllerden başlıyor; büyük gezegenler boyutlarındaki cisimlerin iç yapılarını araştırdığımızda, hâttâ yıldızlar boyutlarındaki cisimlere baktığımızda atomların elektronlarını tümden yitirmeleriyle, moleküllerin varlığının kütleçekim tarafından yok edilmesiyle sonlanıyor.

Bilebildiğimiz yaşamın dayandığı bu karmaşıklığı ortadan kaldırmak için gereken madde öbeğinin tam büyüklüğü, farklı etkinlik derecelerindeki elektromanyetik ve kütleçekimsel kuvvetlerce belirlenir. Bir madde öbeğinde molekülleri bir arada tutan elektrik kuvvetler, moleküllerin varlığını ezerek yok etmeye çalışan kütleçekim kuvvetlerinden 10^{36} kat daha yeğindir. Her bir atom elektrik yönünden yüksüz olduğu için, bir madde öbeğinde atomlar bir aradayken toplamda bir elektrik yük yoktur. Bu yüzden QED'in dayanıklılığıyla kütleçekime karşı direnirken her bir atom esasen kendi başınadır. Ancak madde öbeği içindeki her bir atom üzerindeki iç kütleçekim kuvvetinin yeğinliği, öbeğe katılan her bir fazladan atomla birlikte artar. Belirli bir yoğunluktaki bir küre içerisindeki kütle miktarı (sabit yoğunluk için) çapın küpüyle orantılıdır, öte yandan kütleçekim kuvvetinin yeğinliği ters kare yasası uyarınca azalır; dolayısıyla bir madde öbeğinin yarıçapı cinsinden bakarsak, yüzeydeki kütleçekim elektrik kuvvetlerle arasındaki farkı üçte iki oranında kapatır. Bu durumda 36, 54'ün üçte ikisi olduğuna göre; eğer tekil bir öbekte 10^{54} atom bir aradaysa kütleçekim ağır basar ve karmaşık moleküller parçalanır.

Her bir öbekte, atom sayısı bir öncekinden on kat daha fazla olacak şekilde 10 atom, 100 atom, 1000 atom vb olacak tarzda artan bir cisimler kümesiyle başladığınızı düşünün. Yirmi dördüncü cisim bir küp şeker büyüklüğünde, yirmi yedincisi bir memeli büyüklüğünde, elli dördüncüsü Jüpiter gezegeni büyüklüğünde ve elli yedincisi yaklaşık olarak güneş büyüklüğünde olur ve bu sonuncusunda atomlar kütleçekim tarafından parçalanarak geride plazma adı verilen, çekirdeklerle serbest elektronlardan oluşan bir karışım bırakır. Bu logaritmik ölçekte insanlar büyüklük açısından atomlarla yıldızların tam olarak ortasında bir yerde bulunur. Koleksiyonumuzdaki otuz dokuzuncu cisim çapı yaklaşık bir

kilometre olan bir kaya parçasına denk düşer, bizler gibi canlıların şeker taneleri ile büyük kayalar arasında bir büyüklükte olduğu söylenebilir. Bu doğal seçilim yoluyla evrim kuramını oluştururken Charles Darwin ile takipçilerinin araştırdığı canlılar dünyasına karşılık gelir. Çevremizde gördüğümüz bu ölçeklerdeki yaşamın karmaşıklığının temeli, bundan biraz daha derin düzeyde işleyen ve DNA'nın yaşamın kilit bileşenini oluşturduğunu bildiğimiz kimyasal süreçlere bağlıdır. Yaşamın kilit faktörü olarak DNA'nın keşfinin hikâyesi, yirminci yüzyıl biliminin ikinci büyük öyküsüdür ve kuantum fiziğinin öyküsü gibi bu da, her ne kadar bu sefer ihmal edilmiş bir kişi yeni keşiflere öncülük etmişse de, yine yeni yüzyılın şafağında başlamıştır.

Charles Darwin ve On Dokuzuncu Yüzyıl Evrim Kuramları

Türlerin Kökeni'nin 1859 yılında yayımlanmasıyla başlayan büyük tartışma sonrasında doğal seçilim yoluyla evrim süreci kavrayışı, 19. yüzyılın geri kalanında büyük oranda yerinde saydı ve geriledi. Bir neden, daha önce bahsettiğimiz üzere evrim için gereken zaman ölçeği sorunuydu ve bu ancak yirminci yüzyılda radyoaktivite kavrayışının gelişmesiyle çözülebildi. Her ne kadar Darwin (ve başkaları) evrim için gereken uzun zaman ölçeği için açıklamalar geliştirse de, fizikçilerce (özellikle William Thomson/Lord Kelvin) getirilen karşıt gerekçeler Darwin'i bile savunmaya çekilmek zorunda bıraktı. Diğer ve ilkinden daha önemli neden, Darwin ve çağdaşlarının kalıtım mekanizması dediğimiz bir nesilden diğerine geçen özelliklerin mekanizmasını anlamamış olmalarıydı. Bunun anlaşılması da yine yirminci yüzyılın başlangıcından çok sonrasında mümkün oldu.

Darwin'in kalıtım konusundaki görüşleri dünyaya ilk kez 1868 yılında *Variation of Animals and Plants under Domestication* [*Hayvanların ve Bitkilerin Evcilleşme Koşullarında Çeşitlenmesi*] kitabının sonundaki bir bölümde duyuruldu; görüşleri o dönemde çok sayıda biyoloğun düşünüşünü yansıtıyor ve Darwin hepsinden daha bütünsel bir model sunuyordu. Modeline "pangenez" adını veriyor; Yunanca "pan" sözcüğüyle vücuttaki her bir

hücrenin katkısı olduğunu, "genesis" sözcüğüyle de üreme fikrini vurgulamayı amaçlıyordu. Buna göre vücuttaki her bir hücre ("gemulalar" adını verdiği) küçük parçacıklarla sürece katılıyor ve bunlar bir sonraki nesle geçmek üzere vücutta taşınarak üremeyi sağlayan hücrelerde depolanıyordu. Model, iki birey soylarını devam ettirmek üzere birleştiğinde yavruların anne babanın karakteristik özelliklerinin bir karışımını temsil ettiğini söyleyen kalıtımın aktarılması fikrini de kapsıyordu. Modern gözle bakıldığında bizzat Charles Darwin'in uzun boylu bir kadınla kısa boylu bir adamın çocuklarının orta boylu olacaklarını ima eden bir fikri savunmuş olması şaşırtıcı gelebilir. Bu doğal seçilim yoluyla evrimin temel öğretisi olan, birkaç nesil içerisinde karışan kalıtım türdeş bir popülasyon yaratacağı için, bireyler arasında seçilim yönünden çeşitlenme gerekliliğiyle çelişmektedir. Darwin'in bile böyle bir fikri savunmuş olması, o dönemde biyologların doğru bir kalıtım kavrayışından ne kadar uzak olduklarını göstermektedir. İşte bu arka plan içerisinde, ara geçiş formları (bir geyikten daha uzun ancak ağaçların tepelerine ulaşmaya yetmeyecek kadar kısa bir boyuna sahip bir proto-zürafa gibi) yaşamadığı için doğal seçilimin özgün versiyonunda öngörülen bir dizi küçük adımla ilerlemenin mümkün olmadığı yönündeki muhalif eleştiriler karşısında Darwin'in *Türlerin Kökeni*'nde gözden geçirmeler yaparak giderek daha fazla Lamarkçılığa kaydığını görüyoruz.[1] Darwin'in muhteşem isimli İngiliz St. George Jackson Mivart (1827–1900) gibi muhalifleri evrimin bir nesilden bir sonraki nesile geçerken vücut yapısında ani değişiklikler gerektirdiğini, örneğin geyiğin bir zürafayı doğurduğunu savunduğunu ileri sürdüler. Ancak onlar da bu süreç için bir mekanizmaya sahip değildiler (Tanrı'nın eli haricinde) ve Darwin üremede bireysel hücrelerin önemine vurgu yaparken, hâttâ üremeyi sağlayan hücrelerin bir nesilden diğerine bilgi taşıyan çok küçük "parçacıklar" içerdiğini söylerken bile en azından doğru yolda ilerliyordu.

---

[1] Burası bu eleştirilerin neden yanlış olduğunun ayrıntısına girmek için uygun yer değil, ancak evrimin başka şeylerin yanı sıra bir geyiği nasıl bir zürafaya dönüştürecek şekilde işlediğini bilmek istiyorsanız başlamak için en iyi seçim Richard Dawkins'in kitabı *The Blind Watchmaker* [*Kör Saatçi*] olacaktır.

Hücrelerin Yaşamdaki Rolü
Hücre Bölünmesi

Hücrelerin canlıların temel bileşeni olarak oynadığı rol ancak 1850'lerin sonunda, Darwin'in doğal seçilim yoluyla evrim kuramını geniş kitlelere duyurmasıyla aynı dönemde anlaşılmaya başlandı. Bunu mümkün kılan büyük ölçüde mikroskopik alet ve tekniklerin gelişimiydi. Matthias Schleiden (1804–1881) 1838 yılında bütün bitki dokularının hücrelerden oluştuğunu ileri sürdü, bir yıl sonra Theodor Schwann (1810–1882) bunu hayvanlara doğru genişleterek tüm canlıların hücrelerden oluştuğu fikrini ortaya attı. Bu [başkalarının yanı sıra John Goodsir (1814–1867) tarafından savunulan] hücrelerin ancak başka hücrelerden bölünme yoluyla doğduğu fikrine yol açtı ve Rudolf Virchow (1821–1902) 1858 yılında yayımlanan *Die Cellularpathologie* [*Hücre Patolojisi*] kitabında bu fikri ele alarak geliştirdi. O sırada Berlin'de patoloji profesörü olan Virchow açık bir biçimde "her hücrenin daha önce var olmuş bir hücreden elde edildiğini" ifade etti ve bu yaklaşımı kendi alanı olan tıpa uyarlayarak hastalığın bir hücrenin (veya hücrelerin) olağandışı koşullara verdiği tepkiden başka bir şey olmadığını iddia etti. Özel olarak da tümörlerin vücutta daha önceden var olan hücrelerden türediğini gösterdi. Bu çalışma birçok açıdan son derece verimli oldu ve hücre araştırmalarına duyulan ilgide bir patlama yarattı; ancak Virchow tüm kuramsal yumurtalarını aynı sepete yerleştirerek enfeksiyonlarda "mikrop" kuramına karşı sert bir muhalefet geliştirdi (doğal seçilim yoluyla evrim kuramını da reddetti). Reichstag'ta görev yaptı, 1879'da Homeros'ta geçen Truva kentinin keşfedilmesini sağlayan arkeolojik kazılarda yer aldı, tıp bilimine birçok önemli katkı da sağladı; ancak burada anlatmamız gereken hikâyeye başka bir doğrudan katkısı olmadı.

Kromozomların ve Kalıtımdaki Rollerinin Keşfi

O dönemdeki mikroskobik teknikler hücrenin yapısının, merkezde çekirdek diye bilinen bir malzeme yoğunlaşması olan sulu bir pelte kesesinden oluşmuş olduğunu göstermeye fazlasıyla yetiyordu. Hâttâ eldeki teknoloji o kadar iyiydi ki 1870'li yılla-

rın sonunda birbirlerinden bağımsız olarak hem Hermann Fol (1845–1892) hem de Oskar Hertwig (1849–1922) spermin yumurtaya girişini; anne ve babanın sağladığı (aktarılan) malzemeyi birleştirerek iki çekirdeğin tek bir yeni çekirdek oluşturacak şekilde birleşmesini gözlemlediler (çalışmalarını saydam olma gibi paha biçilmez bir özellik taşıyan denizkestaneleriyle gerçekleştirdiler). 1879 yılında yine bir başka Alman, Walther Flemming (1843–1915) çekirdeğin mikroskop uzmanlarının hücreleri boyamak ve yapılarını aydınlatmak için kullandıkları renkli boyaları kolaylıkla emen ipliksi yapılar içerdiğini keşfetti ve bu ipliklere kromozomlar adı verildi. 1880'li yıllarda yine birbirlerinden bağımsız biçimde Flemming ve Belçikalı Edouard van Beneden (1846–1910), kromozomların bir hücre bölündüğünde nasıl iki yeni hücre arasında paylaşılarak iki katına çıktıklarını gözlemlediler. Freiburg Üniversitesinde çalışan August Weismann (1834–1914) 1880'li yıllarda bu yönde araştırmalar yürüttü. Kromozomların kalıtsal bilginin taşıyıcıları olduklarını vurgulayan da o oldu: "Kalıtım belirli bir kimyasal ve daha da önemlisi moleküler yapısı olan bir maddenin bir nesilden diğerine taşınması sayesinde gerçekleşmektedir."[2] Bu maddeye "kromatin" adını verdi ve bizim gibi canlı türlerinde gerçekleşen iki çeşit hücre bölünmesi olduğunu tespit etti. Büyüme ve gelişimle bağlantılı hücre bölünmesi türü sırasında bir hücredeki kromozomların hepsi hücre bölünmesinden önce ikiye katlanır, böylece her iki yeni hücre de ilk kromozom kümesinin bir kopyasına sahip olur. Yumurta veya sperm hücreleri üreten türdeki hücre bölünmesi sırasında ise kromatin miktarı ikiye bölünür ve böylece bir kromozom tam kümesi sadece, böylesi iki hücre yeni bir bireyin gelişimi için potansiyel taşıyacak şekilde kaynaştıklarında sağlanır.[3] Yirminci yüzyılın ilk yıllarında Weismann üremeden sorumlu hücrelerin bedende gerçekleşen diğer süreçlerle ilişki-

[2] David Young'ın *The Discovery of Evolution* [*Evrimin Keşfi*] kitabından alıntılanmıştır.

[3] Tüm bunlar elbette eşeyli üreme için geçerlidir. Yavru hücrelerin ana hücrelerin tam olarak kopyası olduğu eşeysiz üreme genel olarak bundan çok daha basittir (bu konuda Gribbin ve Cherfas'ın *The Mating Game* kitabına bakınız; eşeyli üreyen bir canlı türü olarak bizlerde eşeyli üreme merkezi bir yer tutmaktadır).

lenmediğini, vücudun geri kalanını oluşturan hücrelerin de üreme hücrelerinin oluşumuna karışmadığını gösterdi. Dolayısıyla Weismann Darwin'in pangenez düşüncesinin kesinlikle yanlış olduğunu ve çevreden kaynaklanan dış etkilerin bir nesilden diğerine geçen doğrudan varyasyonlara sebep olduğu yönündeki Lamarkçı düşüncenin de hükümsüz olduğunu göstermiş oldu (şüphesiz bu Lamarkçıları yirminci yüzyıl boyunca belli bir dönem davalarını savunmaktan alıkoymadı). Sonradan radyasyonun üreme hücrelerindeki DNA'ya doğrudan zarar vererek mutasyon dediğimiz değişikliklere sebep olabildiğinin keşfedilmesi Weismann'ın görüşünün haklılığına leke düşürmez, çünkü bu rastgele değişimler hemen hemen her zaman sağlığa zararlıdırlar ve kesinlikle etkilenen organizmanının soyunun çevreye daha yakından adapte olmalarını sağlamazlar.

Hücre İçi Pangenez

Weismann'ın hücre içerisinde kalıtım taşıyıcı rol oynayan kimyasal birimleri araştırdığı dönemde Hollandalı botanikçi Hugo de Vries (1848–1935) de karakteristik özelliklerin bir nesilden diğerine nasıl geçtiği konusunu aydınlatmak amacıyla bitkiler üzerinde çalışıyordu. De Vries, Darwin'in ölümünün yedi yıl sonrasında, 1889 yılında o sıralarda yeni yeni anlaşılmaya başlanan hücre işleyişini Darwin'in fikirleriyle uyumlulaştırmayı denediği *Intracellular Pangenesis* [*Hücreiçi Pangenez*] adlı kitabını yayımladı. Bitkilerde kalıtımın nasıl gerçekleştiği üzerine olan gözlemlerinden yola çıkarak bir türün karakteristik özelliklerinin, her biri bir nesilden diğerine diğerlerinden bağımsız denebilecek şekilde geçen tekil bir kalıtım etmeni yüzünden gerçekleşen çok sayıda farklı birimden oluşmuş olması gerektiğini ileri sürdü. Bu kalıtım etmenlerine Darwin'in pangenez teriminden yola çıkarak "pangenler" adını verdi. Weismann'ın (ve diğerlerinin) bu kalıtsal etmenlerin üretimine tüm bedenin müdahil olmadığını göstermesinin ardından "pan" sessizce atıldı ve geriye Danimarkalı Wilhelm Johannsen'in ilk kez 1909 yılındaki kullanımıyla, bugün de kullandığımız "gen" kelimesi kaldı.

Gregor Mendel: Genetiğin Babası

1890'lı yıllarda de Vries belirli karakteristik özelliklerin izinin (bir bitkinin boyu veya çiçeklerinin rengi gibi) nasıl nesiller boyunca sürülebileceğini özenli bir biçimde kaydettiği bir dizi bitki deneyi gerçekleştirdi. Aynı dönemde İngiltere'de benzer çalışmalar yürüten William Bateson (1861–1926) daha sonra kalıtımın işleyişini araştıran çalışmalar için ilk kez "genetik" adını kullanan kişi olacaktı. 1899 yılında de Vries çalışmasını yayımlama hazırlıklarına başladı ve ulaştığı sonuçları doğru bir bağlama oturtabilmek amacıyla bir bilimsel literatür taraması gerçekleştirdi. İşte bu sırada kalıtım konusunda ulaştığı hemen tüm sonuçların, daha önce Moravyalı keşiş Gregor Mendel'in az bilinen ve bundan da az alıntılanan iki makalesinde yayımlanmış olduğunu keşfetti. Mendel çalışmasını 1865 yılında Brünn'deki (bugünkü Çek Cumhuriyetindeki adıyla Brno'daki) Doğa Tarihi Derneğinde iki makale olarak okumuş ve çalışma bir yıl sonra da bu derneğin *Proceedings*'inde yayımlanmıştı. Bu keşfi yaptığında de Vries'in hissettiklerini tahmin etmek zor olmasa gerek. Muhtemelen bir miktar kurnazlık yaparak 1900 yılının ilk aylarında çıkan iki makalede önce kendi bulgularını yayımladı. Fransızca yayımlanan ilkinde Mendel'den hiç bahsetmedi. Ancak Almanca olan ikincisinde Mendel'in bütün haklarına tam olarak saygı gösterdi ve şu yorumu yaptı: "Bu önemli monografta o kadar az alıntı yapılmıştır ki, ben dahi kendisinden deneylerimin çoğunu sonuca ulaştırıp bağımsız biçimde yukarıdaki önermeleri çıkarsadıktan sonra haberdar oldum"[4] Ardından da şu sonuca vardı:

> Bu ve çok sayıda başka deneyden, Mendel tarafından bezelyeler için keşfedilmiş olan melezlerin ayrılması yasasının bitkiler âleminde oldukça genel bir uygulama alanına sahip olduğu ve türün karakterini oluşturan birimlerin araştırılmasında temel bir önem taşıdığı sonucunu çıkarıyorum.

Bu artık zamanı gelmiş bir fikirdi. Almanya'da benzer doğrultuda çalışmalar yürüten Karl Correns de (1864–1933) bir süre

[4] Çeviri Iltis'ten yapılmıştır.

önce Mendel'in makalelerine rastlamıştı ve de Vries'in Fransızca makalesinin bir kopyası eline ulaştığında kendi çalışmasını yayıma hazırlıyordu. Avusturya'da Erich Tschermak von Seysenegg de aynı kaderin kurbanı oldu.[5] Toplam sonuç, kalıtımın genetik temelinin kısa süre içerisinde kabul görmesi oldu ve temel ilkeleri yeniden keşfeden üç kişi de kalıtım yasalarının gerçek kâşifi olarak anılma şerefini Mendel'e verdiler. Bunun doğru olduğu kesindi ancak Mendel'in önceliğini tanımaya hazır olmanın bencillikten uzak durmaya hazır bir cömertlik örneği olarak görülmesi doğru olmaz; 1900 yılında "keşif" üzerinde hak iddia eden üç kişi birden aynı anda ortaya çıkmışken "çalışmayı ilk kim yaptı" diye kendi aralarında bir tartışmaya girmektense artık ölmüş bir önceli tanımak her birine daha uygun göründü. Yine de bu hikâyeden alınması gereken önemli bir tarihsel ders var. 1890'ların sonunda eğer birkaç kişi birbirinden bağımsız olarak benzer keşifler yapıyorsa bunun nedeni zamanın olgunlaşmış, çekirdeğin tanımlanması ve kromozomların keşfiyle gerekli temelin oluşturulmuş olmasıdır. Çekirdeğin Darwin ve Wallace'ın ortak makalelerinin Linnaeus Derneğinde okunmasıyla aynı yılda, 1858'de tanımlanabildiğini, Mendel'in sonuçlarınınsa 1866 yılında yayımlandığını hatırlatalım. Esinleyici bir çalışmaydı evet, ancak zamanının ilerisindeydi ve insanlar hücrenin içindeki "kalıtım faktörlerini" ve bunların yeni genetik bilgi paketlerini oluşturmak için ayrılma ve birleşme biçimlerini kendi gözleriyle görünceye dek makalenin yarattığı etki pek az oldu. Bu açıdan bakıldığında Mendel'in çalışmaları on dokuzuncu yüzyılın ikinci yarısında biyoloji biliminin gelişimi üzerinde hemen hiç etki yaratmamış olmasına karşın, hem çalışmasının genellikle göz ardı edilen gerçekten önemli niteliğini vurgulamak hem de kendisi hakkındaki yanlış anlaşılmaları düzeltmek için yaptıklarına kısaca da olsa bir göz atmamızda fayda var.

[5] Tschermak o dönemde Mendel'in makalelerini kendi başına keşfettiği kesin olan 26 yaşında bir yüksek lisans öğrencisiydi ancak de Vries ve Correns'le karşılaştırıldığında onun katkısı daha az oldu.



37. Gregor Mendel

Mendel şansı yaver gitmiş keşiş kıyafetinde köylü bir bahçıvan değildi. Ne yaptığını tam olarak bilen eğitimli bir bilim insanı ve fen bilimlerinin titiz yöntemlerini biyolojiye uygulayan ilk insanlardan birisiydi. 22 Temmuz 1822'de Moravya bölgesindeki (o sırada Avusturya İmparatorluğunun parçası olan) Heinzendorf'ta doğan ve Johann adıyla vaftiz edilen Mendel (Gregor adını rahipliğe başlayınca aldı) sıra dışı zekâya sahip bir çocuktu. Yoksul bir köylü aileden geliyordu ve ailesi bu parlak genç adamı önce liseye (gymnasium), ardından da üniversiteye hazırlık amacıyla Olmütz'deki Felsefe Enstitüsündeki iki yıllık bir programa gönderdikten sonra, tüm mali kaynaklarını tüketmiş durumdaydı. Üniversiteye mevcut durumda gitme olanağı kalmayan Mendel 1843 yılında eğitimini devam ettirmesinin tek yolu olarak papazlığa başvurdu ve hemen Brünn'deki St. Thomas manastırındaki başrahip tarafından kapıldı. Başrahip Cyrill Franz Napp manastırı öncü bir entelektüel merkeze çevirme sürecindeydi ve rahipler arasında her biri manastır duvarları dışında da üne sahip bir botanikçi, bir gökbilimci, bir felsefeci ve bir besteci bulunuyordu.

Başrahip Napp yetenekli ancak parasız parlak genç erkekleri manastırına kabul ederek düşünürler topluluğunu geliştirmeye çok istekliydi ve Mendel'i ona Mendel'in daha önce Brünn'de çalışmış olan Olmütz'deki fizik profesörü tavsiye etti. Mendel 1848 yılında teoloji araştırmalarını tamamladı ve kronik sınav heyecanı yaşamasından dolayı kadroya geçiş sınavlarında başarısız olmasına karşın manastır yakınlarındaki lisede ve ardından teknik lisede vekil öğretmen olarak çalıştı.

Mendel öylesine başarılıydı ki 1851 yılında, 29 yaşında olmasına rağmen, eğitim için Christian Doppler'in fizik profesörü olduğu Viyana Üniversitesine gönderildi. (Söz konusu tarihi bu kentle ilgili başka bir bağlama oturtmak açısından genç Johann Strauss'un 1851 yılında 26 yaşında olduğunu hatırlatalım.) Tanınan bu ayrıcalıkla manastırdan iki yıl uzak kalmasına izin verilmişti ve bu zamanını deneysel fizik, istatistik ve olasılık, atom kimyası kuramı ve bitki fizyolojisi araştırmalarıyla değerlendirdi. Herhangi bir mezuniyet derecesi almadı, zaten başrahibin istediği de bu değildi; ancak Brünn'e öğretmenlik görevi açısından çok iyi bir donanım elde ederek geri döndü. Fakat bu onun bilimsel bilgiye olan açlığını gidermeye yetmedi. Mendel 1856 yılında bezelyelerde kalıtımın nasıl gerçekleştiği üzerine kapsamlı bir araştırmaya başladı[6] ve yedi yıl boyunca son derece zahmetli deneyler gerçekleştirerek sonunda kalıtımın nasıl işlediğini keşfetti. Sahip oldukları, manastır bahçesinde 35 metre uzunluğunda 7 metre genişliğinde seralık bir bahçe ve öğretmenlik ve dinle ilgili görevlerinden arttırdığı zamandan ibaretti. Yaklaşık 28.000 bitkiyle çalıştı, bunlardan 12.835'ini dikkatli incelemeye tabi tuttu. Her bitki ayrı bir birey olarak tanımlanmıştı ve biyologların daha öncesinde bitkileri *en masse* olarak ele alışı ve ortaya çıkan melezlerin karışımından anlam çıkarmaya çalışmalarından (veya sadece doğadaki bitkiler üzerinde çalışmalarından) tamamen farklı olarak her bitkinin soyu bir insanın soy ağacı misali kaydedildi. Bu Mendel'in, birçok başka şeyin yanı sıra, deneysel bitkilerinin her birini, bildiği özgün bir bitkiden bildiği başka bir özgün bit-

[6] Bezelyeleri seçmesinin nedeni soy itibarıyla devreden ayrıksı karakteristik özelliklere sahip olduklarını ve bunun araştırmasında istatistiksel analize olanak kazandırdığını bilmesiydi.

kinin çiçekleri üzerine polen serpiştirerek elle tozlaştırması ve yaptıklarının kaydını çok dikkatli bir şekilde tutması anlamına geliyordu.



38. Bezelye bitkisini gösteren ve Mendel'in kalıtım konusunda takdir görmemiş makalesindeki bir hususu tasvir eden çizim.

Mendel Kalıtım Yasaları

Mendel'in çalışmasındaki özgünlük –genellikle göz ardı edilir ama– Viyana'da kendisine öğretildiği yoldan ilerleyerek tekrar tekrar deneyler gerçekleştiren ve en önemlisi ulaştığı sonuçların analizinde istatistiksel yöntemleri uygulayan bir fizikçi gibi çalışmış olmasıydı. Çalışması bir bitkide onun genel biçiminin özelliklerini belirleyen bir şey olduğunu gösterdi. Bu şeye modern ismiyle gen de diyebiliriz. Genler çiftler halinde olur, dolayısıyla (Mendel'in çalıştığı örneklerden birinde) pürüzsüz tohumlar veren bir S geni ve pürüzlü tohumlar veren bir R geni vardır, ancak her bir özgün bitki olası SS, RR veya SR kombinasyonlarından

sadece birisini taşıyabilir. Bir çiftte genlerden sadece biri özgün bitkide (fenotipte) temsil edilir. Bitki RR veya SS taşıyorsa eğer, buna denk gelen geni kullanmak ve pürüzlü veya pürüzsüz tohumlar üretmekten başka bir yola sahip değildir. Öte yandan RS kombinasyonunu taşıyorsa, bitkilerin yarısının pürüzlü, yarısının pürüzsüz tohumlara sahip olmasını bekleyebilirsiniz. Fakat böyle *olmaz*. R göz ardı edilir ve fenotipte sadece S görülür. Bu durumda S'ye dominant (baskın), R'ye resesif (çekinik) denir. Mendel bu sonuçları istatistiklerden çıkardı; bu örnekte RR bitkilerin SS bitkilerle çaprazlanmasını gözlemleyerek soyu devam ettirenlerin yüzde 75'inin pürüzsüz tohumlara, sadece yüzde 25'inin pürüzlü tohumlara sahip olduğunu gördü. Bunun nedeni elbette soy devamının RS olmasının birbiriyle eşdeğer iki yolunun olmasıdır (RS ve SR). Böylelikle bir sonraki nesilde bireyler dört genotip arasında eşit olarak dağılır: RR, RS, SR ve SS; bunlardan sadece RR pürüzlü tohumlara sahiptir. Bu Mendel'in (daha sonrasında da de Vries, Bateson, Correns, von Seysenegg ve başka birçoklarının) çalışmalarında kullandığı analiz türünün en basit örneğidir (ve sadece ilk nesle bakmaktadır, oysa Mendel istatistiğini "torunlara" ve daha ötesine dek taşıdı). Mendel kalıtımın ebeveynlerin özelliklerinin karışması yoluyla değil, her birinden özgün özellikler alınması yoluyla işlediğini kesin biçimde gösterdi. 1900'lü yılların başlarında (Columbia Üniversitesinden William Sutton gibi insanların çalışmalarıyla) genlerin kromozomların üzerinde taşındığı ve kromozomların çiftler biçiminde olduğu ve her birinin bir ebeveynden alındığı biliniyordu. Üreme hücrelerini oluşturan hücre bölünmesi türünde bu çiftler ayrılır ve yeni gen kombinasyonlarının bir sonraki nesle geçmesi sadece (bunu bugün biliyoruz) büyük malzeme topakları eşleşmiş kromozomlardan atıldığı veya aralarında değiştirildiği zaman sağlanmaktadır.

Mendel'in keşifleri 1865 yılında Mendel 42 yaşındayken Brünn'deki kavrayışı oldukça kıt düzeydeki Doğa Bilimleri Derneğine sunuldu (o günlerde istatistik bilgisi olan biyolog sayısı yok denecek kadar azdı). Makaleler Mendel'in yazıştığı başka biyologlara da gönderilmesine karşın yine de o dönemde hak ettiği değeri bulmadı. Belki Mendel çalışmasını daha enerjik bir biçimde tanıtmayı ve daha fazla ilgi çekmesini sağlayabilirdi ama 1868'de

Cyrill Franz Napp öldü ve Gregor Johann Mendel başrahip seçilerek onun yerini aldı. Yaşamını 6 Ocak 1884 tarihine dek sürdürse de yeni görevleri ona bilimle ilgilenmek için pek az zaman tanıdı ve kırk altı yaşına geldiğinde deneysel bitki yetiştirme programına son verildi.

Yirminci yüzyılın başında Mendel'in kalıtım yasalarının yeniden keşfiyle birlikte kromozomların tespit edilmesi, evrimin moleküler düzeyde nasıl işlediğinin anlaşılmasının kilidini çözdü. Bir sonraki büyük adımı atan kişi Lexington, Kentucky'de 25 Eylül 1866'da doğan ve 1904 yılında Columbia Üniversitesinde profesör olan Amerikalı Thomas Hunt Morgan oldu. Morgan seçkin bir aileden geliyordu: Büyük büyükbabası ABD ulusal marşını yazan Francis Scott Key'di, babası bir dönem Sicilya, Messina'da ABD konsolosluğu yaptı, amcalarından biri de Konfederasyon ordusunda albaydı. Robert Millikan'ın Einstein'ın fotoelektrik etki konusundaki fikirlerinden duyduğu şüpheye benzer şekilde (ve bilimsel yöntemin izlenmesinin bir başka parlak örneği olarak) Morgan, bir nesilden diğerine geçen varsayımsal "etmenler" fikrine dayalı Mendelci kalıtım anlayışının doğruluğundan şüphe duyuyordu. Bu etmenlerin kromozomlarca taşınması olasılığına Morgan ikna olmuş değildi ve Mendel'in keşfettiği basit yasaların sadece belirli bitkilerin birkaç basit özelliğine uygulanabileceğini kanıtlama beklentisiyle kendisinin sonunda (1933 yılında) Nobel ödülü almasını sağlayacak olan deneyleri yapmaya başladı.

Kromozomların Araştırılması

Morgan'ın çalışmayı seçtiği organizma *Drosophila* adı verilen küçük meyve sinekleriydi. İsim "çiy sever" anlamına gelir ama aslında onları çürüyen meyvelere çeken çiy değil fermentasyon sürecindeki köpüktür. Bitkiler yerine böceklerle çalışmanın bariz zorluklarına karşın *Drosophila* kalıtım konusunda çalışanlar için büyük bir avantaj sunmaktadır. Mendel bitki yetiştirme programında yeni bezelye neslini incelemek amacıyla her aşama için bir yıl beklemek zorundayken, her bir dişinin bir batında yüzlerce yumurta bıraktığı (her biri sadece üç milimetre boyundaki) bu küçük sinekler iki haftada bir yeni bir nesil üretirler. Morgan'ın ka-

rakteristik özelliklerin bir nesilden diğerine geçiş araştırmasını çok daha kolaylaştıracak şekilde *Drosophila*'nın sadece dört çift kromozomu olmasıysa, tamamen tesadüf eseridir.[7]

Bu kromozomların bir çifti, tüm eşeyli üreyen türlerde olduğu gibi özel bir öneme sahiptir. Çiftlerin çoğunda tekil kromozomlar görünüşte birbirlerine benzer olmalarına rağmen, cinsiyeti belirleyen çiftte bu kromozomların şeklinde belirgin bir farklılık vardır ve bu şekilleri itibarıyla X ve Y olarak adlandırılırlar. Belirli bir bireyde üç olası kombinasyon olacağını düşünebilirsiniz: XX, XY ve YY. Fakat dişilerde hücreler her zaman XX çiftini taşır, erkeklerdeyse kombinasyon XY'dir.[8] Bu yüzden yeni birey annesinden bir X kromozomu almak zorundadır, babasındansa ya bir X ya da bir Y kromozomu alır; babasından X alırsa kadın, Y alırsa erkek olacaktır. Konumuza dönersek; Morgan araştırdığı *Drosophila* içerisinde alışıldık kırmızı gözler yerine beyaz gözlere sahip sinek çeşitleri olduğunu buldu. Özenle yürüttüğü yetiştirme programı ve sonuçlarının istatistiksel analizi, böceğin gözlerinin rengini etkileyen genin (bu kavramı Morgan bir süre sonra kabul ederek yaygınlaştırdı) X kromozomunda taşınması gerektiğini ve çekinik olduğunu gösterdi. Erkeklerde eğer değişen gen (belirli bir genin farklı çeşitlerine aleller denir) tek X kromozomunda varsa, bu durumda beyaz gözler oluşuyordu. Fakat dişilerde beyaz göz özelliğinin fenotipte görülmesi için ilgili alelin her iki X kromozomunda da olması gerekiyordu.

Ulaşılan bu ilk sonuç Morgan'ın araştırma öğrencilerinden oluşturduğu bir ekiple beraber çalışmasını yirminci yüzyılın ikinci on yılında da sürdürmesi sonucunu doğurdu. Çalışmaları sonucunda kromozomların genleri ipe dizilmiş tespih taneleri misali taşıdıkları ve sperm ve yumurta hücrelerinin oluştuğu süreç esnasında çift haldeki kromozomların birbirlerinden ayrılıp yeni alel kombinasyonları oluşturmak üzere yeniden birleştiklerini tespit ettiler. Bu sarılarak yeniden birleşme süreci gerçek-

---

[7] İnsanlar 23 çift kromozoma sahiptir; ancak fenotipin karmaşıklığı ile kromozom sayısı arasında doğrudan bir bağlantı yoktur ve bazı eğrelti otlarında her hücrede 300'den fazla kromozom çifti bulunur.

[8] Birkaç türde bu örüntü tersine döner, keza başka gariplikler de olur, ancak bunlar burada önem taşımıyor.

leştiğinde kromozomun içinde uzakta bulunan genler ayrılmaya daha yatkındır, kromozomun üstünde birbirlerine yakın olan genlerse nadiren ayrılırlar; bu (ve zahmet verici çok sayıda çalışma) kromozomlardaki genlerin düzenini haritalandırmanın temelini sağlamıştır. Daha sonra bu yönde yirminci yüzyılın sonlarında ulaşılan gelişmiş teknoloji kullanılarak yapılan birçok başka çalışma olmasına karşın, 1915 yılında Morgan ve meslektaşları A. H. Sturtevant, C. B. Bridges ve H. J. Muller'in klasikleşen kitapları *The Mechanism of Mendelian Heredity*'yi [*Mendelci Kalıtımın İşleyişi*] yayımlamaları, Mendelci kalıtım ve genetiğin rüştünü ispatlamasının tarihi olarak kabul edilebilir. Sonrasında Morgan tek başına *The Theory of the Gene* [*Gen Kuramı*] (1926) kitabını yazdı, 1928'de Caltech'e taşındı, 1933'te Nobel ödülünü aldı ve 4 Aralık 1945'te California'daki Corona del Mar'da öldü.

Doğal seçilim yoluyla evrim, ancak seçim yapılacak bireyler çeşitliliği varsa işler. Bu yüzden Morgan ve arkadaşlarının geliştirdiği, üreme sürecinin sağladığı genetik olasılıkların sürekli yeniden karılması yaklaşımı, aynı zamanda eşeyli üreyen türlerin değişen çevre koşullarına uyumunun nasıl bu kadar kolay olduğunu da açıklamaktadır. Eşeysiz türler de evrilirler ancak bu çok daha yavaş bir biçimde olur. Örneğin insanlarda fenotipi belirleyen yaklaşık 30.000 gen vardır. Bu genlerin yüzde 93'ünden fazlası homozigottur, bu her insanda ilgili çiftin her bir kromozomunda aynı oldukları anlamına gelir. Sadece yüzde 7 kadarı heterozigottur, bu da rastgele seçilen bir bireyin kromozom çifti üzerindeki belirli bir gen için farklı aleller olması olasılığı anlamına gelir. Bu farklı aleller mutasyon süreci sonucunda ortaya çıkarlar (bundan daha sonra bahsedeceğiz) ve fenotipe bir avantaj sağlamadıkları sürece gen havuzu içerisinde pek az etki ederek yer alırlar. (Dezavantaja sebep olan mutasyonlar bir süre sonra yok olurlar; zaten doğal seçilim dediğimiz de budur.) Her biri en az iki türde olan (bazıları ikiden fazla alele sahiptir) yaklaşık 2000 gen çiftinin varlığı, iki bireyin birbirlerinden farklı olmasını sağlayan 2 üzeri 2000 yol (2^{2000} şekilde farklılık) olduğu anlamına gelir. Bu öylesine büyük bir rakamdır ki (bir sonraki bölümde karşılaşacağımız) astronomik sayılar bile onun yanında sönük kalır ve dünya üzerindeki iki insanın (aynı döllenmiş yumurtadan geldikleri için

aynı genotipi paylaşan ikizler hariç) genetik olarak birbiriyle özdeş olamayacağı anlamına gelmekle kalmaz, şimdiye kadar yaşamış olan bütün insanlar içerisinde iki kişinin hiçbir zaman aynı olamayacağı anlamına da gelir. Bu doğal seçilimin sahip olduğu çeşitliliğe ilişkin bir göstergedir. Kromozomların, cinsiyet, üreme ve kalıtımın doğasının giderek açıklığa kavuştuğu 1915'ten sonra artık soru bunlardan da derinde, çekirdeğin ve kromozomların içerisinde neler olduğuydu. Bu soruya yanıt vermenin yolu, bilim insanlarının yaşamın gizlerini moleküler düzeyde araştırmalarıyla kuantum fiziği ve kimyadaki son gelişmelere bağlandı; fakat DNA'nın çifte sarmalına giden yolda ilk adımlar, bundan neredeyse yarım yüzyıl önce oldukça eski moda bir yoldan ilerlenerek atılmıştı.

Nükleik Asit

Bu ilk adımları atan kişi İsviçreli biyokimyacı Friedrich Miescher'di (1844–1895). (Yine Friedrich adındaki) Babası 1837 ile 1844 yılları arasında Basel'de anatomi ve fizyoloji profesörüydü, ardından Bern'e taşındı ve genç Friedrich'in dayısı Wilhelm His (1831–1904) 1857 ile 1872 yılları arasında onun koltuğunda ders verdi. His'in henüz 13 yaşında olan yeğeni üzerinde büyük bir etkisi vardı; Friedrich önce Basel'de tıp eğitimi aldı, sonra Tübingen Üniversitesine giderek 1868 ve 1869 yıllarında Felix Hoppe-Seyler'den (1825–1895) organik kimya dersleri aldı, ardından da Basel'e dönmeden önce Leipzig'te bir dönem kaldı. His 1872 yılında ters yöne, Basel'den ayrılıp Leipzig'e gidince kürsüsü biri anatomi diğeri fizyoloji olmak üzere ikiye bölündü; genç Miescher de nepotizmin rol oynadığı tipik bir örnek olarak fizyoloji kürsüsüne getirildi. 16 Ağustos 1895 tarihinde elli birinci yaş gününden üç gün sonra tüberkülozdan ölene dek de bu makamda kaldı.

Mischer'in Tübingen'de çalışmasının nedeni hücre yapısına ilgi duymasıydı (dayısının uyandırdığı bir ilgiydi bu ve dönemin biyolojik araştırma konuları içerisinde popülerleşen bir alandı). Hoppe-Seyler Tübingen'de bugün biyokimya adını verdiğimiz alanda çalışan ilk laboratuarı kurmuştu, aynı zamanda hücre işleyişine büyük bir ilgi duyuyordu ve Rudolf Virchow'un eski asis-

tanıydı; Virchow'un, Miescher Tübingen'e gitmeden sadece on yıl kadar önce canlı hücrelerin ancak başka canlı hücrelerde yaratılabileceği öğretisini oluşturduğunu hatırlatalım. Yapacağı ilk araştırma projesinin konusunun ne olabileceğine ilişkin Hoppe-Seyler'in görüşünü aldıktan sonra Miescher lökosit olarak adlandırılan insanlardaki beyaz kan hücrelerini araştırmaya başladı. Bunlar, konuyla ilgilenen için estetik olmasa da pratik bir yaklaşımla değerlendirildiğinde, bütün cerrahi kliniklerinde bulunan kanlı cerahatlı bandajlardan büyük miktarlarda elde edilebilme gibi bir avantaj sunuyordu. Proteinlerin vücuttaki en önemli yapısal varlıklar olduğu zaten biliniyordu ve Miescher'in gerçekleştirdiği araştırmadaki beklenti hücre kimyasında rol oynayan, dolayısıyla yaşamın anahtarı olan proteinlerin tespit edilmesiydi. Sağlam hücrelerin bandajlardan zarar görmeden çıkarılmasındaki zorlukları aşan ve ardından bunları kimyasal analize tabi tutan Miescher, bir süre sonra çekirdeğin dışındaki hücrenin hacmini dolduran sulu sitoplazmanın protein yönünden zengin olduğunu buldu; fakat sonraki araştırmalar hücrelerde başka bir şeyin daha var olduğunu gösteriyordu. Dıştaki malzemenin hepsini çıkartıp çok sayıda zarar görmemiş çekirdeksiz sitoplazma topladıktan sonra (daha önce kimsenin başaramadığı bir şeydi bu) Miescher çekirdeğin bileşimini analiz etmeyi başararak bunun protein çekirdeğinden çok farklı olduğunu gördü. "Nüklein" adını verdiği bu madde, diğer organik moleküllere benzer şekilde karbon, hidrojen, oksijen ve azot içeriyordu; ancak maddenin tüm proteinlerden farklı olarak önemli miktarda fosfor içerdiğini de tespit etti. 1869 yazında Miescher bulduğu bu yeni maddenin hücrelerin çekirdeklerinden geldiğini doğrulamış ve bu maddenin sadece iltihaplardaki lökositlerde değil maya ve böbrek hücrelerinde, kırmızı kan hücreleri ve diğer dokularda olduğunu tespit etmişti.

Miescher'in keşfi beklendiği gibi bir sansasyon doğurmadı; hâttâ Hoppe-Seyler'in laboratuarı dışında birileri duyuncaya dek de aradan epey bir zaman geçti. 1869 yılı sonbaharında Miescher Leipzig'e gitti ve burada keşiflerini kaleme alarak ulaştığı sonuçları Hoppe-Seyler'in editörlüğünü yaptığı bir dergide yayımlanması için tekrar Tübingen'e yolladı. Hoppe-Seyler sonuçlara inanmakta zorlandı ve keşfin doğruluğunu tespit etme amacıyla iki

öğrencisinin deneyler gerçekleştirmesi için biraz zaman kazanmaya çalıştı. Ardından 1870 Temmuzunda Fransa-Prusya savaşı patlak verdi ve savaşın doğurduğu genel kargaşa derginin basımını geciktirdi. Nihayet makale 1871 yılının ilkbaharında, yanında Miescher'in sonuçlarını doğrulayan çalışma ve Hoppe-Seyler'in baskının öngörülemeyen koşullar nedeniyle ertelendiği notuyla birlikte yayımlandı. Miescher Basel'de profesör olduktan sonra da somon balıklarındaki sperm hücrelerinin analizine yoğunlaşarak nüklein üzerine çalışmalarına devam etti. Sperm hücresi çok az bir sitoplazma dışında hemen tümüyle çekirdekten oluşmaktadır, çünkü tek amacı daha zengin bir yumurta hücresinin çekirdeğiyle kaynaşmak ve bir sonraki nesile kalıtsal malzeme katkısı yapmaktır. Somonlar olağanüstü miktarlarda sperm üretirler, vücut dokusu bu üreme malzemesine çevrildiği için yumurtlama yerlerine yolculukları esnasında giderek zayıflarlar. Miescher bununla da kalmayıp vücuttaki yapısal proteinlerin bu şekilde bozunarak sperme dönüşmek zorunda olmasının, bedenin değişik bölümlerinin yapısının bozularak başka bir formda yeniden inşa edilebileceğinin önemli bir göstergesi olduğunu vurguladı. Bu çalışması kapsamında nükleinin birkaç asidik grup içeren geniş bir molekül olduğunu buldu; moleküller için "nükleik asit" kavramını kullanan ilk kişi de 1889 yılında Miescher'in öğrencilerinden Richard Altmann oldu. Miescher ise keşfettiği şeyin taşıdığı büyük önemi göremeden öldü.

Biyokimya alanında çalışan tüm meslektaşları gibi Miescher de nükleinin kalıtım bilgisinin taşıyıcısı olabileceğini öngörmekte başarısız oldu. Moleküllere hücreyi bir bütün olarak göremeyecek ölçüde yakındılar ve basit görünüşlü bu moleküllerin muhtemelen daha karmaşık protein yapılarına dayanaklık yapan bir tür yapısal malzeme olabileceğini düşündüler. Öte yandan kromozomları açığa çıkaran yeni renkli teknolojileri kuşanmış olan hücre biyologları, hücreler bölündüğünde genetik materyalin nasıl paylaşıldığını görebiliyorlardı ve nükleinin önemini kavramakta çok daha hızlı davrandılar. 1885 yılında Oskar Hertwig "nüklein sadece döllenmeden değil kalıtsal özelliklerin taşınmasından da

sorumlu"[9] diye yazıyor, 1896 yılında yayımlanan bir kitapta[10] Amerikalı biyolog Edmund Wilson (1856–1939) açık açık şu ifadeleri kullanıyordu:

> Kromatin kalıtımın fiziksel temeli olarak değerlendirilir. Artık kromatinin nüklein adı verilen... (fosfor yönünden zengin karmaşık bir organik asit olan) nükleik asit ve albuminin oldukça belirgin bir kimyasal bileşiğinden oluşan bir maddeyle, özdeş olmasa da çok benzer olduğu biliniyor. Bu sayede şu dikkat çekici sonuca ulaşıyoruz: Ebeveynlerden çocuklara belirli bir bileşiğin fiziksel aktarımının kalıtımı etkiliyor olması muhtemeldir.

Wilson'un bu "dikkat çekici sonucunun" bilimsel açıdan onaylanmasına ulaşmak için oldukça dolambaçlı bir yoldan geçilmesi gerekecekti.

DNA ve RNA'nın Keşfine Doğru

Bu yolda ilerlemek nükleinin yapısının anlaşılmasına bağlıydı ve ilgili moleküllerin bütün yapıtaşları (henüz bu yapıtaşlarının nasıl birleştiklerinin ayrıntıları olmasa da) Miescher'in ölümünden sonraki birkaç yıl içerisinde (hâttâ bazıları o ölmeden önce) tespit edildi. DNA'ya adını veren yapıtaşı ribozdu ve bu merkezi yapısı, diğer atomlar (başta hidrojen-oksijen çiftleri OH olmak üzere) köşelerine eklenecek şekilde, dört karbon atomunun bir oksijen atomuna beşgen bir halka oluşturarak bağlandığı bir şekerdi. Bu kenarlara eklenenler, riboz birimlerini kendilerine bağlayacak başka moleküller tarafından yerinden edilebiliyordu. Tam bu şekilde eklenen ikinci yapıtaşı fosfor içerdiği bilinen ve fosfat grubu olarak adlandırılan bir molekül grubuydu; bugün bu fosfat gruplarının alternatif bir zincirdeki riboz beşgenleri arasında bağlantı işlevi gördüğünü biliyoruz. Üçüncü ve son yapıtaşı beş çeşitti, bazlar olarak adlandırılan guanin, adenin, sitozin, timin ve urasil

---

[9] *Jenaische Zeitschrift für Medizin und Naturwissenschaft*, cilt 18, s: 276; çeviri Lagerkvist.

[10] *The Cell in Development and Inheritance* [*Gelişim ve Kalıtımda Hücre*]. Columbia Üniversitesinde zooloji profesörü olan Wilson, Morgan'ın meyve sineği deneylerini gerçekleştireceği bölümün başkanıydı.

genellikle baş harfleriyle G, A, C, T ve U şeklinde anılıyordu. Bir baz, daha sonra keşfedileceği üzere, kenarda çıkıntı yaparak zincirdeki her bir şeker halkasına bağlanıyordu. Riboz beşgen moleküle genel ismini veriyordu: Ribonükleikasit veya RNA. Şeker birimlerinin her birinin birer oksijen daha az olduğu (ribozun OH olduğu durumda, H), neredeyse özdeş tipte bir başka moleküle de deoksiribonükleikasit (DNA) deniyordu (bu ancak 1920'lerin sonunda keşfedildi). RNA ve DNA arasındaki bir diğer fark, ikisi de sadece dört baza sahip olmasına karşın, RNA'nın G, A, C ve U, DNA'nın ise G, A, C ve T içermesiydi. İşte bu keşif nükleinin yapısal bir molekülden başka bir şey olmadığı fikrini kuvvetlendirerek onun kalıtımda oynadığı rolün anlaşılmasını geciktirdi.

Tetranükleotid Hipotezi

Bu yanlış anlaşılmadan en çok sorumlu olan kişi Rusya doğumlu Amerikalı Phoebus Levene (1869–1940), 1905 yılında New York'ta Rockefeller Enstitüsünün kurucu üyesiydi ve meslek hayatı boyunca New York'ta yaşadı. RNA'nın yapıtaşlarının birbirlerine bağlanma biçiminin tespit edilmesinde öncü bir rol oynadı ve sonunda 1929 yılında bizzat DNA'yı tespit eden kişi oldu; aslında anlaşılabilir nitelikte ancak önde gelen bir biyokimyacı olarak sahip olduğu saygınlık ve etki yüzünden ne yazık ki çok taraftar bulan bir hata yaptı. Sagor adlı küçük bir kasabada doğduğunda (Miescher'in nükleini keşfettiği yıl) Levene'e bir Yahudi ismi olan Fishel adı verildi, aile o iki yaşındayken St. Petersburg'a taşınınca adı Rusça Feodor'a çevrildi. Aile o dönemki Yahudi karşıtı soykırımdan kaçmak için 1891 yılında ABD'ye kaçınca İngilizce karşılığının bu olduğu gibi bir yanlış düşünceyle ismini Phoebus olarak değiştirdi; aslında Theodore adını seçmesi gerektiğini öğrendiğindeyse bu kez tekrar değiştirmenin bir anlamı olmadığını düşündü. Levene'nin anlaşılabilir hatasının kaynağı, görece fazla miktarda nükleik asit analizi yapmış olmasıydı. Bu, analiz için bileşenini oluşturan yapıtaşlarına çevrildiğinde, eşit miktarda G, A, C ve U içerdiği gibi bir sonuca yol açtı (bu çalışmada kullanılan maya hücreleri RNA sonucunu verdi). Bu onun nükleik asidin daha önce betimlediğimiz şekilde birbirine bağlanan, kendisini tekrarlayan

dört birimden oluşmuş basit bir yapı olduğu sonucuna varmasına sebep oldu; hâttâ tek bir RNA molekülünün bu dört bazdan sadece bir tanesini içeriyor olması bile mümkün gözüktü. Bu düşüncelere toplam olarak tetranükleotid hipotezi adı verildi; ancak görüşleri bir hipotez olarak muamele görüp düzgün şekilde sınanmak yerine dogma düzeyine çıkarıldı ve Levene'in çok sayıdaki çağdaşı ve onu izleyenler tarafından sorgulanmaksızın kabul gördü. Proteinler farklı biçimlerde birbirine bağlanan çok çeşitli aminoasitlerden oluşan çok karmaşık moleküller olarak bilindiği için bu, hücredeki önemli bilginin tamamının proteinlerin yapısında bulunduğu ve nükleik asitlerin sadece proteinleri yerinde tutan basit bir destek yapısı sağladığı fikrini teşvik etti. Nihayetinde sadece GACU kelimesini içeren ve sonsuza dek tekrarlanan bir "mesajda" pek az bilgi bulunmaktaydı. Oysa 1920'li yılların sonlarında nükleik asidin bir yapı iskelesinden daha fazla bir rolü olduğu yönünde kanıtlar ortaya çıkmaya başlamıştı. İlk ipucu karşımıza Levene'nin DNA'yı keşfetmesinden bir yıl sonra, 1928'de çıktı.

Bu ipucu Londra'da Sağlık Bakanlığında tıbbi memur olarak çalışan Britanyalı mikrobiyolog Fred Griffith'in (1881–1941) çalışmasında saklıydı. Griffith akciğer iltihaplanmalarına sebep olan bakterileri araştırıyordu ve kalıtım konusundaki derin gerçekleri keşfetme gibi bir amaca sahip değildi. Tıpkı meyve sineklerinin bezelyelerden daha hızlı yavrulaması ve bu yüzden kalıtımın işleyişini doğru koşullar altında daha hızlı gösterebilmeleri gibi, bakteriler gibi mikroorganizmalar meyve sineklerinden de daha süratli ürer ve saatler içerisinde birçok yeni nesle geçiş yaparlar, dolayısıyla da *Drosophila*'yla çalışıldığında yıllar gerektirecek türdeki değişimleri birkaç hafta içerisinde sergileyebilirler. Griffith pnömokok bakterilerin iki türü olduğunu keşfetti, bunlardan biri öldürücü nitelikteydi ve genellikle ölümle sonuçlanan bir hastalığa yol açıyordu, diğeriyse hemen hiçbir hastalığa sebep olmuyordu. Griffith insanlarda pnömonyanın tedavisinde yardımcı olacak bilgileri edinmek amacıyla farelerle yürüttüğü deneylerde pnömokokların tehlikeli formunun ısı yoluyla öldürülebileceğini ve bu ölü bakterilerin farelere herhangi bir başka hastalık yaratmaksızın enjekte edilebileceğini buldu. Fakat ölü bakteriler pnömokokların ölümcül olmayan türünden alınan bak-

terilerle karıştırılırsa, bu karışım fareler üzerinde neredeyse canlı öldürücü pnömokokların verdiği zarar kadar öldürücü bir etki doğuruyordu. Griffith bunun nasıl olduğunu bizzat keşfetmedi ve bu çalışmanın gerçek önemi açığa çıkmadan önce öldü (Blitz sırasındaki bir hava akını esnasında öldürüldü); ancak onun keşfi tam zamanlı olarak 1913'ten beri New York'taki Rockefeller Enstitüsünde pnömoni üzerine çalışmakta olan Amerikalı mikrobiyolog Oswald Avery'nin (1877–1955) çalışmasında bir yön değişikliğine sebep oldu.

1930'lar boyunca ve 1940'larda da devam eden dönemde Avery ve ekibi pnömokokların bir formunun diğerine nasıl çevrilebileceğini araştıran bir dizi uzun, özenli ve dikkatli deney gerçekleştirdiler. Önce Griffith'in deneylerini tekrar ettiler, ardından öldürücü türden alınmış ölü, ısı uygulanmış hücreleri de içeren standart bir cam tabakta (Petri kabı) aynı zamanda öldürücü olmayan bir pnömokoklar topluluğu yetiştirmenin, bu yetişen topluluğu öldürücü forma çevirmek için yeterli geldiğini buldular. Bir şey ölü hücrelerden yaşayan pnömokoklara geçiyor, genetik yapılarıyla birleşiyor ve onları dönüştürüyordu. Neydi bu? Bir sonraki adım, hücrelerin sırayla bir dondurulup bir ısıtılması yoluyla parçalara ayrılması, ardından da oluşan katı ve sıvı kalıntıları birbirinden ayırmak için bir santrifüj kullanılması oldu. Burada dönüştürücülüğü yapan şey her neyse bunun çözünmeyen katılarda değil sıvı kısımda yer aldığı ortaya çıktı; böylece araştırmanın odağı daraltılabilirdi. Tüm bu çalışmalar Avery'nin laboratuarındaki çok sayıda kişiyi 1930'ların ortalarına dek uğraştırdı. Bu noktada, labaratuarındaki çalışmaları denetlemesine karşın bu deneylere doğrudan karışmamış olan Avery bu dönüştürücü maddeyi tanımlamak için tüm güçle saldırmanın zamanının geldiğine hükmetti ve çalışmasını bu kez doğrudan kendisinden daha genç iki araştırmacının, Kanada doğumlu Colin MacLeod (1909–1972), 1940'tan itibaren de Indiana, South Bend şehrinden Maclyn McCarty'nin (1911–) yardımıyla birlikte yürüttü.

Kısmen Avery'nin ayrıntılara gösterdiği aşırı dikkat, kısmen II. Dünya Savaşının yarattığı kesilmeler, kısmen de buldukları şeyin inanılması zor ölçüde şaşırtıcı olması[11] sebebiyle, Avery, MacLe-

[11] Sonuç itibarıyla tetranükleotid hipotezine başkaldırılıyordu ve Levene

od ve McCarty'nin, ilk kez 1928'de Griffith'in gözlemlemiş olduğu dönüşümden sorumlu kimyasal maddenin tanımını yapan tanılayıcı makaleyi kaleme almaları ancak 1944 yılında mümkün oldu. Dönüşümü sağlayan maddenin herkesin kabul ettiği üzere bir protein değil, DNA olduğunu kanıtladılar. Artık 67 yaşına ulaşmış (böylesine temel nitelikte bir bilimsel araştırmaya katılan birisi için oldukça ileri bir yaş) Avery, kardeşi Roy'la bu yönde konuşmalar yapıyor olsa da[12], bu 1944 tarihli makalede bile DNA'yı genetik malzeme olarak tanımlayacak kadar ileri gitmediler.

Chargaff Kuralları

Oysa görmek isteyen gözler için ipuçları çok açıktı ve bir sonraki adımda bayrağı devralan kişi Avery, MacLeod ve McCarty'nin 1944 yılındaki makalesinden esinlenen Erwin Chargaff (1905–) oldu. Chargaff Viyana'da doğdu, Griffith'in keşfiyle aynı yılda, 1928 yılında Viyana'da doktora derecesini aldı, Yale'de iki yıl geçirdi, ardından Avrupa'ya dönerek Berlin ve Paris'te çalıştı, 1935 yılında kalıcı olarak Amerika'ya yerleşti ve kariyerinin geri kalanını Columbia Üniversitesinde geçirdi. DNA'nın genetik bilgiyi aktarabildiği yönündeki kanıtları kabul eden Chargaff, DNA moleküllerinin daha önce kabul edilenden çok daha karmaşık bir yapısı ve çok çeşitli türleri olması gerektiğini fark etti. Chargaff ve çalışma arkadaşları yeni kağıt kromatografisi ve morötesi spektrografi tekniklerini kullanarak DNA'nın bileşimi araştırdıkları her türde aynı olsa bile bu her türdeki DNA'ların ayrıntıda farklı olduğunu göstermeyi başardılar. Böylece Chargaff türlerin sayısı kadar farklı sayıda DNA türü olması gerektiğini öngördü. Büyük ölçekte bu çeşitlilik görülmesine karşın, DNA moleküllerinin bu karmaşıklığının altında aynı zamanda belirli derecede bir düzen olduğunu buldu. DNA'nın moleküllerinde bulunan dört değişik baz, iki farklı türe aitti. Guanin ve adenin purinler denen bir kimya ailesinin üyesiydiler, sitozin ve timin ise primidindi. Chargaff kuralları olarak tanınacak olan tespitler 1950 yılında yayımlandı.

1940 yılındaki ölümüne dek Rockefeller'ın yücelerinde yeri olan, etkili bir kişiydi.

[12] *Bkz.* Judson

Buna göre birincisi bir DNA örneğinde var olan toplam purin miktarı (G + A) her zaman toplam pirimidin miktarına (C + T) eşittir; ikincisi A'nın miktarı T'nin miktarıyla aynı, G'nin miktarı da C'nin miktarıyla aynıdır. Bu kurallar DNA'nın ünlü çift sarmal yapısının anlaşılmasının anahtarıdır. Bu yapının nasıl bir arada tutulduğunu anlayabilmek içinse kuantum devriminin ardından kimyada gerçekleşen gelişmeleri saymalıyız.

Yaşamın Kimyası

Niels Bohr'un çalışmalarından başlayarak 1920'lerde elde ettiği ilerlemeyle birlikte artık kuantum fiziği, elementlerin periyodik tablosunda bulunan örüntüleri açıklayabiliyor ve bazı atomlar başka atomlarla birleşmekten hoşlanırken diğerlerinin neden böyle bir eğilim göstermediklerine ilişkin kafada bir fikir oluşmasını sağlıyordu. Modellerin ayrıntıları, enerjinin atomun içerisindeki elektronlar arasında dağılmasıyla ilgili hesaplamalara bağlıdır ve bu dağılım atom dışarıdan gelen bir enerji katıcı etkiye maruz kalmadığı müddetçe her zaman atomun genel enerjisini minimize edecek şekilde olur. Burada ayrıntılara girmeden doğrudan, 1920'lerdeki gelişmelerle daha sağlam bir temele oturacak olsa da aslında Bohr'un modelinde de var olan sonuçlara sıçrayalım. Aradaki en önemli fark Bohr ilk başta elektronları minik, sert parçacıklar olarak düşünmüşken tam kuantum kuramının onları bir dalga gibi yayılabilen, hâttâ böylece tek bir elektronun bile bir atom çekirdeğinin etrafını sarabildiği varlıklar olarak görmesidir.

Elektronların kuantum özellikleri, bir atomun içinde her bir enerji düzeyini sadece belirli sayıda elektronun işgal etmesine izin verir ve tam doğru olmasa da bu enerji düzeylerinin çekirdeğin çevresindeki farklı yörüngelere denk düştüklerini kabul edebilirsiniz. Bazı yerlerde kimyacıların bu enerji durumlarına "kabuk" adını verdiğini görürüz ve bir kabukta birkaç elektron olabilmesine karşın her bir elektronu kabuğun tüm hacmine yayılmış olarak düşünmeniz gerekir. İzin verilen maksimum elektron sayısına sahip olma anlamında dolu olan kabukların, enerji yüklü olma yönünden kısmi dolu kabuklara oranla ayrıcalıklı oldukları ortaya çıkmıştır. Hangi elemente bakarsak bakalım, her bir atom için en düşük enerji du-

rumunda ("çekirdeğe en yakın" kabuk) sadece iki elektron için yer vardır. Bir sonraki kabukta sekiz elektrona yer vardır, keza üçüncüsünde de; ancak bundan sonrasında bu kitabın kapsamının ötesine taşan sorunlara gireriz. Bir hidrojen atomu, çekirdeğinde tek bir protona sahiptir, bu yüzden dolu olan tek kabuğunda da sadece bir elektron barındırır. Enerji yönünden bakıldığında, bir durumda kabukta iki elektrona sahip olunması istenmez ve hidrojen ikinci elektrondan en azından bir pay alacak şekilde başka atomlarla birleşerek istenen duruma ancak yarı yarıya ulaşabilir. Örneğin hidrojen moleküllerinde (H_2) her bir atomdan bir elektron, her iki çekirdekçe paylaşılan ve onları çevreleyen birer elektronla çift olarak dolu kabuk görünümünü sağlar. Öte yandan tek dolu kabuğunda iki elektron olan helyum çok yeğlenen bir enerji durumunda, bir çeşit atomik nirvanada bulunur ve hiçbir şeyle etkileşime girmez.

Karmaşıklık merdiveninde ilerlediğimizde bir sonraki element olan lityumun çekirdeğinde üç proton vardır (artı genellikle dört nötron) ve bu yüzden bulutunda da üç elektron bulunur. Bunların ikisi ilk kabuğa yerleşir, kalan elektron da tek başına bir sonraki kabuğa oturur. Atomların diğer atomlar karşısında ayırt edici yönünü oluşturan ve kimyasal özelliklerini belirleyen en dıştaki kabuktur. Bu durumda en dıştaki kabuğunda tek bir elektron olan lityum biraz önce betimlediğimiz yolla bu yalnız elektron üzerindeki hissesinden vazgeçmeye çok istekli olduğu için oldukça reaktiftir ve hidrojene benzer kimyasal özelliklere sahiptir. Bir çekirdeğin içindeki proton sayısı, söz konusu elementin atom numarasıdır. Çekirdeğe protonlar ve ikinci kabuğa elektronlar eklersek (ve bu düzeyde kimyada esaslı bir rol oynamayan nötronları göz ardı edersek) biraz daha yukarıya, neona ulaşırız: Neonun on protonu ve on elektronu vardır, elektronlarının ikisi en iç kabukta, sekizi ikinci kabuktadır. Helyum gibi neon da bir soygazdır. Artık periyodik tablodaki sekiz birimde yer alan elementlerin tekrarlayan kimyasal özellik örüntülerinin nereden geldiğini görebiliyor olmalıyız. Bir örnek daha verirsek yeterli olacaktır. Bir proton ve bir elektron daha eklersek neondan sodyuma ulaşırız. Sodyumun iki dolu iç kabuğu ve dışarıda kendi başına bir elektronu vardır ve atom numarası 11 olan sodyum, atom numarası 3 olan lityuma benzer kimyasal özelliklere sahiptir.

Kovalent Bağ Modeli ve Karbon Kimyası

1916 yılında Amerikalı Gilbert Lewis (1875–1946) atomların kapalı kabuklara ulaşmak için elektron çiftleri paylaştıkça bağlar oluşturdukları düşüncesini –ilk olarak niteliksel temelde– geliştirdi. Bu kovalent bağ modeli olarak bilinmektedir ve en basit örnekle göstereceğimiz üzere yaşamın kalbinde yatan karbon kimyasının betimlenmesi açısından özellikle önem taşımaktadır. Karbon çekirdeğinde altı proton (ve altı nötron) bulunur, bulutunda da altı elektron vardır. Bu elektronların ikisi alışıldığı üzere en içteki kabuğa yerleşmiştir; geriye kalan dördü ikinci kabuğa yerleşir, bu sayı kabuğu doldurmak için gerekenin tam yarısıdır. Bu dört elektronun her biri bir hidrojen atomunun teklif ettiği elektronla eşleşebilir, böylece bir metan molekülü oluşur (CH_4). Metan molekülünde ortadaki karbon atomu sekiz elektronla dolu bir kabuk görünüşüne sahip olurken dıştaki dört hidrojen atomunun her biri de iki elektronla dolu kabuk görünümüne sahip olur. Dış kabukta beş elektron olsaydı bu durumda merkezdeki atomun kümesini tamamlamak için sadece üç bağ kurması gerekecekti; sadece üç elektronu olsaydı, beş bağ kurmayı ne kadar çok "isterse istesin" sadece üç bağ kurabilirdi. Bütün atomlar en fazla dört bağ kurabilirler[13] ve bağlar merkezdeki çekirdeğe daha yakın kabuklarda daha güçlüdürler; bu yüzden karbon mükemmel bir bileşik kurucusudur. Bir veya birkaç hidrojen atomunu biraz daha egzotik bir şeyle (buna diğer bazı karbon atomları veya fosfat grupları dahildir) değiştirdiğinizde, karbon kimyasının çok geniş bir karmaşık molekül çeşitleri üretme yelpazesine sahip olduğunu görürsünüz.

İyonik Bağ

Öte yandan atomların bağ kurmasının bir başka yolu daha vardır. Lityum ve sodyum bu şekilde bağ kurabilirler; biz sodyumu örnek alacağız, çünkü bu bağ türü çok rastlanan günlük kullanımdaki bir maddede, adi tuzda (NaCl) görülür. Bu bağa iyonik bağ denir

[13] Normal koşullarda elbette; her zaman kuraldışı durumlar olsa da burası bunları tartışmanın yeri değil.

ve fikir on dokuzuncu yüzyıl yirminci yüzyıla evrilirken birkaç kişi tarafından geliştirilmiştir; yine de fikrin temelini atmada en büyük rol sahibi kişinin 1903 yılında çözeltilerdeki iyonlar üzerindeki çalışmasıyla Nobel ödülü alan İsveçli Svante Arrhenius (1859–1927) olduğunu söyleyebiliriz. Daha önce gördüğümüz üzere sodyumun iki dolu iç kabuğu ve dışarıda kalan bir elektronu vardır. Bu yalnız elektrondan kurtulabilirse neonunkine benzer bir elektron düzenlemesiyle karşı karşıya kalır ve bu enerji yönünden tercih sebebidir (neonla tam olarak özdeş değildir, çünkü sodyum çekirdeğinde fazladan bir proton olması onun elektronlara birazcık daha sıkı bağlandığı anlamına gelir). Öte yandan klorun bulutu içerisinde 17 elektron (elbette çekirdeğinde de 17 proton) vardır; kabuklarından ikisi doludur, yedi elektronluk üçüncü kabuğunda ise bir elektronun daha sığabileceği bir "delik" bulunur. Bir sodyum atomu bir elektronunu bir klor atomuna bağışlarsa, her ikisi de nirvanaya kavuşur; bunun tek bedeli ikisinin de genel bir elektrik yüke sahip olması olur; bu sodyumda artı, klorda eksidir. Sonuçta sodyum ve klorda oluşan iyonlar elektrik kuvvetlerce kristalize bir sıra halinde bir arada tutulurlar ve bu dev bir tekil moleküle benzer; NaCl molekülleri doğada H_2 ve CH_4 molekülleri gibi bağımsız birimler halinde var olmazlar.

Kuantum fiziğinde şeyler nadiren umduğumuz kadar düz ve kolay anlaşılır bir nitelik taşırlar ve kimyasal bağlar da iki sürecin işlemesinin bir karışımı olarak düşünülmelidir. Dolayısıyla biraz daha fazla kovalent ama bir iyonik karışımının da olduğu, biraz daha fazla iyonik ama bir kovalent karışımının da olduğu ve böylece aşağı yukarı yüzde 50–50 olduğu düşünülmelidir (hidrojen moleküllerinde bile kafanızda bir hidrojen atomunun kendi elektronunu tamamen bir başkasına verdiğini düşünebilirsiniz). Fakat tüm bu imgeler sadece bizim hayal gücümüzün dayanaklarıdır. Önemli olan ilgili enerjilerin büyük bir kesinlikle hesaplanabilmesi gerçeğidir. Gerçekten de Schrödinger'in kuantum mekanik dalga denklemini yayımlamasının üzerinden daha bir yıl geçmeden ve Griffith'in pnömokoklarla ilgili çalışmasından bir yıl önce, 1927 yılında iki Alman fizikçi Walter Heitler (1904–1981) ve Fritz London (1900–1954) bu matematiksel yaklaşımı kullanarak her biri tek bir elektrona sahip iki hidrojen atomu birleşerek bir çift

paylaşılan elektronla bir hidrojen molekülü oluşturduklarında gerçekleşen toplam enerjideki değişimi hesapladı. Hesapladıkları enerji değişimi, kimyacıların deneylerinden bildikleri bir hidrojen molekülü içerisindeki atomlar arasındaki bağlanmayı kırmak için gerekli olan enerji miktarıyla neredeyse tamamen örtüştü. Hâttâ kuantum kuramı geliştikçe yapılan sonraki hesaplamalar, deneyle çok daha uyumlu sonuçlar sağladı. Hesaplamalar moleküllerdeki atomların ve atomlardaki elektronların düzenlenmesinde herhangi bir rastgele durum olmadığını gösterdi, atomlar ve moleküllerde en kararlı düzenlemeler her zaman en az enerjili düzenlemelerdi. Bu kimyanın moleküler düzeyde niceliksel bir bilim haline gelmesinde hayati bir önem taşıyordu; öte yandan bu yaklaşımın başarısı kuantum fiziğinin sadece elektonların kristallerce kırınımı gibi özel tekil durumlara değil, çok kesin sonuçlar sağlayacak bir şekilde atom dünyasının bütününe uygulanabildiğinin ilk ve en güçlü kanıtlarından biriydi.

Amerikalı Linus Pauling (1901–1994) tüm parçaları bir araya getirerek kimyayı fiziğin bir dalı haline getiren kişi oldu. O doğru zamanda, doğru yerde, doğru kişi olan bilimcilerden bir diğeriydi. 1922 yılında (Oregon Devlet Üniversitesinin öncülü) Oregon State Agricultural College'ın [Oregon Tarım Üniversitesi] kimya mühendisliği bölümünden mezun oldu, ardından Caltech'te fiziksel kimya alanında doktoraya başladı; Louis de Broglie'nin elektron dalgaları hakkındaki fikirlerinin dikkat çekmeye başladığı 1925 yılında doktorasını tamamladı. Pauling tam da kuantum mekaniğinin kurulduğu sonraki iki yıl süresince Guggenheim bursu sayesinde Avrupa seyahatindeydi. Birkaç ay Münih'te, ardından Niels Bohr'un yönettiği Kopenhag'daki enstitüde çalıştı, bir miktar zamanını Zürih'te Erwin Schrödinger'le birlikte geçirdi ve William Bragg'ın Londra'daki laboratuarını ziyaret etti.

Bragg ve özellikle oğlu Lawrence DNA yapısının keşfedilmesi öyküsünde önemli bir rol oynadılar. Yaşlı Bragg, William Henry 1862–1942 yılları arasında yaşadı ve William Bragg adıyla tanındı. 1884 yılında Cambridge Üniversitesinden mezun oldu ve J. J. Thomson'la bir yıl çalıştıktan sonra Avustralya'ya, Adelaide Üniversitesine gitti; oğlu William Lawrence da (Lawrence Bragg adıyla tanındı) burada doğdu. Alfa ışınları ve X ışınları konu-

sunda çalışmalar yürüttü, 1909 yılında İngiltere'ye dönerek önce 1915'e dek Leeds Üniversitesinde, ardından da University College London'da çalıştı; bu dönemde X ışınlarının dalga boyunu ölçmek için ilk X ışını spektrometresini geliştirdi. 1923 yılında müdür olarak atandığı Kraliyet Kurumuna bir araştırma merkezi olarak yeniden hayat verdi ve burada Pauling'in birkaç yıl sonra ziyaret edeceği laboratuarı kurdu. X ışını kırınımını kullanarak karmaşık organik moleküllerin yapısını açıklama hayalini ilk kuran kişi William Bragg'di, ancak 1920'lerdeki teknoloji buna izin vermedi.

Lawrence Bragg (1890–1971) Adelaide Üniversitesinde matematik okudu (1908'te mezun oldu), ardından gittiği Cambridge'te önce matematikle başladı, sonra 1910'da babasının önerisiyle fiziğe geçti ve buradan 1912 yılında mezun oldu. 1912 yılında Almanya'dan Münih Üniversitesinde çalışan Max von Laue'nin (1879–1960) X ışınlarının kristaller yoluyla kırınımını gözlediği haberi geldiğinde,[14] Lawrence Cambridge'te bir araştırma görevlisi olarak eğitimine yeni başlamıştı, William ise Leeds'de profesördü. Bu deney ışığın çift yarık deneyinde kırınıma uğramasının tam anlamıyla dengiydi, ancak X ışınlarında dalga boyu ışığınkinden çok daha kısa olduğu için "yarıklar" arasındaki boşluğun çok daha küçük olması gerekiyordu; bir kristalin içerisindeki atom katmanları arasındaki boşluğun bu iş için biçilmiş kaftan olduğu ortaya çıktı. Bu çalışma X ışınlarının da ışık gibi ama ondan daha kısa dalga boyları olan bir elektromanyetik dalga formu olduğunu ortaya çıkardı; elde edilen başarının önemi von Laue'nin bu çalışması nedeniyle hemen iki yıl sonra, 1914 yılında Nobel ödülüne layık görülmesinden de anlaşılabilir.

Bragg Yasası: Fiziğin Bir Dalı Olarak Kimya

Von Laue'nin ekibi karmaşık kırınım örüntüleri bulduklarından emindiler; ancak örüntülerin X ışınlarının kırınıma uğradığı kris-

[14] Kesin belirtmek gerekirse von Laue deneyi tasarlayan kişiydi, deneyi gerçekleştirenler ise Münih'teki Kuramsal Fizik Enstitüsünden Walther Friedrich ve Paul Knipping'di. Bu deney ile atom çekirdeğinin varlığını açığa çıkartan deney arasında bir benzerlik kurulabilir, onda da Ernest Rutherford deneyi tasarlamış, Hans Geiger ve Ernest Marsden deneyi gerçekleştirmişti.

tallerin yapısıyla nasıl bağlantılandığının ayrıntıları üzerine hemen çalışma olanağı bulamadılar. Bragg'ler yeni keşifler üzerine beraberce tartıştı ve her biri problemin değişik bir yönü üzerinde çalışma kararı aldı. Lawrence Bragg, belirli bir dalga boyuna sahip bir X ışını demetinin atomları arasında belirli bir boşluğun olduğu bir kristal örgüye belirli bir açıda çarptığında ortaya çıkan kırınım örüntüsünde parlak noktaların nerede oluşacağını tam olarak öngörmeyi sağlayan kuralları buldu. X ışını kırınımı keşfedildikten hemen sonra bunun hesaplamalardaki dalga boyları ölçülebildiği takdirde (burada William Bragg'in 1913'te yapılan spektrometresi devreye giriyordu) kristallerin yapısını araştırmak için kullanılabileceği saptanmıştı. Lawrence'ın bulduğu ilişki Bragg yasası olarak adlandırıldı ve her iki yönde de çalışmayı mümkün kıldı. Örüntüdeki parlak noktaların boşluğunu ölçme yoluyla, eğer kristalin içindeki atomların boşluğunu biliyorsanız, X ışınlarının dalga boylarını tespit edebiliyordunuz; eğer X ışınlarının dalga boylarını biliyorsanız bu kez aynı tekniği kullanarak (her ne kadar bir süre sonra karmaşık organik yapılarda bu verileri yorumlamanın korkunç derecede zor olduğu ortaya çıksa da) kristalin içindeki atomlar arasındaki boşluğu ölçebiliyordunuz. Bu çalışma sodyum klorür gibi maddelerde tekil moleküller (NaCl) olmadığını, geometrik bir örüntü biçiminde düzenlenmiş bir sodyum iyonları ve klor iyonları dizisi olduğunu gösterdi. Böylece iki Bragg birlikte çalışarak bundan birkaç yıl sonra, 1915 yılında, X ışınlarının keşfinden sadece 20 yıl sonra *X Rays and Crystal Structure* [*X ışınları ve Kristal Yapı*] kitabını yayımladılar. Bir önceki yıl Lawrence Trinity College üyesi olmuştu, ancak savaş Britanya ordusuna Fransa'da teknik danışman olarak hizmet etmesi nedeniyle akademik kariyerini kesintiye uğrattı; Paris'te olduğu sırada 1915 yılında kendisinin ve babasının çalışmaları nedeniyle Nobel ödülüne layık görüldüğünü öğrendi. Lawrence (25 yaşında) ödüle layık görülen en genç kişiydi, Bragg'ler de ortak çalışmaları nedeniyle ödülü paylaşan tek baba-oğul ekibi oldu. Lawrence Bragg 1919 yılında Manchester Üniversitesinde fizik profesörü oldu, 1938 yılında da çift sarmalı anlatırken karşımıza tekrar çıkacak olan Cavendish Lab'in Rutherford'dan sonraki yöneticisi oldu. 1954 yılında Cambridge'ten ayrılınca o da Krali-

yet Kurumunun müdürlüğüne atandı ve 1966 yılında emekli olana dek bu görevini sürdürdü.

Linus Pauling

Pauling X ışını kristalografisini öğrenciyken büyük oranda William ve Lawrence Bragg'in yazdığı kitaptan öğrenmiş ve kendi kristal yapı tespitini ilk kez 1922 yılında bu tekniği kullanarak gerçekleştirmişti (kristal mobildenitti). 1927 yılında Amerika'ya dönüp Caltech'teki kürsüyü kabul ettiğinde, ardından da 1931'de burada tam profesör olduğunda X ışını kristalografisi hakkında bütün güncellenmiş bilgilere sahipti ve kısa zaman içerisinde daha karmaşık kristallerden elde edilen X ışını kırınımı örüntülerini yorumlamak için bir dizi kural geliştirdi. Aynı dönemde Lawrence Bragg de aynı kurallar kümesini geliştirmişti ancak Pauling Bragg'i hayal kırıklığına uğratarak sonuçlarını daha önce yayımladı ve günümüzde bunlara Pauling kuralları denmektedir. Bu durum Pauling ile Bragg arasında 1950'li yıllara dek sürecek ve DNA'nın yapısının keşfedilmesinde rol oynayacak bir rekabete sebep oldu.

O dönemde Pauling'in ilgilendiği esas konu kimyasal bağın yapısıydı ve bunu yaklaşık yedi yıl süren bir uğraşı sonucunda kuantum mekanik kavramları kullanarak açıklığa kavuşturdu. 1931 yılı gibi erken bir tarihte, kuantum fiziğindeki yeni fikirleri özümsediği bir Avrupa yolculuğunun ardından *Journal of the American Chemical Society* dergisinde "The Nature of the Chemical Bond" [Kimyasal Bağın Doğası] başlığıyla müthiş bir makale yayımladı; bu makale tüm esasları tespit ediyordu. Onu sonraki iki yılda konuyu genişleten altı makale, ardından her şeyi toparlayan bir kitap izledi. Daha sonra Pauling bu konuda "1935 yılında kimyasal bağın doğasını tam anlamıyla anladığımı hissediyordum"[15] yorumunu yapacaktı. Bundan sonra yapılacak bariz şey bu kavrayışı proteinler gibi karmaşık organik moleküllerin yapısının aydınla-

[15] *Bkz.* Judson. Bu boş bir böbürlenme değil gerçeğin sade bir ifadesiydi; Pauling bu çalışması için 1954 yılında hak ettiği üzere Nobel'le ödüllendirildi. 1962 yılında da nükleer silahsızlanma için yaptığı çalışmalar nedeniyle Nobel Barış Ödülü'ne layık görüldü.

tılması için kullanmaktı (1930'lu yılların ortasında DNA'nın halen çok karmaşık bir molekül olarak görülmediğini hatırlatalım). Bu yapılar çift yönlü bir araştırmaya tabi tutuldu: Kimya ve kimyasal bağın anlaşılması Pauling gibi insanlara büyük moleküllerin alt birimlerinin nasıl uyum içinde olduğunu söylerken (proteinler açısından baktığımızda bu alt birimler aminoasitlerdi), X ışını kristalografisi de moleküllerin genel şekilleri hakkında bilgi verdi. Kimya alt birimlerin sadece belirli dizilimlerine izin veriyordu ve alt birimlerin sadece belirli dizilimleri gözlemlenen kırınım örüntülerini sağlıyordu. Model inşası yoluyla iki bilgi kaynağını birleştirmek, çok sayıda olanaksız alternatifin elenmesini ve sonunda zorlu bir çalışmanın ardından yaşam açısından önem taşıyan moleküllerin yapıları üzerindeki örtüyü kaldırmamızı sağladı. Pauling dışında Desmond Bernal (1901–1971), Dorothy Hodgkin (1910–1994), William Astbury (1889–1961), John Kendrew (1917–1977), Max Perutz (1914– 2002) ve Lawrence Bragg gibi araştırmacıların yaptığı olağanüstü çalışmalar izleyen kırk yıl içerisinde biyokimyacıların hemoglobin, insülin ve kas proteini miyoglobin dahil olmak üzere çok sayıda biyomolekülün yapısını tespit edebilmelerini olanaklı kıldı. Bu çalışmanın hem bilimsel bilgi hem de insan sağlığının iyileştirilmesi ve bakımı açısından taşıdığı önemi vurgulamamıza gerek yok; burada tıp alanı açısından da görüldüğü üzere her konuya giremiyoruz. Bizim DNA'nın yapısının saptanmasına götüren yolda seçmek istediğimiz köşe taşı, Pauling ve Britanyalı rakiplerinin belirli proteinlerin yapısını araştırmaları olacak; ancak bundan önce kuantum kimyası alanında bahsetmemiz gereken bir nokta daha kaldı.

Hidrojen Bağın Doğası

"Hidrojen bağların" varlığı, kuantum fiziğinin kimya (özellikle yaşamın kimyası) açısından taşıdığı önemin yanı sıra, kuantum dünyasının gündelik hayatımızdan ne kadar farklı olduğunun da bir göstergesidir. Kimyacılar daha öncesinde de belirli şartlar altında hidrojen atomunun bir köprü olarak kullanılmasıyla moleküller arasında bağlar kurmanın mümkün olduğunu biliyorlardı. Pauling 1928 yılında normal kovalent veya iyonik bağdan daha

zayıf olan bu hidrojen bağ konusunda yazmış ve 1930 yılında aynı konuya önce buz bağlamında dönmüş, ardından çalışma arkadaşı Alfred Mirsky'yle beraber aynı fikri proteinlere uygulamıştı. Hidrojen bağlanmanın açıklaması, bir hidrojen atomunun içindeki protonla bağlantılı tekil bir elektronu, küçük bir bilardo topu olarak değil de, bir elektrik yük bulutunun içine bulanmış olarak düşünmenizi gerektirir. Hidrojen atomu, elektronunu kuvvetlice çeken oksijen gibi bir atomla geleneksel bir bağ kurmaya giriştiğinde, yük bulutu diğer atoma doğru çekilir ve hidrojen atomunun diğer tarafında sadece ince bir negatif yük tabakası kalır. Diğer bütün kimyasal yönden reaktif atomlardan farklı olarak (helyum kimyasal olarak reaktif değildir) hidrojen, iç kabuklarında protonun üzerindeki artı yükü kapamasına yardım edecek herhangi bir elektrona sahip değildir, bu yüzden artı yükün birazı yakındaki atom ve moleküller açısından "görünür" durumdadır. Bu, yakında bulunan eksi yükü ağır basan bir atomu çekecektir; örnek olarak bir su molekülünün içindeki iki hidrojen atomundan fazladan eksi yük kazanmış oksijen atomunu verebiliriz. Su moleküllerinde iki hidrojen atomunun her birinin üzerindeki artı yük, bu yolla başka bir su molekülü üzerindeki elektron bulutuyla (her hidrojen atomu için bir) bağlantı kurabilir. Buza bu kadar düşük bir yoğunlukla, çok açık bir kristal yapı veren ve suda yüzmesini sağlayan da budur. Pauling'in buz üzerine çalışmasının değeri, bir kez daha, onun sayıları hesaba katmış olmasından kaynaklanır; ilgili enerjileri hesaplamış[16] ve deneylerde açığa çıkan değerlerle örtüştüğünü göstermiştir. Onun ellerinde hidrojen bağ fikri bulanık, niteliksel bir fikir olmaktan çıkıp net, niceliksel bir bilim haline gelmiştir. 1930'lu yılların ortalarında Pauling ve Mirsky'nin gösterdiği üzere proteinlerde uzun zincir şeklindeki protein molekülleri derli toplu şekil aldıklarında (Rubik küpü olarak tanınan oyuncaktaki derli toplu şekle benzer biçimde), bu şekilde kalmalarını aynı protein zincirinin farklı kısımları arasında işleyen hidrojen bağlar sağlar. Bir protein molekülünün şekli hücre mekanizmasındaki etkinliği açısından hayati önem taşıdığı için bu çok önemli bir öngörüydü. Tüm bunların kavranmasını, kuantum fiziği olmadan doğru düzgün açıklayamayacağımız hidrojen bağ de-

[16] Bu örnekte Pauling'in araştırdığı aslında entropiydi, ancak ilke aynıdır.

nen bir olguya borçluyuz. Yaşamın moleküler temelini kavrayışımızın kuantum mekaniğinin kurallarını kavrayışımızın ardından gelmesi de tesadüf değildir, burada bir kez daha bilimin devrim değil evrim yoluyla ilerlediğini görürüz.

Lifli Proteinlerin Araştırılması

Proteinlerin alt birimlerinin birbirleriyle nasıl uyumlu hale geleceği ile tam moleküllerin (aslında bir örneklemde yan yana gelen çok sayıdaki tam molekülün) ürettiği X ışını kırınım örüntülerinin kuramsal kavranışının birleşiminden doğan ilk büyük zafer, 1950'lerin başında tüm bir proteinler ailesinin, saç, yün ve tırnaklarda bulunan lifli türün temel yapısının saptanması oldu. Bu zafere giden uzun yol, 1920'li yıllarda William Astbury Londra'daki Kraliyet Kurumunda William Bragg'in kristalografiar grubunda çalışırken başladı. Astbury burada biyolojik moleküller üzerine çalışarak bu liflerin bazılarının X ışını kırınımını araştırmaya başladı ve lifli proteinlerin ilk X ışını kırınımı görüntülerini elde etti, ardından bu araştırmalarını 1928'de geçiş yaptığı Leeds Üniversitesinde de sürdürdü. 1930'lu yıllarda bu proteinlerin yapısıyla ilgili aslında yanlış olan bir model ortaya attı, yine de yuvarsı protein moleküllerinin (hemoglobin ve miyoglobin gibi) top şeklinde birleşen uzun zincir proteinlerden (polipeptid zincirler) oluştuğunu gösteren kişi Astbury oldu.

Alfa Sarmal Yapı

Pauling öykümüze 1930'ların sonunda katıldı, sonrasında bu konuda şöyle yazacaktı: "1937 yazını bir polipeptid zincirini Astbury'nin sağladığı X ışını verileriyle karşılaştırarak üç boyutlu şekilde sarmanın yolunu bulmaya çabalayarak geçirdim."[17] Sorunu çözmek için bir yazdan daha fazlası gerekecekti. Lifli proteinler umut veriyordu ama araya II. Dünya Savaşının girmesiyle bir yandan Pauling ve Caltech'teki arkadaşlarının (özellikle Robert Corey) öte yandan (artık Cavendish'in başına geçmiş olan) Lawrence Bragg ve Cambridge'teki ekibinin çözüme yaklaşması

[17] *Bkz.* Judson

1940'ların sonunu buldu. Yayımlamakta önce davranan 1950 yılında Bragg'in ekibi oldu; ancak bir süre sonra modellerinin gerçeği büyük oranda yansıtsa da hatalı olduğu ortaya çıktı. Pauling'in ekibi 1951 yılında lifli proteinin temel yapısının, hidrojen bağların bobin şeklinin sağlanmasında önemli bir rol oynadığı, bir halatı oluşturan iplere benzer şekilde birbirine sarmal şekilde sarılı uzun polipeptid zincirlerden oluştuğunu saptayarak doğru çözüme ulaştı. Bu zaten başlı başına göz kamaştırıcı bir zaferdi, üstüne üstlük Caltech ekibi *Proceedings of the National Academy of Sciences*'ın 1951 Mayıs sayısında yayımlanan yedi ayrı makaleyle saç, tüyler, kaslar, ipek, boynuz ve diğer proteinlerin kimyasal yapısının da alfa sarmal yapıda liflerden oluştuğunu ayrıntılarıyla gösterdiğinde biyokimya dünyası tamamen şaşkına döndü. Yapının sarmal olması, elbette insanlara sarmalların başka biyolojik makromoleküllerin de olası yapısı olabileceğini düşündürdü; ancak en az bunun kadar önemli olan bir başka şey de Pauling'in X ışını verilerini, model inşasını ve kuantum kimyanın kuramsal kavrayışını birleştirerek kullandığı bütünsel yaklaşımın sağladığı olağanüstü başarıydı. Pauling'in de vurguladığı gibi alfa sarmal yapı "proteinler üzerinde yapılan deneysel gözlemlerden doğrudan çıkarım yoluyla değil, daha basit varlıkların araştırılmasına dayalı kuramsal düşünüş yoluyla"[18] saptanmıştı. Bu örnek çok yakında DNA yapısını tespit edecek ve ödülü sadece Caltech ekibinin değil, aynı problem üzerine Londra'da çalışan bir başka grubun da burnunun ucundan çekip alacak olan iki kişinin çalışmasına ilham kaynağı olacaktı.

Pauling'in bundan böyle dikkatini 1940'lı yıllarda genetik malzeme olarak tespit edilmiş olduğunu gördüğümüz DNA'ya yönelteceği açıktı.[19] Pauling tarafından şimdiye dek iki kez yenilmiş olan Lawrence Bragg'in DNA'nın yapısının Cambridge'teki laboratuarında saptanmasını ne kadar çok istediğini tasavvur etmek de zor değildi. Aslında bunun önünde engel olarak bilimsel neden-

---

[18] *Bkz. Chemistry*

[19] Aynı dönemlerde Long Island'da Cold Spring Harbor Laboratuarında çalışan Amerikalılar Alfred Hershey ve Martha Chase'in gerçekleştiği harikulade deney virüslerin genetik malzemesinin DNA'dan oluştuğunu kanıtlamış ve son kuşkuları da gidermişti.

lerden çok, ekonomisi savaşın etkilerinden yeni yeni sıyrılmaya başlayan Britanya'da bilimsel araştırma için ayrılan kaynakların sınırlı olmasının araştırmacıların özgürlüğünü kısıtlaması duruyordu. DNA'nın yapısı problemiyle baş etme becerisine sahip biri Cavendish'te Max Perutz'un ekibi, diğeri Londra'daki King's College'da John Randall (1905–1984) yönetimindeki ekip olmak üzere sadece iki grup vardı. Her ikisini de Medical Research Council (MRC) [Tıbbi Araştırma Konseyi] adlı yapı finanse ediyordu ve sınırlı kaynakların boşa harcanmasına sebep olacak şekilde çabanın çift tekrarından kaçınmak en mantıklısıydı. Sonuç King's ekibinin DNA'ya ilk darbeyi vurması konusunda bir ortak yaklaşımın (resmi değil, ancak bir centilmenlik anlaşması şeklinde) hâkim kılınması oldu. Bu konularla ilgilenen kişiler açısından bu sefer yeni sorun, Maurice Wilkins (1916–) yönetimindeki King's ekibinin çalışmayı tamamlamak için fazla bir acelesi olmadığı izlenimini vermesi oldu. Ayrıca harika X ışını kırınımı fotoğrafları çekmiş ve Wilkins'in ortağı olması gereken Rosalind Franklin (1920–1958) adlı genç bir araştırmacının, Wilkins tarafından bir kişilik çatışması sonucunda bir kadın olarak ona karşı beslediği önyargının da en azından kısmi olarak etkisiyle büyük oranda dışlanması da, bu kötü gidişata tuz biber ekti.

Francis Crick ve James Watson: Çift Sarmal DNA Modeli

(Sadece adı "takım" olan) King's takımındaki bu kargaşa, atılgan bir genç Amerikalıya fırsat sağladı. Cambridge'e 1951 yılında doktora sonrası bursla gelen James Watson (1928–) DNA yapısını çözme kararlılığıyla yanıp tutuşuyor ve İngiliz beyefendilerin kendi aralarındaki anlaşmayı ne biliyor ne de umursuyordu. Watson üniversitede kendisinden biraz daha yaşlı bir doktora öğrencisi olan İngiliz Francis Crick'le (1916–) odasını paylaşmaya başladı; bir süre sonra Crick'in Watson'u tamamlayıcı bir temele ve yaklaşıma sahip olduğu ortaya çıkınca Crick de çalışmaya katıldı. Crick aslen bir fizikçiydi ve savaşta Amiralliğe madenlerde çalışarak hizmet vermişti. Onun neslinden birçok fizikçi gibi o da fiziğin savaşta oynadığı rolü gördükten sonra büyük hayal kırıklığına

uğramıştı. Yine çok sayıda çağdaşı gibi o da Erwin Schrödinger'in yazdığı ve 1944 yılında yayımlanan *What is Life?* [*Hayat Nedir?*] adlı küçük kitaptan etkilenmişti; kitapta bu büyük fizikçi bugün verdiğimiz isimle genetik şifre sorununu bir fizikçinin bakış açısıyla inceliyordu. Schrödinger kitabı yazdığı sırada kromozomların DNA'dan oluştuğunu bilmiyordu. Buna rağmen "canlı bir hücrenin en önemli kısmının –kromozom lif–" genel anlamıyla "*aperiyodik bir kristal* olarak adlandırılmasının uygun olacağını" vurgulamış, basit bir temel örüntüyü sürekli biçimde tekrar eden adi tuz gibi sıradan bir kristal ile birkaç rengin farklı biçimlerde düzenlenmesine dayalı olmasına rağmen "örneğin kaba tekrarlar yerine incelikli, uyumlu, anlam dolu bir biçimde tasarlanmış bir Raphael çizimi" arasında farklılık olduğunu söylemişti. Bilginin depolanması için verilebilecek bir başka örnek olarak bilgiyi kelimeler haline gelerek ileten alfabe harfleri veya alfabenin harflerini temsil için nokta ve boşlukların örüntüler biçimde düzenlenmesine dayanan Mors şifresi verilebilirdi. Bilginin bu şekilde bir aperiyodik kristalde depolanması ve iletilmesine ilişkin verilebilecek örnekler içerisinde Schrödinger, Mors alfabesine benzeyen ancak nokta ve boşluk biçiminde değil de on sembollü bir grup içerisinde kullanılan üç sembollü bir şifrede "88.572 farklı 'harf' oluşturulabileceğine" işaret ediyordu. 1949 yılında 33 yaşında olan fizikçi Crick, Cavendish'teki MRC birimine işte bu anlattığımız donanıma sahip bir araştırma öğrencisi olarak katıldı. Tez konusu olarak polipeptidler ve proteinlerin X ışınlarıyla araştırılması üzerine çalıştı (ve 1953 yılında doktora derecesine hak kazandı); ancak onun tarihe geçmesine olanak veren olay, doktora tezine yoğunlaşması gerekmesine rağmen Watson'un kışkırtmasıyla yürüttüğü gayrıresmi çalışma oldu.

Bu çalışma tamamen gayrıresmiydi; hâttâ Bragg Crick'e iki kez DNA'yı King's ekibine bırakmasını söylemiş, ikisinde de uyarısı kulak ardı edilmişti, Cavendish profesöründen alınacak tek resmi onay araştırmanın ileri aşamalarında Pauling bulmacayı çözmeye yaklaştığında gelecekti. Kuramsal öngörü ve pratik modelleme önemli olsa da her şey X ışını kırınımı fotoğraflarına bağlıydı ve bu yolla elde edilen ilk DNA görüntüleri çok yakın bir zaman önce, 1938 yılında Astbury tarafından elde edilmişti. Bu fotoğraf-

lardan daha iyilerinin elde edilmesi 1950'li yıllarda Wilkins'in grubu (kendisine yardım eden araştırma öğrencisi Raymond Gosling'in yardımıyla özellikle de Rosalind Franklin) konuyu ele alıncaya dek mümkün olmadı (burada yine savaşın yarattığı kesintinin rolü büyüktü); hâttâ Pauling'in DNA'nın yapısı hakkındaki çalışması sadece Astbury'nin eski verilerine dayanıyor olmanın dezavantajına sahipti. Watson'un Franklin'in King's'te verdiği bir seminerden elde ettiği ve aslında tam olarak da anlayamadığı veri kırıntılarını toplayıp ilerleyen Cavendish ikilisi, bir süre sonra kendi DNA modelini oluşturdu. Wilkins, Franklin ve onların Londra'dan iki meslektaşını özel olarak Cambridge'e davet ettikleri bir sunumda, oluşturdukları kenarlardan çıkıntı yapan nükleotid bazlarla (A, C, G ve T) birbirlerine sarılan ikiz iplik modelini gururla anlattılar. Model utanç verici düzeyde kötü ve aldığı yorumlar öylesine acıydı ki içi içine sığmayan Watson bile bir süre için kabuğuna kapandı, Crick de proteinlerine geri döndü. 1952 yılı yazında matematikçi John Griffith'le (Frederick Griffith'in yeğeni ve biyokimya alanına dönük bilgi ve ilgi sahibi biriydi) yaptığı bir konuşmada Crick, DNA molekülündeki nükleotid bazların molekülleri bir arada tutmak için bir şekilde birbirleriyle uyumlu olabileceği fikrini ortaya attı. Konuya nezaketle ilgi gösteren Griffith moleküllerin şeklinden adenin ve tiaminin bir çift hidrojen bağla birbirlerine uyabileceği, guanin ve sitozinin de üç hidrojen bağdan oluşan bir küme yoluyla birbirlerine uyabileceği, ancak bu dört bazın başka türlü bir biçimde eşleşemeyeceği sonucuna ulaştı. Crick ne bu eşleşmenin önemini ne de hidrojen bağların konuyla ilgisini hemen kavrayabildi, biyokimyaya yeni geçiş yapmış biri olarak Chargaff kurallarından habersizdi. Nadir rastlanan bir mutlu tesadüf sonucu 1952 yılının Temmuz ayında Chargaff Cavendish'i ziyarete geldi ve burada DNA'yla ilgilendiğini duyduğu Crick'le tanıştırılınca ona DNA örneklerinin her zaman eşit miktarda A ve G ile eşit miktarda C ve T içermesinin nasıl mümkün olduğundan bahsetti. Bu Griffith'in çalışmasıyla birleşince, DNA yapısının AG ve CT köprüleriyle bağlanan uzun zincir tipinde molekül çiftleri içermek zorunda olduğu sonucunu getirdi. Hâttâ bu şekilde oluşan bir CT köprüsünün uzunluğunun bu şekilde oluşan bir AG köprüsüyle aynı olduğu, dolayısıyla iki

molekül zinciri arasında eşit bir boşluk olacağı ortaya çıktı. Fakat Cavendish ekibi bu fikri aylar boyunca kendi arasında çevirip üzerinde hiçbir ciddi çalışma yürütmedi. Telaşlı bir model oluşturma patlamasının gerçekleşmesi için 1952 yılının sonuna gelinmesi gerekti (modelin oluşturulmasında işin çoğunu Watson yaparken Crick de parlak fikirlerin çoğunu sağlayan kişiydi). Aralık ayında Linus Pauling'in Cavendish'te yüksek lisans öğrencisi olan oğlu Peter Pauling babasından DNA yapısını açığa çıkardığını belirten bir mektup aldı. Mektupta modelin ayrıntıları olmasa da bu haber Watson-Crick kampında üzüntüye sebep oldu. 1953'ün Ocak ayında Peter Pauling babasının makalesinin bir ön kopyasını alarak bunu Watson ve Crick'e gösterdi. Temel yapı DNA zincirlerinde üç ipliğin birbirine sarıldığı bir üçlü sarmaldı. Crick ve Watson şaşkınlıkla (geçen sürede X ışını kırınım örüntüleri konusunda biraz daha ustalaşmışlardı) Pauling'in çam devirmiş olduğunu fark ettiler, bu modelin Franklin'in elde etmiş olduğu verilerle örtüşmesi mümkün değildi.



39. Watson, Crick ve DNA için oluşturdukları molekül modeli, 1951.

Birkaç gün sonra Watson, Pauling'in makalesinin bir kopyasını alarak Wilkins'e göstermek üzere Londra'ya gitti. Wilkins ona karşılık olarak, görgü kurallarını açıkça çiğneyerek Franklin'in bilgisi dışında, Franklin'in elde ettiği en iyi fotoğraflardan birisini gösterdi. Ancak sarmal yapı olabileceği yönünde bir yoruma izin veren bu fotoğraf ve buna eklenen Chargaff kuralları ve John Griffith'in ortaya çıkardığı ilişkiler, Crick ve Watson'un 1953 yılı Mart ayının ilk haftasının sonunda, ortadaki nükleotid bazları birbirine bağlayan hidrojen bağlarla bir arada tutulan dolaşık moleküllere sahip ünlü çift sarmal modelini üretmelerini olanaklı kıldı. Tüm bunlar olurken kendi üçlü sarmal modelinin yanlışlığını henüz fark etmemiş olan Pauling artık yarış dışıydı; hâttâ bir yarışın olduğunun da farkında değildi çünkü İngiltere'deki rakiplerinin hedefe bu kadar yakın olduklarından da habersizdi. Öte yandan Franklin Kings'te Crick ve Watson'a çok benzer bir yönde (fiziksel model olmaksızın) ilerlemişti ve Cambridge'ten haberler kendisine ulaştığında kendi çift sarmal modelini oluşturmak üzereydi. Hâttâ bundan bir gün önce, *Nature*'da yayımlanacak makalesinin ilk taslağını hazırlamıştı. Pauling'in olgunlaşmamış makalesinin tetiklediği hareketlilik Crick ve Watson'un ödülü Pauling'in değil, aslında Franklin'in elinden kapmaları sonucunu verdi. Sonuç *Nature*'ın 25 Nisan 1953 tarihli sayısında yan yana üç makalenin basımı oldu. Birincisi Crick ve Watson imzalıydı, modellerinin ayrıntıları anlatılıyor ve X ışını kanıtına ilişkin vurgu azaltılarak modelin Chargaff kurallarıyla bağlantısının altı çiziliyordu. Wilkins ve çalışma arkadaşları A. R. Stokes ve H. R. Wilson tarafından kaleme alınan ikinci makale, DNA molekülü için genel anlamıyla sarmal bir yapı öngören X ışını verilerini sunuyordu. Franklin ve Gosling'ten gelen üçüncü makaleyse Crick ve Watson'un DNA için önerdiği çift sarmal yapı türünün doğruluğuna işaret eden kanıtlayıcı X ışını verilerini sağlıyordu ve bu esas itibarıyla Cambridge'ten haberler kendisine ulaştığında Franklin'in (o sırada kimse bilmiyor olsa da) üzerinde çalışmakta olduğu makaleydi. O sırada başka kimsenin bilmediği veya üç makalenin sunumundan tahmin edemeyeceği şeyse, Franklin ve Gosling'in makalesinin Crick ve Watson'un çalışmasının sadece bir doğrulaması değil, DNA'nın ayrıntılı yapısının tamamen ba-

ğımsız bir keşfi olduğu ve aslında Crick ve Watson'un keşfinin büyük oranda Franklin'in çalışmasına dayanıyor olmasıydı. X ışını verilerinin Cambridge için ne kadar kritik bir önem taşıdığı, modelin oluşumunda ne kadar hayati bir rol oynadığı ve Franklin'in hem King's'teki meslektaşı hem de Watson ve Crick tarafından ne kadar kötü bir muameleye maruz bırakıldığı çok sonra ortaya çıkacaktı. Daha huzurlu bir çalışma ortamı elde etmek amacıyla 1953 yılında Londra'daki Birkbeck College'e geçmek üzere Kings'ten ayrılmış olmaktan mutlu Franklin hiçbir zaman haksızlığa uğradığını düşünmedi; fakat gerçeği öğrenmesi de hiç mümkün olmadı, çünkü 1958 yılında 38 yaşındayken kanserden öldü. Bundan dört yıl sonra 1962'de Crick, Watson ve Wilkins fizyoloji ve tıp alanında verilen Nobel ödülünü paylaştılar.

Genetik Şifre

DNA'nın çift sarmal yapısının yaşam, üreme ve evrim açısından kilit önem taşıyan iki özelliği vardır. Birincisi tek bir DNA ipliğinin uzunluğunun bazların bütün kombinasyonlarının (A, C, G ve T harfleriyle yazılan bütün mesajların) yazılmasına yetmesidir. 1950'li yıllar boyunca süren ve 1960'lı yılların başlarına dek geçen süreçte Crick (Watson hayatı boyunca Crick'le yaptığı çift sarmal çalışmasıyla karşılaştırılabilecek başka bir şey üretmedi) ve Paris'teki Pasteur Enstitüsündeki bir ekip dahil olmak üzere çok sayıda araştırmacının çabaları sonucunda, genetik şifrenin aslında vücudu oluşturan ve çalıştıran proteinler içerisinde kullanılan yaklaşık yirmi civarı aminoasiti temsilen, CTA veya GGC gibi üç bazdan oluşan bir küme şeklinde üç harfli biçimde yazıldığı görüldü. Gerçekten de proteinler hücre tarafından üretilirken DNA sarmalının ilgili geni içeren kısmı çözülür ve üç harfli bir "kodon" dizisi bir RNA telinin içine kopyalanır (ki bu ilk yaşam molekülünün RNA mı yoksa DNA mı olduğu şeklinde ilginç sorular doğurur). DNA'dan temel farkı DNA'da timin olan her yerde burada urasil olması olan bu "mesajcı RNA", daha sonra ihtiyaç duyulan proteini oluşturmak için birbirine bağlanacak olan kodonlara karşılık gelen bir aminoasit dizisinin toplanması için kalıp olarak kullanılır. Bu arada DNA tekrar toplanmıştır, yeterince

protein üretildikten sonra tekrar parçalarına ayrılır ve bileşenleri tekrar kullanılır. Hücrenin tüm bunları ne zaman ve nerede yapacağını nasıl "bildiği" henüz açıklık kazanmamış olsa da 1960'ların ortalarında sürecin işleyiş ilkeleri tespit edilmiş durumdadır.

DNA çift sarmalının diğer önemli özelliği, her dizideki A'nın karşısında diğer dizide T ve her C'nin karşısında G olacak şekilde, iki dizinin bazları açısından birbirlerinin ayna görüntüsü olmasıdır. İki dizi çözükse ve hücrede bulunan kimyasal birimlerden her biri için yeni bir ortak yaratılırsa (hücre bölünmesinden önce olan budur[20]), bu iki yeni çift sarmalda her bir ikiliden biri yavru hücreye gider ve sonuç T'nin karşısında A ve G'nin karşısında C olacak şekilde şifre harflerinin aynı sırada olduğu aynı genetik mesajın oluşması olur. Bu mekanizmanın ayrıntıları oldukça incelikli ve yine tam anlaşılmamış olsa da, bunun evrim için bir mekanizma sağladığı oldukça açıktır. Hücreler bölünürken gerçekleşen DNA kopyalaması sırasında yer yer hatalar olması kaçınılmazdır. Bazı DNA parçaları iki kez kopyalanır, bazıları dışarda kalır veya bir bazın (genetik şifredeki bir "harfin") yerini kaza eseri bir başkası alır. Bunların hiçbiri büyümeyi sağlayan hücre bölünmesi türü açısından sorun yaratmaz, sonuçta yaşanan tek bir hücredeki bir DNA parçasının (büyük olasılıkla bu özgün hücrenin kullandığı bir DNA parçası bile olmayacaktır) değişmiş olmasıdır. Fakat yavru hücrelerdeki DNA miktarını ikiye bölen özel bölünme süreci tarafından yaratılan üreme hücrelerinde sadece hata olasılığının (işe fazladan karışan çaprazlama ve yeniden birleşme süreçleri yüzünden) artışı devreye girmekle kalmaz, eğer sonuçta ortaya çıkan üreme hücresi bir partnerle başarıyla birleşir ve yeni bir birey geliştirirse, bütün DNA, hatalarıyla beraber kendisini gösterme şansı bulur. Ortaya çıkan değişikliklerin çoğu, yeni bireyi daha yetersiz veya en iyi halde nötr kılacak şekilde zararlı olacaktır; öte yandan bir DNA kopyalama hatasının sahibinin çevresine daha iyi uyum göstermesini sağlayabilen bir gen veya gen paketi

[20] Diziler kopyalama başlamadan önce tamamen çözülmez. Çift sarmal çözülmeye başladığında her bir dizi için süreç ilerledikçe çevrelerinde eşleşecek olan yeni partnerler oluşmaya başlar, böylece ilk sarmalın eşleşmeden kopma süreci sonlandığında, iki yeni sarmal esas itibarıyla tamamlanmış olur.

ürettiği nadir durumlar ise tam da doğal seçilimin işlemesi için Darwinci evrimin ihtiyaç duyduğu şeydir.

İnsanın Genetik Yaşı

DNA'nın öyküsünden aktarabileceklerimiz, konuya yaklaşımımız olan bilimin insanın doğadaki yerini kavrayışını nasıl değiştirdiği perspektifi açısından bunlardır. DNA kodonları düzeyinde genlerin bileşimini belirleme konusunda 1960'lardan bu yana çok önemli çalışmalar yapıldı; önümüzde bazı genlerin diğer genlerin etkinliğini denetlediği ve özellikle tekil bir döllenmiş yumurta hücresinden bir yetişkine doğru gelişimin karmaşık süreci sırasında genlerin ihtiyaca cevap verecek şekilde "devreye girdiği" süreçleri anlamamız için yapılması gereken birçok önemli çalışma daha var. Öte yandan hayatın zengin dokusunda nereye oturduğumuzu ve Charles Darwin'in insanın doğadaki yeri konusundaki değerlendirmesinin ne kadar doğru olduğunu görmek amacıyla bu ayrıntılardan uzaklaşıp büyük resme bakmamızda fayda var. 1960'lı yıllardan bugüne biyokimyacılar insanın ve diğer türlerin genetik malzemesini giderek daha ayrıntılara inerek inceledikçe, bizim Darwin'in en yakın canlı akrabalarımız olarak gördüğü Afrika kuyruksuz maymunlarına ne kadar benzediğimiz daha fazla ortaya çıktı. 1990'ların sonunda insanların genetik malzemelerinin yüzde 98,4'ünün şempanze ve gorillerle aynı olduğu ve popüler terminolojiyi kullanırsak bizim "yüzde bir insan" olduğumuz kanıtlandı. Bu türlerin ortak bir atadan ayrıştığı dönemin fosil kanıtlarıyla birlikte birbirlerine çok yakın akraba canlı türlerinin genetik malzemelerinin karşılaştırılmasından elde edilen sonuçlar, bize bu genetik farklılık miktarının bir tür moleküler saat olarak kullanılabileceğini ve insan, şempanze ve goril türlerinin bundan sadece dört milyon yıl önce ortak bir atadan ayrışmış olduklarını gösteriyor.

Bu kadar küçük bir genetik farkın bizlerle şempanzeler kadar farklı yaratıklara sebep olması gerçeği, ister istemez asıl önemli farkların diğer genlerin davranışını yönlendiren denetim genlerinde yer alması gerektiğini öngörmekteydi. İnsan genomunun her bir kromozomundaki DNA'ların tek tek haritalanmasını 2001

yılında tamamlamış olan insan genomu projesinin ortaya koyduğu kanıtlar da bu yorumu destekliyor. Elde edilen harita bütün genleri sadece kodonların dizilimleri açısından A, T, C ve G olarak listeliyor; genlerin çoğunun vücutta ne işlev gördüğü henüz bilinmiyor. Haritanın gösterdiği önemli bir ilk sonuç, insanların sadece 30.000 civarında gene sahip olduğu; bu 30.000 gen en az 250.000 protein üretme yeteneğine sahip olsa da aslında bu herkesin tahmin ettiğinden daha düşük bir sayı. Bu, bir meyve sineğinin sahip olduğu gen sayısının sadece iki katı, *Arabidopsis thaliana* adlı sık rastlanan bir yabani ottan sadece 4000 gen daha fazladır; dolayısıyla gen sayısının oluşturulan gövdenin doğasını tek başına belirlemediği açıktır. İnsanlar diğer türlerden çok daha fazla gene sahip değildir, dolayısıyla bizim diğer türlerden farklılıklarımızı tek başına gen sayısı açıklayamaz. Çıkan sonuç itibarıyla burada vurguyu, bizim en yakın akrabalarımızla karşılaştırıldığında diğer genlerin işleyişini etkileyen birkaç genimizin farklı olmasına yaptığımızı tekrarlayalım.

İnsan Özel Değil

Tüm bunları vurguladıktan sonra, hepsinin altında yatan, eğer araştırılan türler aynı genetik şifreyi kullanmıyor olsalar, bu karşılaştırmalarının hiçbirinin mümkün olamayacağı gerçeğini de hatırlatalım. Mesajcı RNA, proteinlerin üretimi ve üremenin kendisi dahil DNA ve hücre işleyişi mekanizmaları düzeyinde insanlar ile dünya üzerindeki diğer yaşam formları arasında kesinlikle hiçbir fark yoktur. Tüm canlılar aynı genetik şifreyi paylaşır ve hepsi dünya üzerindeki ilksel yaşam formlarından (muhtemelen tek bir ilksel formdan) evrimleşmiştir. İnsanların ortaya çıkışına sebep olan süreçlerin şempanzeleri, denizkestanelerini, lahanaları veya gösterişsiz bir tespihböceğini üreten süreçlerle karşılaştırıldığında özel bir yanı yoktur. Geniş planda dünyanın evrenin içerisindeki yerine baktığımızda, zamanı geldiğinde bizim sahneyi terk etmemiz de kaçınılmazdır.

15
Dış Uzay

Yıldızların uzaklığının ölçülmesi – Yıldızların ıraklık açısının belirlenmesi – Spektroskopi ve yıldızların özgünlükleri – Hertzsprung–Russell diyagramı – Renk–parlaklık ilişkisi ve yıldızlara uzaklık – Sefe uzaklık ölçeği – Sefe yıldızlar ve diğer galaksilere uzaklık – Ana hatlarıyla genel görelilik kuramı – Genişleyen evren – Durağan evren modeli – Büyük Patlamanın doğası – Ardalan ışımasının öngörülmesi – Ardalan ışımasının ölçülmesi – Modern ölçümler: COBE uydusu – Yıldızlar nasıl parlar: Nükleer füzyon süreci – "Rezonans" kavramı – CHON ve evrende insanın yeri – Bilinmeyene doğru

Yıldızların Uzaklığının Ölçülmesi

Evreni geniş planda kavramamız iki temele dayanmaktadır: Yıldızların uzaklığının ölçülebilmesi ve yıldızların bileşimlerinin ölçülebilmesi. Daha önce gördüğümüz gibi yıldızların uzaklığına ilişkin ilk gerçek kavrayış, on sekizinci yüzyılda, Edmond Halley'in Antik Yunan'da ilk gözlemlenmelerinden bu yana bazı "sabit" yıldızların hareket etmiş olduklarını fark etmesiyle gerçekleşti. Aynı dönemde astronomlar araştırmalarının temelinde üçgenleme sürecini kullanarak güneş sistemi içerisindeki mesafeleri ölçmeye başlamışlardı. Bir cismin uzaklığını ona gitmeden ölçmek için, bilinen bir uzunluktaki taban çizgisinin iki ucundan o cismi görebilmeniz gerekir. Ardından taban çizgisinin her bir ucundan cisme çekilen görüş çizgilerinin oluşturduğu açılardan, üçgenlerin geometrisi yoluyla uzaklığı hesaplayabilirsiniz. Bu teknik daha önce uzaydaki en yakın komşumuz olan ayın uzaklığını ölçmek için kullanılmış ve ayın bizden 384.400 km uzakta olduğu bulunmuştu; daha uzak cisimler için kesin ölçümler yapabilmek içinse daha uzun taban çizgileri gerekiyordu. 1671 yılında Fransız gökbilimci Jean Richer (1630–1696) Fransız Guyanasında-

ki Cayenne'e gidip "sabit" yıldızları arkaplana alarak Mars'ın konumu hakkında gözlemler yaparken, aynı sırada Paris'te bir başka meslektaşı İtalya doğumlu Giovanni Cassini (1625–1712) de benzer araştırmalar yürütüyordu. Bu çalışmalar Mars'ın uzaklığının hesaplanmasını ve bunun Kepler'in gezegen hareketleri yasasıyla birleştirilmesiyle dünya (veya güneş sistemindeki herhangi bir gezegen) ile güneş arasındaki uzaklığın hesaplanabilmesini sağladı. Cassini'nin güneş ile dünya arasındaki uzaklık için bulduğu 140 milyon km'lik sonuç, bugün kabul edilen değerden (149,6 milyon km) sadece yüzde 7 daha azdır ve bize güneş sisteminin ölçeğine ilişkin ilk doğru ölçümü sağlamıştır. (Halley'in öngördüğü) 1761 ve 1769'daki geçişler sırasında Venüs için yapılan benzer çalışmalar güneş-dünya uzaklığının daha gelişkin bir tahmininin yapılmasına izin verdi. Astronomik birim, kısaca AU olarak bilinen bu 153 milyon km'lik tahmin, modern değere o kadar yakındır ki bundan sonra yapılan ölçümleri ince ayar olarak değerlendirebiliriz ve on sekizinci yüzyılın sonuna gelindiğinde gökbilimcilerin güneş sisteminin büyüklüğü konusunda gayet iyi bir fikre sahip olduklarını söyleyebiliriz.

Yıldızların Iraklık Açısının Belirlenmesi

O dönemde herkesi kaygılandıran şey, bunun yıldızlara olan uzaklığımızın neredeyse hayal edilemez derecede olduğuna işaret etmesiydi. Altı aylık bir süre içerisinde dünya 300 milyon km (veya 2 AU) uzunluğundaki bir taban çizgisinin iki zıt ucu boyunca, güneşin bir ucundan diğerine hareket eder. Gökyüzündeki yıldızların konumları, bu dev taban çizgisinin her iki ucundan bakıldığında bile yine değişmeden kalır. Parmağınızı bir kol uzunluğunda tutup gözlerinizi sırasıyla kapadığınızda (paralaks veya ıraklık açısı dediğimiz etkinin bir sonucu olarak) parmağın konumu daha uzak cisimlerin ardalanında hareket ediyor gibi gözükür; benzer şekilde yakındaki yıldızların da daha uzak yıldızların ardalanında hareket ediyor gibi gözükmesini beklersiniz. Dünyanın yörüngesinde farklı yerlerden bakıldığında, bir yıldızın ne kadar hareket ediyor gibi görünmesi gerektiğini hesaplamak zor değildir. Gökbilimciler gökyüzünde 1 AU uzunluğundaki bir taban çizgi-

sinin iki ucundan bir yay saniyelik yer değişimi gösteren bir yıldızın uzaklığını, bir paralaks yay saniye veya bir parsek olarak tanımlarlar.[1] Dolayısıyla 1 parsek uzaktaki bir yıldız, dünyanın yörüngesinin çapıyla temsil eden 300 milyon km'lik taban çizgisinin iki ucundan 2 yay saniyelik bir yer değişimine karşılık gelecektir. Basit bir geometrik hesaplamayla bu yıldız bizden 3,26 ışık yılı uzakta olur; bu dünya ile güneş arasındaki uzaklığın 206.265 katıdır. Buna rağmen gökyüzünde hiçbir yıldız bize, dünya güneş etrafında dönerken bu kadar çok paralaks yer değişimi gösterecek kadar yakın değildir.

Aslında yıldızların bu basit hesaplamanın gösterdiği türden uzaklıklarda olması gerektiğinin ipuçları o dönemde de vardı. Örneğin Christiaan Huygens geceleyin gökyüzünde en parlak yıldız olan Sirius'un uzaklığını, parlaklığını güneşin parlaklığıyla karşılaştırarak ölçmeye çalıştı. Bu amaçla güneş ışığını küçücük bir delikten geçirdi ve deliğin büyüklüğünü iğne deliğinden geçen ışık Sirius kadar parlak olana dek ayarlayarak karanlık bir odadaki ekrana yansıttı; bu o kadar kolay değildi, çünkü güneşe gündüz gözüyle, Sirius'a ise geceleyin bakmak zorundaydı. Buna rağmen Sirius'un gözlemlenen parlaklağının güneşin ışığının ne kadar küçük bir kesirine karşılık geleceğini göstermesi ve bir cismin parlaklığının uzaklığının karesiyle ters orantılı olduğunu bilmesi sayesinde, Sirius eğer güneşle aynı parlaklıktaysa, onun güneşin bizden uzaklığından 27.664 kat daha uzak olması gerektiğini hesapladı. İskoçyalı James Gregory (1638–1675) Sirius'un parlaklığını gökyüzünde onunla aynı anda görülen gezegenlerin parlaklığıyla karşılaştırarak bu tekniği geliştirdi. Hesaplama biraz daha karmaşıktı; çünkü işin içine güneş ışığının gezegenlere giderken ne kadar zayıfladığı giriyor, ışığın ne kadarının yansıdığı tahmin ediliyor ve yansıyan ışığın dünyaya giderken nasıl zayıfladığı hesaplanıyordu. Tüm bunlara karşın Gregory 1668 yılında Sirius'un uzaklığını 83.190 AU olarak hesapladı. Isaac Newton gezegen uzaklıklarının yenilenmiş tahminlerini kullanarak

[1] Bu açı büyüklükleri hakkında bir fikir vermek için dolunayın 31 yay saniye, diğer bir ifadeyle yarım dereceden biraz fazla yer kapladığını söyleyelim; bir yay saniye, gökyüzünde gördüğümüz ayın görünür genişliğinin kabaca otuzda birinin altmışta biri veya 1/1800'üdür.

bu hesaplamayı güncelledi ve ölümünden bir yıl sonra, 1728'de yayımlanan *System of the World* [*Dünyanın Sistemi*] kitabında Sirius'un uzaklığını bir milyon AU olarak belirledi. Sirius'un gerçek uzaklığı 550.000 Au veya 2,67 parsektir; Newton'ın öngörüsünün görece doğru olması şans kadar, elindeki kesin olmayan verilerden doğan kaçınılmaz bazı hataların birbirini götürmesi ve yaptığı doğru değerlendirmelere de bağlıdır.

Yıldızların uzaklığını üçgenleme veya paralaks tekniğini kullanarak ölçmek için gökyüzündeki yıldızlarının konumlarının (aslında birbirlerine göreli konumlarının) çok yüksek bir kesinlikle ölçülmesi şarttı. Dönemi için çok büyük bir başarı olan Flamsteed'in kataloğu, konumları bize ancak 10 yay saniyelik (gökyüzündeki ayın çapının 1/180'ine yakın) bir kesinlikle veriyordu. Yıldızların uzaklıkları ancak 1830'larda ölçüldü, çünkü teknolojinin gelişimiyle ölçümler ancak o zaman işin içine giren çok küçük paralaks kaymalarını ölçmeye yetecek kadar kesin hale geldi; teknoloji yeterli hale geldikten sonraysa hemen birkaç astronom ölçümleri yapmaya başladı. Öncüler araştırma için bize görece yakın olması gerektiğini düşündükleri yıldızları seçtiler; bunun nedeni çok parlak olmaları ya da yıllar geçtikçe gökyüzünde hareket ettiklerinin görülmesi (büyük "özel hareketlere" sahip olmaları) veya her ikisi birdendi. Yıldız paralaks tespiti yoluyla bir yıldızın uzaklığını hesapladığını duyuran ilk kişi 1838 yılında Alman Friedrich Wilhelm Bessel (1784–1846) oldu. Bessel büyük bir özel harekete sahip bir yıldız olan 61 Cygni'yi seçti ve paralaksının 0,3136 yay saniye olduğunu buldu, bu 10,3 ışık yılı uzaklığına denk geliyordu (modern ölçümlere göre bu uzaklık 11,2 ışık yılı veya 3,4 parsektir). Gerçekte bir yıldız paralaksını ilk *ölçen* kişi, 1832 yılında Güney Afrika'da çalışan İskoçyalı Thomas Henderson'du (1798–1874). Geceleri gökyüzünde en parlak üçüncü yıldız olan Alfa Centauri'yi ele almış ve 1 yay saniyelik bir paralaks sonucuna ulaşmıştı [daha sonra bunu 0,76 yay saniyeye düşürdü, bu 1,3 parsek (4,3 ışık yılı) ediyordu]. Fakat Henderson'un sonuçları ancak 1839'da İngiltere'ye döndüğünde yayımlanabildi. Alfa Centauri (bugün birbiri etrafında dönen üç yıldızdan oluşmuş bir üçlü sistem olduğunu biliyoruz) ölçülen en büyük paralaksa sahip, güneşe en yakın yıldızdır. Henderson'un

sonuçlarını açıklamasından bir yıl sonra St. Petersburg yakınlarındaki Pulkova Gözlemevinde çalışan Almanya doğumlu gökbilimci Friedrich von Struve (1793–1864) Vega'nın (Alfa Lyrae olarak da bilinir) paralaksını ölçtü; ulaştığı sonuç fazla yüksekti, modern ölçümler bize 0,2613 yay saniyelik bir paralaks ve 8,3 parseklik (27 ışık yılı) bir uzaklıkta olduğu sonucunu vermektedir. Bu ölçümlerde dikkat edilmesi gereken önemli bir şey, hepsinin kozmik ölçekte bizim yakın komşularımız olmasıdır. Güneşe *en yakın* yıldız, güneş sisteminde en uzak gezegen olarak kabul edilen Plüton'dan 7000 kat daha uzaktadır. Bir yıldızın uzaklığını doğru olarak bildiğinizde Huygens, Gregory ve Newton'ın Sirius'a uyguladığı tekniği tersine çevirerek, onun (mutlak parlaklığı denen) gerçek parlaklığını da doğru olarak ölçebilirsiniz. Bu yolla bugün, Newton ve çağdaşlarının bilmesinin mümkün olmadığı bir şeyi, bizden 2,67 parsek uzakta olan Sirius'un aslında güneşten çok daha parlak olduğunu biliyoruz. 1830'ların sonunda gerçekleştirdiğimiz bütün bu dev ilerlemeler dahi ancak evrenin devasa ölçeğine işaret edebiliyordu. Yıldızların konumlarını kaydetmek için fotoğrafik levhaların kullanılması yoluyla paralaksların daha rahat ölçümü, ancak on dokuzuncu yüzyılın sonunda mümkün olabildi. Ondan önce konumların teleskop kullanılarak gözle ve gerçek zamanlı olarak ölçülmesi gerekiyordu; bu yüzden 1840'tan yüzyılın sonuna dek geçen süreçte yılda ortalama bir yeni ölçüm yapılması ve 1900 yılında sadece 60 paralaksın biliniyor olması hiç şaşırtıcı değildir. 1950 yılına geldiğimizde yaklaşık 10.000 yıldızın uzaklığı (hepsi paralaks yoluyla değil[2]) tespit edilmişti, yirminci yüzyılın sonuna doğruysa Hipparcos uydusu 0,002 yay saniye kesinliğiyle yaklaşık 120.000 yıldızın paralaksını ölçüyordu.

[2] Örneğin uzayda bir yıldız kümesi içerisinde beraberce hareket eden yıldız gruplarının uzaklığı, paralel demiryolu raylarının belli bir uzaklıkta birleşir gibi görünmesine benzer şekilde, gökyüzünde bir noktada birleşir gibi görünen yıldızların özel hareketlerinin ölçülmesi yoluyla geometrik olarak yaklaşık biçimde hesaplanabilir. Yıldızların uzaklığını belirlemede yardımcı olan başka istatistik teknikleri de vardır, ancak ayrıntılara burada girmiyoruz.

Spektroskopi ve Yıldızların Özgünlükleri

Modern astronomi (astrofizik), aslında yıldızların görüntülerini elde etmemizi sağlayan fotoğraf tekniklerinin uygulanması sayesinde ancak yirminci yüzyılın başında başladı. Fotoğraflar, istatistiksel yıldız araştırmalarının anlamlı olmasına yeterli derecede uzaklıklar sağlamanın yanı sıra yıldızların tayflarının görüntülerini elde etme ve kaydetmeyi olanaklı kıldı; (daha önce gördüğümüz üzere ancak 1860'larda geliştirilebilen) spektroskopi de gökbilimcilerin yıldızların bileşimi hakkında bilgi edinmelerini sağladı. Gereksinim duyulan bir başka hayati bilgi daha vardı: Yıldızların kütlesi. İki yıldızın birbiri etrafında döndüğü ikili sistemler üzerine yapılan çalışmalar da bunu sağladı. Yakınımızdaki birkaç ikili sistemde yıldızlar arasındaki ayrılma açısal yönden ölçülebiliyor ve ardından eğer yıldızın gerçek uzaklığı biliniyorsa (Alfa Centauri'de olduğu gibi), bu doğrusal uzaklıklara çevrilebiliyordu. İkili sistemdeki yıldızlardan gelen ışığın tayfında paha biçilmez bir değer taşıyan Doppler etkisi[3] gökbilimcilere yıldızların birbirleri etrafında hangi hızda döndüklerini söylüyor ve (yıldızların etrafında dönen gezegenlere olduğu kadar, birbirinin etrafında dönen yıldızlara da uygulanabilen) Kepler'in yasaları kullanıldığında bu, gökbilimcilerin yıldızların kütlelerini hesaplayabilmelerini olanaklı kılmaya yetiyordu. Yine 1900'lerin başına gelindiğinde ilk defa bu türden istatistiklerin anlamlı olabilmesine yetecek sayıda gözlem elde edilmişti. Dolayısıyla tam da bu dönemde Atlantik Okyanusunun iki yakasında birbirinden bağımsız olarak çalışan iki gökbilimcinin bulmacanın tüm parçalarını bir araya getirerek yıldızların doğasına ilişkin aynı çok önemli sonuca, yıldızların renklerini parlaklıklarıyla ilişkilendiren bir diyagrama ulaşmaları tesadüf değildi. Belki kulağa o kadar etkileyici gelmiyor olabilir ama bu astrofizik için elementlerin periyodik tablosunun kimyadaki önemi kadar büyük bir önem taşıyordu. Şu ana dek bu konuda okurları ikna ettiğimizi ümit ediyorum; bilim-

[3] Bu etki tayftaki özellikleri tayfın mavi sonuna doğru kaydırarak etrafımızda hareket eden cisimlerden yayılan ışık dalgalarını bastırır ve bir kırmızı kaymaya sebep olarak bizden uzaklaşan cisimlerin ışık dalgalarını gererek uzatır; her iki durumda da kaymanın büyüklüğü cismin göreli hızının göstergesidir.

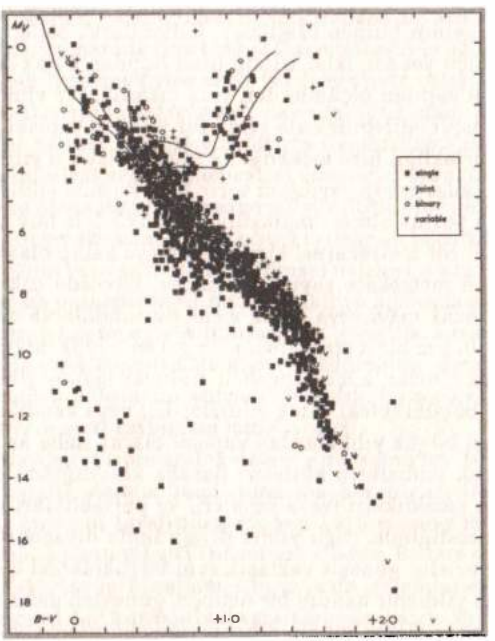
deki çoğu gelişme gibi bu da bir devrimci gelişme değil, daha önce gerçekleşenlerden ileriye doğru, gelişen teknoloji temeli üzerinde yükselen, evrimci bir ilerlemeydi.

Hertzsprung–Russell Diyagramı

Danimarkalı Ejnar Hertzsprung 8 Ekim 1873'te Frederiksberg'te doğdu. Kopenhag Politeknik'ten 1898'te kimya mühendisi olarak mezun olduktan sonra fotokimya eğitimi aldı; 1902'den başlayarak Kopenhag Üniversitesinin gözlemevinde serbest (ücret almadan) çalışarak nasıl gözlemsel gökbilimci olunacağını öğrendi ve fotoğraf becerilerini gökbilim gözlemlerinde kullandı. Bir yıldızın parlaklığı ile rengi arasındaki ilişkiyi bu dönemde keşfetmesine karşın, ulaştığı sonuçlar (1905 ve 1907 yıllarında) bir fotoğraf dergisinde yayımlandı ve dünyadaki astronomların gözüne çarpmadı. Buna rağmen Hertzsprung'un yerel şöhreti büyüdü, öyle ki mektuplaştığı Karl Schwarzschild (1873–1916) kendisine 1909 yılında Göttingen Gözlemevinde çalışmasını teklif etti. Aynı yıl Schwarzschild Potsdam Gözlemevine geçiş yapınca, Hertzsprung da onunla birlikte giderek orada 1919 yılına kadar kaldı. Ardından Hollanda'ya giderek önce Leiden Üniversitesinde profesör, daha sonra da 1935 yılında Leiden Gözlemevinin müdürü oldu. Resmi olarak 1944 yılında emekli olmasına rağmen Hertzsprung Danimarka'ya dönerek 80'li yaşlarında da gökbilim araştırmalarını sürdürdü ve 21 Ekim 1967'de, doksan dördüncü doğum gününün hemen ardından öldü. Gözlemsel gökbilime özel hareketler ve kozmik mesafe ölçeği üzerine çalışmaları dahil olmak üzere birçok katkısı oldu, ancak hiçbiri teknik olarak halen bir amatör olduğu dönemde yaptığı keşifle boy ölçüşemedi.

Henry Norris Russell 25 Ekim 1877'de Oyster Bay, New York'ta doğdu. Akademik kariyerine başlangıcı Hertzsprung'a oranla daha gelenekseldi; Princeton'da okudu, ardından bir süre Cambridge Üniversitesinde kaldı, 1911 yılında da Princeton'da astronomi profesörlüğü görevine başladı. Yıldızların renkleri ile parlaklığı arasındaki ilişki hakkında Hertzprung'la aynı keşfi yaptığında buradaydı; Hertzprung'tan farklı olarak o sonuçlarını gökbilimcilerin okuduğu bir dergide (1913 yılında) yayımlama sağduyusuna

ve ilişkiyi, keşfinin önemini okuyucuların hemen görebilmesini sağlayacak şekilde, bugün Hertzsprung–Russell (veya sadece HR) diyagramı olarak bilinen bir tür çizimle anlatma yaratıcılığına sahipti.[4] Adının diyagrama da verilmesinden görülebileceği üzere Hertzsprung'un keşfe katkısının farkına gecikmeden varıldı. Sonraki birkaç yılda California'da yapılan yeni teleskoplardan faydalansa da, Russell çalışma hayatı boyunca esas itibarıyla Princeton'da kaldı. HR diyagramı haricinde ikili yıldızlar konusunda yapılan araştırmalara önemli katkılar verdi, ayrıca spektroskopi kullanarak güneşin atmosferinin bileşimini araştırdı. 1947'de emekli oldu ve 18 Şubat 1957'de Princeton'da öldü.



40. Hertzprung–Russell diyagramı bir yıldızın parlaklığını (dikey) rengiyle (yatay) ilişkilendirir.

[4] Ondan önce, 1911 yılında Hertzsprung da sonuçlarını grafik formda yayımlamıştı ama yayımladığı dergi yine (gökbilimcilerce) pek tanınmayan bir dergiydi.

Renk–Parlaklık İlişkisi ve Yıldızlara Uzaklık

HR diyagramı (yer yer renk-parlaklık diyagramı olarak da adlandırılır), bir yıldızın sıcaklığının rengiyle yakından alakalı olduğunu gösterir. Burada bahsedilen (her ne kadar yirminci yüzyılın ilk on yılında Hertzsprung'un yaptığı çok önemli gözlem sayesinde bildiğimiz üzere mavi ve beyaz yıldızlar her zaman parlak, turuncu ve kırmızı yıldızlarınsa yapısal olarak bazıları parlak, bazıları soluk[5] olsa da), niteliksel anlamda gökkuşağı renkleri değildir. Gökbilimciler bundan daha iyisini yaparak renk ölçümünü niceliksel bir temele kavuşturdular. Bir yıldızın rengini farklı dalga boylarında yaydığı enerji miktarı cinsinden çok kesin biçimde tanımladılar, bu da bize ışığı salan yüzeyin sıcaklığını verdi. Kara cisim ışımasının bilinen özellikleri kullanılarak sadece üç dalga boyunda (üçü yeterli, ikisi kullanılırsa bundan biraz daha belirsiz şekilde) yapılan ölçümlerden yola çıkarak, bir yıldızın yüzey sıcaklığı tespit edilebilir hale geldi. Bir yıldızın yapısal parlaklığı (mutlak parlaklığı) bize sıcaklığı ne olursa olsun o yıldızın genel olarak ne kadar enerji yaydığını verir. Bazı kırmızı yıldızların hem soğuk hem parlak olması mümkündür çünkü öyle büyüktürler ki, yüzeyin her bir metrekaresi kırmızı ışımaya sahip olsa da evrene enerji salan metrekare sayısı inanılmaz derecede çoktur. Küçük yıldızlar ancak mavi veya beyaz sıcak durumdalarsa daha küçük yüzeylerinin her bir metrekaresinden geçen büyük miktarda enerjiyle parlak olurlar; küçük turuncu yıldızlar (güneş gibi) kendileriyle aynı büyüklükteki sıcak yıldızlardan veya kendileriyle aynı sıcaklıktaki büyük yıldızlardan yapısal olarak daha az parlaktırlar. Farklılık yıldızların kütleleri hesaba katıldığında oluşabilir. Yıldızların sıcaklıkları (veya renkleri) ve parlaklıkları HR diyagramına işlendiğinde, çoğu yıldız diyagramda diyagonal bir bant üzerinde yer alır; güneşle yaklaşık aynı büyüklükteki (çaptaki) sıcak, kütleli yıldızlar bandın bir ucunda, güneşten daha az kütleye sahip sönük yıldızlar bandın diğer ucunda bulunur. Güneş ortalama bir yıldızdır, dolayısıyla bu ana dizilimin ortalarında yer alır.

---

[5] *Yapısal olarak* parlak veya soluk olduklarını vurguluyoruz. Mesele bir yıldızın gökyüzünde görünen parlaklığı değil, gerçekte, uzaklığını bildiğimiz için hesaplayabileceğimiz yakın plandan bakıldığında ne kadar parlak olduğudur.

Büyük, soğuk ama parlak yıldızlar (kırmızı devler) ana dizilimin üzerinde yer alırlar; ana dizilimin altında da bazı sönük, küçük ama sıcak yıldızlar (beyaz cüceler) bulunur. İşte bu ana dizilim astrofizikçilere yıldızların içyapılarındaki işleyiş hakkında esin kaynağı olmuştur; bu alanda ilk öngörüyü büyük oranda borçlu olduğumuz kişi Britanyalı Arthur Eddington genellikle ilk astrofizikçi olarak kabul edilir ve bir yıldızın kütlesi ile ana dizilimdeki yeri arasındaki ilişkiyi ilk keşfeden insandır.

Eddington 28 Aralık 1882'de İngiltere'nin Lake District bölgesindeki Kendal'da doğdu. Babası 1884 yılında öldü ve ailesi (bir kız kardeşi vardı) Arthur'un bir Quaker olarak yetiştirileceği Somerset'e taşındı. Eddington önce Manchester'daki (Manchester Üniversitesinin öncülü olan) Owens College'da, ardından 1902 ile 1905 yılları arasında Cambridge Üniversitesinde eğitim aldı. 1913 yılına dek Kraliyet Greenwich Gözlemevinde çalıştı, daha sonra (George Darwin'in kürsüsünü devralarak) Plume Astronomi ve Deneysel Felsefe Profesörü sıfatıyla Cambridge'e döndü ve 1914 yılında üniversitenin gözlemevleri yöneticisi oldu. 22 Kasım 1944 tarihinde ölene dek bu görevlerini sürdürdü. Bir gözlemci olarak sahip olduğu donanım, parlak bir kuramcı ve becerikli bir yönetici olmasının yanı sıra önemli bilimsel fikirleri geniş dinleyici topluluklarına anlaşılır bir dille aktarabilme açısından sahip olduğu tanrı vergisi yeteneğiyle (Einstein'ın görelilik kuramlarını İngilizcede popülarize eden ilk kişiydi) Eddington yirminci yüzyılda astronomiye damgasını vurmayı başardı. Yine de onu en çok iki konudaki önemli katkısıyla hatırlıyoruz.

Bunlardan birincisini kısmen Eddington'un bir Quaker ve savaş karşıtı vicdani retçi olmasına borçluyuz. Genel görelilik kuramı Einstein tarafından ilk kez 1915 yılında Berlin Bilimler Akademisine sunuldu ve ertesi yıl elbette Britanya ile Almanya arasındaki savaş sürerken Almanya'da yayımlandı. Einstein'ın makalesinin bir kopyası savaşta tarafsız kalan Hollanda'da yaşamakta olan Willem de Sitter'a (1872–1934) ulaştı, de Sitter de bunun bir kopyasını o sırada başka işlerinin yanı sıra aynı zamanda Kraliyet Astronomi Topluluğunun sekreterliğini de yapan Eddington'a yolladı. O da Einstein'ın çalışmasından topluluğu haberdar etti ve bu Eddington'un İngilizce konuşulan dünyada

genel görelilik kuramının sözcüsü olarak oynayacağı rolün başlangıcı oldu. Einstein'ın kuramının öngörülerinin içerisinde uzak yıldızlardan gelen ışığın güneşin yakınından geçerken, bu yıldızların gökyüzünde gözlenen konumlarını da kaydırarak, belirli bir miktarda bükülmesi gerektiği de vardı. Bunu bir tutulma sırasında gözlemlemek mümkündü. Uygun bir tutulma 1919 yılında gerçekleşecek, ancak bu Avrupa'dan gözlenemeyecekti. 1917 yılında Kraliyet Astronomi Topluluğu, eğer savaş bitmiş olursa, bu tutulmanın gözlemlenmesi ve fotoğraflanması için iki ayrı araştırma grubunun Brezilya'ya ve Afrika'nın batı kıyısındaki Principe adasına gönderilmesi hazırlıklarına başladı.

O dönemde savaşın erken biteceğine ilişkin bir işaret görmek çok zordu ve cephedeki kayıplar öylesine ağırdı ki Britanya hükümeti savaşa sevk edilmeye uygun sağlığa sahip olan herkes için zorunlu askerlik celbi çıkardı. 34 yaşında olan Eddington da sevk için sağlıklı kategorisinde yer alsa da aslında Britanya açısından bir bilimci olarak siperdeki bir askere göre çok daha fazla değer taşıyordu. (Bilim insanlarının özel muameleyi hak ettiğini savunuyor olduğumuz sanılmasın, cephedeki *herkesin* evinde topluma daha fazla fayda sağlayacağı düşüncesindeyiz.) Etkili bilim insanlarından oluşan bir grup konuyu içişleri bakanlığına taşıyarak Eddington'un bilim camiası açısından taşıdığı değer nedeniyle askerlikten muaf tutulmasını tavsiye etti. Eddington'un bu temelde muaf tutulmazsa zaten kendisinin vicdani temelde muafiyet hakkı olacağını ifade etmesi, içişleri bakanlığındaki bürokratları küplere bindirdi. İlk tepki olarak Eddington'un eğer vicdani retçi olmak istiyorsa gidip tarım işlerinde çalışan Quaker arkadaşlarına katılabileceği açıklandı ki o buna hazırdı. Kraliyet Gökbilimcisi Frank Dyson duruma zekice bir çözüm bularak kimsenin yiğitliğine leke sürülmemesini sağladı ve içişleri bakanlığını Einstein'ın ışığın bükülmesi öngörüsünü sınamak için hükümet adına yapılacak bir araştırma gezisine başkanlık etmesi koşuluyla Eddington'un sevkini tecil etmeye ikna etti. Geçmişte Kraliyet Greenwich Gözlemevinde geçirdiği zaman sırasında Brezilya'da yapılan tutulma üzerine çalışmalarda doğrudan deneyim sahibi olduğu için, aslında zaten bu iş için seçilecek ideal kişiydi; yine de söz konusu entrikalar Eddington'un "Einstein'ın

doğruluğunu kanıtlayan kişi" olması gerçeğinin arka planına ilişkin ilginç ayrıntılar sunuyor. Eddington bu kez Prıncipe'ye gitti, ancak Brezilya'ya yollanan ikinci ekibinkiler dahil tüm sonuçların değerlendirilerek analiz edilmesinden sorumlu kişi oydu. Bu tutulma gözlemlerinin taşıdığı önem kısa bir süre sonra açığa çıktı; ancak önce Eddington'un bilime kilit önemdeki diğer katkısını ele alalım.

I. Dünya Savaşından sonra dünya normale döndüğünde 1920'li yılların başında Eddington yıldızların kütleleri hakkında bulabildiği tüm verileri topladı ve en parlak yıldızların en kütleli olanlar olduğunu göstermek amacıyla bunları HR diyagramındaki verilerle bağlantılandırdı. Örneğin güneşin kütlesinin yirmi beş katı bir kütleye sahip ana dizilim üzerindeki bir yıldız, güneşten 4000 kat daha parlaktır. Bu mantıklıydı. Bir yıldız, kütleçekim kuvvetinin içe doğru çekmesine karşı bir tepki olarak içerisinde yarattığı basınç tarafından desteklenir. Ne kadar kütleliyse içe doğru bastıran o kadar çok ağırlık ve yaratması gereken o kadar çok basınç vardır. Bunu ancak yakıtını (yakıtı her neyse) daha hızlı yakarak ve bu yüzden daha fazla ısı yaratarak yapabilir. Bu ısı da nihayetinde bizim görmemiz için daha fazla ışık haline gelerek yıldızın yüzeyinden kaçar. Gerçekleşen fizik, aslında yüksek sıcaklık ve basınç koşullarında karmaşık yapıların kaderine ilişkin daha önce bahsettiğimiz nedenlerle oldukça basittir; dolayısıyla bir yıldızın kalbindeki sıcaklık, yıldızın parlaklığı, kütlesi ve (uzaklık biliniyorsa parlaklığından, ayrıca aradaki ilişki keşfedildikten sonra HR diyagramındaki yerinden de tespit edilebilen) büyüklüğü gözlemlenerek hesaplanabilir. Eddington sayıları yerine yerleştirince çok önemli bir şey keşfetti; güneşin kütlesinden ister onlarca kat büyük ister onlarca kat küçük olsunlar, ana dizilimdeki yıldızların hepsi hemen hemen aynı merkezi sıcaklığa sahipti. Sanki yıldızların içerisinde bir termostat vardı; bir gaz topu kendi ağırlığı altında içi büzüşüp ne kadar sıcaklaşıyorsa o kadar kütleçekim enerjisi ısıya çevriliyordu. Kritik sıcaklığa ulaşılıncaya dek bu süreci hiçbir şey durduramıyor, ardından termostat neredeyse (insan standartlarına göre) tükenmez bir enerji arzını tetikliyordu. 1920'li yıllara gelindiğinde artık (en azından Eddington için) enerjinin nereden kaynaklandığı da anlaşılabiliyordu.

On dokuzuncu yüzyılda dünyanın ve güneşin yaşı konusunda jeologlar ve evrimciler ile fizikçiler arasında yer yer sertleşen bir tartışma vardı. Gayet mantıklı olarak William Thomson (Lord Kelvin) gibi fizikçiler, o dönemin bilimine dayanarak dünyadaki yaşamın evrimini açıklamak için gereken uzun zaman sürelerinde güneşin parlamasını sağlayacak süreçlerin görülmediğini vurguladılar. Haklıydılar, ancak on dokuzuncu yüzyılın sonuna bile gelmeden gördüğümüz üzere bilim yeni enerji kaynakları olarak radyoaktif izotopları keşfetti. Yirminci yüzyılın ilk yıllarında bu, güneş gibi bir yıldızın eğer radyum içeriyorsa sıcak kalabileceği yönünde tartışmalara sebep oldu. Güneşin hacminin her bir metreküpünde sadece 3,6 gram saf radyum varsa bunun yeterli olacağı fikri, Eddington'tan önce Plume profesörlüğü kürsüsüne sahip olan George Darwin dahil bazı fizikçilerce ileri sürülmüştü. Aslında bir süre sonra tespit edileceği üzere radyumun yarı ömrü bu iş için çok kısaydı; ancak "atomaltı enerjisinin" güneş ve yıldızların bu kadar uzun süre var olmalarının arkasındaki neden olduğu anlaşılmıştı. Yirminci yüzyılın ilk yirmi yılında atomaltı fiziğinde yaşanan ilerlemeye ek olarak Einstein'ın özel görelilik kuramı ve $E = mc^2$ denklemiyle silahlanmış olan Eddington 1920 yılı gibi erken bir tarihte olası yeni sonuçları Britanya Bilimsel Gelişim Derneğinin yıllık toplantısındaki dinleyicilerine duyurabilir hale gelmişti:

> Bir yıldız, bizim bilmediğimiz yollar kullanarak devasa bir enerji rezervini kendisinde topluyor. Bu rezervin, bütün maddelerde bol bol var olduğunu bildiğimiz atomaltı enerjiden başka bir şey olması çok zor; günün birinde insanoğlunun bunu serbest bırakmayı ve kendi hizmetinde kullanmayı öğreneceğini hayal ediyoruz. Başka yere yüklemeyi başarabilsek bu neredeyse bitmek tükenmek bilmeyen bir kaynak oluştururdu. Güneşte bundan yaydığı ısı miktarını 15 milyar yıl daha sürdürmesine yetecek kadar var.

İddiasını şöyle gerekçelendiriyordu:

> [Francis] Aston helyum atomunun kütlesinin, içine giren dört hidrojen atomunun kütlelerinden bile az olduğunu

> kesin olarak gösterdi ve bu konuda kimyacılar onunla aynı fikirdeler. Birleşme sırasında 120'de 1 düzeyinde bir kütle kaybı gerçekleşiyor; hidrojenin atom ağırlığı 1,008 olup, helyumunki ise sadece 4'tür. Ben onun yaptığı güzel kanıt üzerinde durmayacağım, çünkü kuşku yok ki bunu kendisinden de dinleyebileceksiniz. Kütle yok edilemez; aradaki açık sadece dönüşüm sırasında serbest kalan elektrik enerjisinin kütlesi olabilir. Bu yüzden helyum hidrojenlerinden kurtulduğunda serbest kalan enerji miktarını bir çırpıda hesaplayabiliriz. Bir yıldızın kütlesinin yüzde 5'i başlangıçta hidrojen atomlarından oluşuyor ve bunlar zamanla birleşerek daha karmaşık elementleri oluşturuyorlarsa, serbest kalan toplam ısı bizim ihtiyacımızdan çok daha fazlası olur ve bir yıldızın enerji kaynağının ne olduğunu başka yerlerde aramamıza gerek kalmaz.

Eddington doğru yoldaydı, yine de yıldızların içindeki enerjinin nasıl serbest kaldığının ayrıntılarının öğrenilmesi için on yıllar geçmesi gerekti. Bunun nedeni, bir yıldızın bahsi geçen "yüzde 5'inin" hidrojenden oluştuğu şeklindeki yanlış anlaşılmış ima haricinde, tam hesaplamaların kuantum mekaniğini gerektirmesi, onun da ancak 1920'lerin sonunda tam gelişkin haline ulaşmasıydı. Bu konuya tekrar döneceğiz; ancak 1920'li yıllarda yıldız astronomisi en azından bazı yıldızların ölçümü için başka bir yolla ve teknolojik açıdan gelişmiş yeni bir teleskopla karşımıza çıktı; bu ikisinin birleşimi kısa süre sonra insanın evrendeki yerini değerlendirişinde bir başka çarpıcı değişikliğe daha sebep olacaktı. Ana dizilimin sunduğu kanıt, güneşin Samanyolu'nda herhangi bir ayrıcalığı olmayan, sıradan bir yıldız olduğunu gösteriyordu. Daha sonra yeni uzaklık bildiricilerden elde edilecek kanıtlar ise Samanyolu'nun evrende herhangi bir özel ayrıcalığa sahip olmadığını gösterecekti.

HR diyagramında gösterilen renk-parlaklık ilişkisi bizim için yıldızların uzaklığı konusunda başlı başına bir kaynaktır. Bir yıldızın rengini ölçerseniz onun ana dizilimde nereye ait olduğunu bilirsiniz ve bu size onun mutlak parlaklığını söyler. Bu yüzden ne kadar uzakta olduğunu anlamak için tek yapmanız gereken onun görünür parlaklığını ölçmektir. Bu en azından ilkesel olarak böy-

ledir. İşler pratikte bu kadar basit değildir, çünkü en başta yıldızın görüş açısında bulunan uzaydaki toz, yıldızın ışığını ("sönmeye" neden olarak) sönükleştirir ve daha kırmızı gözükmesini sağlar; bu kırmızılaşma diye bilinen ve kırmızı kaymayla alakası olmayan bir süreçtir. Uzayda aynı yönde yer alan başka yıldızlara bakma yoluyla en azından yaklaşık olarak bu etkileri dengelemek genellikle mümkün olsa da, bu nihayetinde hem renk hem de parlaklık gözlemlerimizi etkiler. Kozmik bir uzaklık ölçeği geliştirme yolunda en önemli adım, yine Hertzsprung ve Russell'ın renk-parlaklık ilişkisi üzerine fikirlerini geliştirmeleriyle hemen hemen aynı dönemde, ancak çok farklı türde bir araştırmanın sonucu olarak atıldı.

Keşif, gökte güney yönündeki yıldızlar üzerine 1876 yılında Harvard Üniversitesi Gözlemevinin müdürlüğüne atanmış olan Edward Pickering'in

(1846–1919) yönetiminde yapılan bir araştırmanın sonucu olarak gerçekleşti. Pickering müzmin bir katalogcu ve kendisinden sonraki Amerikan gökbilimci kuşağının ilham kaynağıydı; ancak astronomiye yaptığı tek büyük önemli katkı, onun yerine kardeşi William Pickering'in (1858–1938) Peru'da gerçekleştirdiği bir güney gökyüzü araştırmasıydı. Esas kataloglama işi (Harvard'a gönderilen fotoğraf levhalarında yer alan tek tek bütün yıldızların konumlarını ve parlaklıklarını büyük defterlere mürekkep ve kalem kullanarak düzenli bir şekilde kaydetmek), daha az aydınlanmış o günlerde, erkekleri kiralamaktan genel olarak daha ucuza gelen ve herhangi bir yaratıcı iş için gereken entelektüel kapasiteye sahip oldukları düşünülmeyen kadınlardan oluşan ekiplerce yapılıyordu. Neyse ki Pickering bu kadınlardan astronomiye yetenekli olduğu görülen bazılarını araştırmalara katılması için teşvik etmiş, bunlardan birkaçının o dönemin neredeyse tamamıyla erkek egemen akademik dünyasına girmesini sağlamıştı. Bu kadınlardan biri 1895 yılında Harvard ekibine katılan Henrietta Swan Leavitt'di (1868–1921). (Daha sonra fotoğrafik fotometri bölümünün başkanı olsa da astronomiye beslediği tutku öylesine büyüktü ki ekibe başlangıçta ücretsiz çalışan bir gönüllü olarak katıldı.) Pickering ona güney gökyüzündeki değişik yıldızları tespit etme görevini verdi, bu ancak aynı bölgenin farklı zamanlarda

çekilmiş fotoğrafik levhalarının yıldızlardan herhangi birinin görünümünde değişiklik olup olmadığını görmek amacıyla karşılaştırılması yoluyla yapılabiliyordu.

Bu tip değişiklikler iki nedenle olabilir. Birincisi "yıldız" aslında bir ikili sistemdir ve biz bir yıldız diğerinin önüne geçtikçe kısmi tutulmaları görürüz; ikili sistemlerin araştırılmasının yıldız kütlelerinin ölçülmesinde kilit önem taşıdığını görmüştük. İkincisi yıldızlar yapısal olarak değişken olabilirler, parlaklıkları iç yapılarındaki bazı değişikliklerin sonucu olarak değişiyordur ve bu başlı başına ilginç bir olaydır. Bugün bu tip bazı yıldızların şişerek tekrar kendi üstlerine doğru büzüştüklerini, tekrarlayan bir döngü biçiminde titreştikçe ışık üretimlerinin düzenli olarak değiştiğini biliyoruz. Bu türdeki titreşen yıldızların bir sınıfına Sefeler adı verilir, bu isim 1784 yılında İngiliz astronom John Goodricke'nin 21 yaşında ölmeden iki yıl önce varlığını keşfettiği Delta Cephei adlı bu türe örnek bir yıldızın adından gelmektedir. Bütün Sefeler karakteristik bir tekrarlayan parlaklaşma ve sönükleşme örüntüsü gösterir; bu değişimlerin bazıları bir gün civarı, bazıları yüz günü aşan bir zaman diliminde gerçekleşir.

Sefe Uzaklık Ölçeği

Leavitt'in Harvard'da üzerinde çalıştığı fotoğrafik levhalar Büyük ve Küçük Macellan Bulutları olarak tanınan iki yıldız bulutunu kapsıyordu; bugün bunların içerisinde yaşadığımız Samanyolu galaksisiyle bağlantılı küçük uydu galaksiler olduklarını biliyoruz. Bu yorucu çalışması sırasında Leavitt, Küçük Macellan Bulutundaki (KMB) Sefelerde genel bir davranış modeli olarak daha parlak (bir tam döngüdeki ortalama parlaklıkları daha fazla) Sefelerin döngülerini daha yavaş sürdürdüklerini fark etti. Keşif ilk kez 1908 yılında rapor edildi, 1912 yılında artık KMB'deki yirmi beş Sefe'yi incelemiş olan Leavitt, dönem-ışınım gücü ilişkisini bir matematik formülü olarak ifade etmek için gereken veriye sahip oldu. İlişkinin açığa çıkmasının sebebinin KMB'nin içindeki yıldızların hepsinin bizden neredeyse aynı uzaklıkta olacak kadar uzakta olması ve böylece bizim teleskoplarımıza her birinden ulaşan ışığın aynı miktarda sönükleşmesi olduğunun farkına var-

mıştı. Elbette KMB içindeki tek tek yıldızların bizden uzaklıkları arasında farklar vardır ve bunlar mutlak miktarlar açısından onlarca veya yüzlerce ışık yılına karşılık gelebilir. Fakat KMB'nin uzaklığında, bu farklar dünyadan uzaklığın ancak çok küçük bir yüzdesidir, bu yüzden bizden uzaklıklarının neden olduğu genel sönükleşmenin ancak çok küçük bir kısmı bu yıldızların görünürdeki parlaklıklarına etki eder. Leavitt KMB'deki bir Sefe'nin görünür parlaklığı ile dönemi arasında açık bir matematiksel bağıntı kurdu; örneğin üç günlük bir döneme sahip bir Sefe 30 günlük bir döneme sahip bir Sefe'nin altmışta biri bir parlaklığa sahiptir. KMB'deki bütün Sefeler için uzaklık etkisi esasen aynı olduğu için, bu Sefelerin *mutlak* parlaklıklarının birbirleriyle aynı biçimde bağlantılı oldukları anlamına gelir. Artık tek gereken yakınımızdaki sadece bir veya iki Sefenin uzaklığını bulmaktı, böylece bunların mutlak parlaklıkları tespit edilebilir ve ardından Leavitt'in keşfettiği dönem-parlaklık yasasından bütün diğer Sefelerin mutlak parlaklıkları (ve buradan uzaklıkları) hesaplanabilirdi.

Hertzsprung 1913 yılında Sefe uzaklık ölçeğinin gereksindiği kalibrasyonu sağlayarak yakındaki Sefelerin uzaklıklarını ilk ölçen kişi olmayı başardı.[6] Fakat astronomide sıkça rastlandığı gibi bu gözlemler sönme ve kırmızılaşma dahil birçok zorlukla kuşatılmıştı. Hertzsprung'un kalibrasyonu KMB'nin 30.000 ışık yılı (kabaca 10.000 parsek) uzakta olduğu tespitini yapmıştı; onun bilmediği kırmızılaşma ve sönme etkilerini de hesaba katan modern ölçümler 170.000 ışık yılı (52.000 parsek) sonucunu vermektedir. Böyle bir uzaklıkta, iki Sefe birbirinden 1000 ışık yılı uzak olsa bile bu onların bizden uzaklığının sadece yüzde 0,6'sına denk gelir ve uzaklıklarından kaynaklı göreli sönükleşmeleri üzerinde çok küçük bir paralel etki yaratır. Hertzsprung'un bu düşük tahmini, uzayın gerçekte ne kadar büyük olduğunun ilk göstergesiydi. Sefe uzaklık ölçeği elbette geniş evrendeki çalışmalar kadar Samanyolu içerisindeki yıldızlarla ilgili araştırmalar için de önem taşımaktadır. Uzayda bir araya gelmiş yıldızlardan oluşan bazı yıldız kümeleri farklı kütlelere, renklere ve parlaklıklara sahip onlarca,

[6] Russell da, birazdan bahsedeceğimiz öğrencisi Harlow Shapley'le beraber, 1914 yılında bu uzaklık tahminlerini sönme etkisine izin vererek geliştiren ilk kişi oldu.

yüzlerce yıldız içerirler ve eğer yıldız kümesinde sadece bir Sefe varsa bile bu yıldızların hepsinin uzaklığı tespit edilir; bu örneğin HR diyagramına çizilirken kırmızılaşma ve sönükleşme etkileri çıkartılarak yıldızların özelliklerinin anlaşılmasına da katkı sağlar. Yine de Sefelerin esas katkısı Samanyolu'nun ötesinin araştırılabilmesi sayesinde bizim evrendeki yerimize ilişkin algımızı değiştirmesidir.

Sefe Yıldızlar ve Diğer Galaksilere Uzaklık

Bu araştırmayı büyük oranda tek bir kişinin tutkulu çalışması sayesinde yeni nesil teleskopların geliştirilmesi olanaklı kıldı. George Ellery Hale (1868–1938), büyük para miktarlarının toplanması için yardımseverleri seferber etme yeteneğine ve bu paraların başarılı biçimde önce Chicago Üniversitesinde, ardından California'daki Wilson Dağında ve son olarak yine California'daki Palomar Dağında yeni gözlemevleri ve teleskopların inşası için kanalize edilmesini sağlayan yönetsel becerilere sahipti. Evrenin keşfinin bu özel aşamasında en önemli araç, yapımı 1918 yılında Wilson Dağında tamamlanan ve bugün (bu gece dersek daha doğru olur) halen kullanımda olan (bağışta bulunan kişinin adını almış) Hooker teleskopu adı verilen 254 santimetre çapındaki aynalı teleskoptu. Bu 30 yıl boyunca dünyanın en büyük teleskopu olma ünvanını korudu ve büyük oranda iki adamın, Edwin Hubble (1889–1953) ve Milton Humason'un (1891–1972) elinde bizim evren kavrayışımızı dönüşüme uğrattı.

Bir atlet olarak hünerleri hakkında hikâyeler uydurmuş ve zamanında başarılı bir avukat olduğunu iddia etmiş, gençliğindeki başarılarını nazikçe ifade edersek abartmış olan Hubble hakkında okuduğunuz her şeye inanmamanız gerekir. Şüphesiz bunlar gökbilim alanında yaptığı çalışmaların önemini ortadan kaldırmaz.

Samanyolu galaksisinin günümüzdeki haritaları andırır tarzda bir haritasını çıkarmak için Sefeleri ilk kullanan kişi, 1910'lu yılların sonunda Russell'ın eski öğrencilerinden Harlow Shapley'di (1865–1972). Wilson dağında kurulu, 1908 ile 1918 yılları arasında dünyanın en büyük teleskopu olan 152 cm'lik bir aynalı teleskopu kullandı, ayrıca 254 santimetrelik teleskopu ilk kullanan kişiler-

den de biriydi; ancak 1921 yılında Harvard Üniversitesi Gözlemevinin müdürlüğünü kabul edince yeni teleskopun açtığı yepyeni fırsatları değerlendirme olanağını kaybetti. Shapley'in Sefe olduğunu düşündüğü yıldızların bazıları aslında RR Lyrae yıldızları diye bilinen başka bir aileye mensuptu. Bunlar Sefelere benzer biçimde hareket eder (bu sayede onlar da önemli bir uzaklık bildirici rolü oynarlar), ancak farklı bir dönem-parlaklık ilişkisine sahiptirler. Shapley'in şansına, hesaplamalarında yanlışlıkla yaptığı hataların bazılarını sönmelere yeterli yer vermemesi götürmüştür. O dönemde artık geceleri gökyüzünde görülen ışık bandı olan Samanyolu'nun çok büyük sayıda yıldız içeren basık ve disk şeklinde bir sistem olduğu ve güneşin bu çokluk içerisinde sadece bir yıldız olduğu (Galileo ve Thomas Wright'ın zamanından beri ilerlenerek giderek daha açık biçimde) anlaşılmıştı. Genel olarak da güneşin Samanyolu'nu oluşturan yıldız diskinin merkezinde olduğu düşünülürdü. Ayrıca bir de Samanyolu düzleminin üzerinde ve aşağısında yer alan ve böylece Samanyolu diskinin içerisine gömüldüğü bir kubbesel uzay hacmini işgal eden, küreye benzer sistemler, küresel yıldız kümeleri adı verilen yıldız yoğunlaşmaları vardı. Shapley küresel yıldız kümelerinin uzaklığını haritalama yoluyla bu kürenin merkezinin neresi olduğunu buldu ve güneşin Samanyolu'nun merkezinde olmadığını kanıtladı. 1920 yılına gelindiğinde yaptığı ölçümler, Samanyolu'nun bir uçtan bir uca yaklaşık 100.000 parsek ve merkezininse bizden 10.000 parsek (30.000 ışık yılından fazla) uzakta olduğuna işaret ediyordu. Ulaştığı rakamlar yine sönme sorunu ve RR Lyrae yıldızlarının Sefelerle karıştırılmasıyla lekelenmişti; bugün Samanyolu'nun merkezine olan uzaklığımızı hemen hemen doğru (günümüzdeki rakam 8000–9000 parsektir), galaksinin genel çapını ise fazlasıyla büyük (bugün 28.000 parsek olduğunu tahmin etmekteyiz) hesapladığını biliyoruz. Samanyolu diski sadece birkaç yüz parsek kalınlığındadır, çapıyla karşılaştırıldığında bu oldukça ince olduğu anlamına gelir. Sayılar burada belirleyici önemde değildir, önemli olan Shapley'in bizim uzaydaki konumumuzu daha da küçültmüş olmasıdır: Birkaç yüz milyar yıldız içerdiği tahmin edilen bir sistemin önemsiz bir üyesi olarak güneşin Samanyolu galaksisinin dış taraflarında sıradan bir yerde konumlandığını göstermiş olmasıdır.

Öte yandan 1920'lerin başında halen daha Samanyolu'nun evreni kapladığı düşünülmekteydi. Geceleyin gökyüzünde hatları belirsiz başka ışık benekleri (Macellan Bulutları gibi) olsa da, bunların ya Samanyolu'nun uyduları olan (biraz süper küresel yıldız kümelerine benzer) daha küçük sistemler veya Samanyolu içerisinde ışıldayan gaz bulutları oldukları düşünülüyordu. İçlerinde en çok sesi duyulanın Amerikalı Heber Curtis (1872–1942) olduğu sadece birkaç gökbilimci, bu "sarmal bulutsuların" çoğunun aslında içlerindeki tekil yıldızlar eldeki en iyi teleskoplarla bile ayrıştırılamayan,[7] ayrı galaksiler olduklarını, Samanyolu'nun Shapley'in tahmininden çok daha küçük ve boşluğa yayılmış birçok benzer galaksi içerisinde sadece bir "ada evren" olduğunu ileri sürebiliyordu.

Hubble öykümüze burada dahil olmaktadır. Hubble 1923–1924 kışında 254 santimetrelik Hooker teleskobunu kullanarak (yer yer Andromeda Bulutsusu veya Andromeda Galaksisi de denen) Andromeda takımyıldızı yönünde yer alan M31 adlı geniş bir sarmal bulutsu içerisindeki tekil yıldızları ayrıştırmayı başardı. Dahası, bulutsu içerisinde birkaç Sefenin varlığını da şaşkınlıkla tespit ederek bunların uzaklıklarını hesaplamayı başardı. Neredeyse bir milyon ışık yılı eden 300.000 parseklik bu uzaklığın, Sefe uzaklık ölçeğindeki modern ölçümleme ve sönme gibi problemlerin daha iyi hesaplanabilmesiyle aslından bundan bile uzak, 700.000 parsek olduğu hesaplandı. Bu keşfin hemen arkasından Hubble benzer başka bulutsularda da Sefeler buldu ve Curtis'in haklılığını esasen kanıtladı. Yaklaşık olarak hepsi aynı mutlak maksimum parlaklığa sahip olan galaksilerin uzaklığının ölçümü için patlayan yıldızlar, süpernovaların gözlemlenmesi gibi başka teknikler geliştirildikçe, sonunda Samanyolu galaksisinde nasıl yüz milyarlarca yıldız varsa, görünür evrende böyle yüz milyarlarca galaksinin olduğu ve bunların her yönde milyarlarca ışık yılı boyunca uzandıkları anlaşıldı. Güneş sistemi tüm bu uçsuz bucaksızlık içerisindeki önemsiz bir zerrenin içindeki önemsiz bir zerreydi. Sefelerdeki parlaklık-uzaklık ilişkisi evrenin haritalanmasında

[7] Aynı şekilde Samanyolu'ndaki yıldızların varlığı da yardımsız sadece insan gözüyle tespit edilememiş, Galileo onlara teleskopunu çevirince "keşfedilmişti".

atılmış esas adım olmaya devam etti, ikincil uzaklık göstergeleri (süpernovalar gibi) buna göre ölçümleniyordu. Sonuç olarak daha önce karşılaşılan sönme gibi eski problemlerden geriye 1990'lı yıllara dek alt edilemeyen ve bizim evrendeki yerimize ilişkin görüşümüzü çarpıtan tek bir konu kalmış oldu.

M31 örneğinin de gösterdiği gibi, Hubble'ın kullandığı uzaklık ölçeğinde her şey gerçekte olduğundan daha yakında gözüküyordu. Belirli büyüklükteki bir galaksi bize ne kadar yakınsa, kapladığı gökyüzü parçası da o kadar büyüktür. Gökbilimcilerin ölçtüğü aslında gökyüzündeki bir galaksinin açısal büyüklüğüdür ve gerçekte olduğundan daha yakın olduğunu düşünüyorlarsa, o halde gerçekte olduğundan daha küçük olduğunu düşüneceklerdir. Yüzünüzün önündeki bir oyuncak uçak ile yere iniş yapan bir 747 hava taşıtı aynı açısal büyüklükte görünebilir; sizin 747'nin oyuncaktan kaç kat büyük olduğu tahmininiz, hava taşıtının ne kadar uzakta olduğunu düşündüğünüze bağlıdır. Dolayısıyla uzaklıklarının olduğundan daha az tahmin edilmesi Samanyolu'nun dışındaki bütün galaksilerin büyüklüklerinin başlangıçta daha az olarak tahmin edilmiş olması ve Samanyolu galaksisinin evrende kendi türünün en büyük cismi olarak gözükmesi anlamına geliyordu. Uzaklık ölçeğinin tekrar tekrar iyileştirilmesi zamanla, on yıllar geçtikçe bu algının değişmesini sağladı; ancak 1990'ların sonunda Hubble Uzay Teleskopundan elde edilen Sefe verilerinin Samanyolu'na benzer önemli sayıda sarmal galaksinin kesin uzaklıklarını sağlamasıyla sonunda bizim galaksimizin ortalama büyüklükte olduğu kesinleşti.[8]

1923–24 yıllarında yaptığı çalışmaların ardından Hubble, 1920'lerin sonu, 1930'lu yılların başında Milton Humason'un yardımını da alarak evrendeki galaksilerin uzaklık ölçümlerini 254 santimetrenin izin verdiği en uzak noktalara kadar taşıdı. Sadece görece yakın bir avuç galaksi için doğrudan Sefe uzaklıkları ölçümleri olanaklı olsa da, Hubble bilinen bu galaksi uzaklıklarıyla galaksilerin diğer genel özelliklerini (süpernovalar ve sarmallardaki belirli özellikler gibi) ölçümlemeyi ve bunları 254 santimet-

[8] Samanyolu'nun sıradan bir galaksi olduğunu tespit eden ekibin bir üyesi de bendim. Çalışma arkadaşlarım Simon Goodwin şu an Cardiff Üniversitesinde, Martin Hendry ise Glasgow Üniversitesinde bulunuyor.

relik teleskopla bile seçilemeyen Sefelere sahip uzak galaksilerin uzaklıklarını veren ikincil göstergeler olarak kullanmayı başardı. Adıyla birlikte anılacak keşfi de bu araştırmaları sırasında gerçekleştirdi; bir galaksinin uzaklığı ile ondan gelen ışığın tayfında yaşanan kırmızıya kayma arasında bir ilişki vardı.

"Bulutsuların" ışığı içerisindeki kırmızıya kaymanın baskınlığını aslında 1910'lu yıllarda (Flagstaff, Arizona'daki) Lowell Gözlemevinde 61 cm'lik bir kırılmalı teleskopla çalışan Vesto Slipher (1875–1969) keşfetti. Bu teleskopu kullanarak bu kadar soluk cisimlerin fotoğrafik olarak tayfını elde edebildiği çalışması, o dönemki teknolojinin ulaşabileceği sınır noktasıydı ve Slipher bu dağınık bulutsuların, tayfları ile yıldızların tayfları arasındaki genel benzerlik nedeniyle çok sayıda tekil yıldızdan oluşmuş olmaları gerektiğine ikna oldu. Elindeki ekipman bu bulutsular içerisindeki tek tek yıldızları ayrıştırmaya yeterli değildi; bu yüzden Hubble'ın 1920'lerde atacağı adımı atamayarak üzerinde çalıştığı bulutsuların uzaklıklarını ölçemedi. 1925 yılına gelindiğinde Slipher bulutsular içerisinde tam 39 kırmızıya kayma ölçmüş, ancak sadece iki maviye kayma bulmuştu. Diğer astronomlar Slipher'in başlangıçta seçmediği sistemlerde dört kırmızıya kayma ölçmüş, hiç maviye kayma tespit edememişti; ulaştığı diğer sonuçlarının çoğu diğer astronomlarca da doğrulanıyordu. Elde edilen bu verilerin doğal yorumu bunun Doppler etkisinin bir sonucu olmasıydı; bulutsuların çoğu bizden hızla uzaklaşıyor, sadece ikisi bize yaklaşıyordu. Hubble ve Humason spektroskopik olarak ilk kez Slipher'ın gözlemlediği bulutsuların uzaklıklarını ölçmeye başladılar, ayrıca kendi aletlerini sınamak ve Slipher'ın sonuçlarını doğrulamak için kendi spektroskopik verilerini de kaydettiler (aslında kaydı tutan Humason'du). Ardından bu araştırmayı diğer galaksilere genişlettiler. Zaten bilinen çok az sayıdaki cisim dışında bir maviye kayma bulmadılar.[9] Bir galaksinin uzaklığının onun kırmızıya kayması ile orantılı olduğunu keşfettiler, bu olgu 1929 yılında duyuruldu ve bugün Hubble yasası olarak bilinmektedir. Hubble'a göre bu keşif bir uzaklık göstergesi olarak değer

[9] Biri Andromeda olan maviye kaymış galaksi çifti, kozmik ölçekte bize çok yakındır ve bu tip görece yerel ölçeklerde evrensel genişlemeye baskın gelen kütleçekimin etkisiyle bize doğru yaklaşmaktadır.

taşıyordu; artık onun (veya Humason'un) bir galaksinin kırmızıya kaymasını ölçmesi yeterliydi, buradan uzaklık çıkartılabilirdi. Oysa bu keşfin önemi, hızlı kavramayı başaran birkaç gökbilimcinin fark ettiği üzere bundan çok daha derindi.

Ana Hatlarıyla Genel Görelilik Kuramı

Hubble ve Humason'un yaptığı keşfin açıklaması Einstein'ın 1916'da yayımlanan genel görelilik kuramıyla geldi. Bu kuramı ("özel" görelilik kuramının sınırlı doğasının aksine) "genel" yapan özellik, sadece sabit hızda doğrusal çizgiler boyunca hareket eden cisimleri değil, ivmeleri de ele almasıydı. Einstein'ın esas dehasıysa ivme ile kütleçekim arasında bir ayrım olmadığını anlamasıydı. Günün birinde Bern'de Patent Ofisindeki masasında otururken, çatıdan düşen birisinin ağırlıksız olacağını ve kütleçekimin çekmesini hissetmeyeceğini fark ettiğinde, bu fikrin aklında uyandığını söyledi: Aşağıya doğru hareketinin ivmesi ağırlık hissini götürür, çünkü ikisi *tam olarak* eşittir. Hepimiz asansörlerde ivme ile kütleçekimin birbirine denkliğini deneyimlemişizdir: Asansör yukarı doğru hareket ettiğinde tabana doğru baskılanır ve kendimizi daha ağır hissederiz; asansör dururken yavaşladığında kendimizi daha hafif hissederiz, hâttâ hızlı asansörlerde bunun sonucu olarak parmak uçlarımızdan yukarı doğru yükselebiliriz. Einstein'ın dehası hem ivmeyi hem de kütleçekimini aynı pakette betimleyebilen bir denklemler kümesi bulmasıydı; bütün bir özel görelilik kuramı, hâttâ Newton mekaniğinin tümü genel göreliliğin özel durumları olarak ifade edilebiliyordu. Eddington'un araştırma gezisinin peşinden gazete manşetlerinde atılan Einstein'ın kuramının Newton'ın çalışmasını altüst ettiği türünden çığlıklar hiçbir biçimde doğru değildi. Newtoncı kütleçekim (özellikle ters kare yasası) halen daha evrenin uç koşullar haricindeki işleyiş biçiminin iyi bir betimlemesidir ve ondan daha iyi bir kuram Newton kuramının bütün başarılarını sağlamalı ve onun ötesine geçmelidir. Tıpkı Einstein'ın kuramından daha iyi bir kuram geliştirilecekse onun genel göreliliğin açıkladığı her şeyi açıklayabilmesi ve ötesine geçmesi gerektiği gibi...

Özel görelilik kuramının temellerinden genel göreliliği geliştirmesi Einstein'ın on yılını aldı. Buna rağmen 1905 ile 1915

yılları arasında birçok başka şey de yaptı; 1909 yılında Zürih Üniversitesinde tam zamanlı akademisyen olmak için Patent Ofisinden ayrıldı, Zürih'teki (bir zamanlar tembel bir öğrencisi olduğu) ETH'de çalışmayı kabul ettiği 1911 yılına dek çalışma zamanının çoğunu kuantum fiziğine adadı, ondan önce arada kısa bir dönem Prag'da çalıştı ve 1914 yılında Berlin'e yerleşti. Genel görelilik kuramına dayanak oluşturan matematiği ona 1912 yılında Zürih'te eski arkadaşı Marcel Grossmann (1878–1936) sağladı; Grossmann'la ETH'de aynı dönem öğrencilik yapmışlardı ve Einstein derslere girmeye zahmet etmediğinde ders notlarını ondan alırdı. 1912 yılına gelindiğinde Einstein Hermann Minkowski'nin özel görelilik kuramı için düz, dört boyutlu uzay-zaman aracılığıyla yaptığı zarif gösterimi kabul etmişti. Şimdi elindeki daha genel fizik formu için daha genel bir geometri formuna gereksinim duyuyordu ve Grossmann on dokuzuncu yüzyıl matematikçisi Bernhard Riemann'ın (1826–1866) çalışmasına işaret etmişti. Riemann eğri yüzeyler geometrisi üzerine çalışmış ve bu tür (Öklit düz yüzeyleri ele aldığı için, Öklit dışı geometri adı verilen) geometrinin istediğiniz sayıda seçtiğiniz boyutta betimlenmesi için gereken matematiksel araçları geliştirmişti.

Öklit dışı geometrinin matematik yönden araştırılmasının uzun bir geçmişi vardı. On dokuzuncu yüzyılın başında Karl Friedrich Gauss (1777–1855) örneğin paralel çizgilerin birbirini kesebildiği türden geometrilerin özellikleri konusunda çalışmıştı (Ekvatora paralel olan ve kutuplardan geçen enlem çizgilerinde görüldüğü üzere, dünya yüzeyi buna örnektir). Gauss "Öklit dışı geometri" kavramını ortaya atan kişi olmasına rağmen çalışmalarının hepsini yayımlamadı, çoğu ölümünden sonra ortaya çıktı. Bu alandaki başarılarının bir kısmı 1820'li ve 1830'lu yıllarda birbirlerinden bağımsız olarak çalışan Macar Janos Bolyai (1802–1860) ve Rus Nikolai Lobachevsky (1793–1856) tarafından tekrar keşfedildi. Fakat Gauss'un o sırada bilinmeyen çalışması gibi, bu modeller de bir kürenin yüzey geometrisi gibi Öklit dışı geometrinin sadece özel durumlarını ele alıyordu. Riemann'ın olağanüstü katkısı bütün bir geometriye dayanak oluşturacak genel bir matematiksel yaklaşım bulmasıydı. 1854 yılında Göttingen Üniversitesinde verdiği bir derste sunduğu bu yaklaşım, bir dizi farklı ge-

ometrinin hepsi eşit derecede geçerli bir dizi farklı matematiksel betimlemesine izin veriyordu ve gündelik yaşamdan aşina olduğumuz Öklit geometrisi de bunlara dahildi. Onun fikirlerini İngilizce konuşan dünyaya Britanyalı matematikçi William Clifford (1845–1879) taşıdı; Riemann'ın çalışmasını İngilizceye çevirerek (1867 yılında, Riemann'ın tüberküloz nedeniyle genç yaşta ölümünden bir yıl sonra basılabildi), geniş evreni betimlemenin en iyi yolunun onu eğri uzaylar yaklaşımıyla açıklamak olduğu tartışmasına temel olarak kullandı. 1870 yılında Cambridge Felsefe Derneğine sunduğu makalede "uzayın bükülmesindeki değişimlerden" bahsederek "uzayın küçük bölümleri ortalama düzlükteki bir yüzey üzerindeki küçük tepelere doğallığında *benzerdir*; bu geometrinin alışıldık yasalarının onlar için geçerli olmadığı anlamına gelir" benzetmesini yaptı. Bugün Einstein'ın izinden gidilerek benzerlik ters yönden kurulmaktadır: Madde yoğunlaşmaları, örneğin güneş, aksi halde düz olan bir evrenin uzayzamanı içerisindeki küçük çukurların sebebi olarak değerlendirilir.[10] Clifford'un benzetmesini Einstein'ın doğumundan dokuz yıl önce ortaya atmış olması, bilimin izole bireylerin çalışmalarıyla değil, nasıl parça parça ilerlediğinin etkileyici bir göstergesidir. Clifford Einstein'ın doğduğu yıl olan 1879'da (yine tüberkülozdan) öldü ve fikirlerini tam olarak geliştiremedi. Fakat Einstein sahneye çıktığında zaman genel görelilik için olgunlaşmıştı ve onun katkısı ne kadar öncü bir çalışma olsa da, sıkça yansıtıldığı gibi bir dâhinin herkes ve her şeyden kopuk eylemi değildi.

Genel görelilik kuramı uzayzaman ile madde arasındaki ilişkiyi betimler, bu ikisini birbirine bağlayan etkileşimse kütleçekimdir. Maddenin varlığı uzayzamanı büker ve maddi cisimlerin (hâttâ ışığın) uzayzamandaki bükülmeleri takip edişi bize kendisini kütleçekim olarak gösterir. Bunun en kısa özeti "madde uzayzamana nasıl bükülüceğini, uzayzaman maddeye nasıl hareket edeceğini söyler" aforizmasıdır. Doğal olarak Einstein denklemlerini madde, uzay ve zamanın var olan en büyük yığınına uygulamak

[10] Einstein'ın kuramı bu çukurların tam büyüklüklerini ve bu sayede güneş gibi bir cismin yanından geçerken en düşük dirençteki çizgiyi izleyen ışığın ne derecede büküldüğünü öngörür; Eddington'un 1919 yılındaki tutulmayı gözlemek için çıktığı gezi bu yüzden bu kadar önemlidir.

istedi: Evrene. 1917 yılında, genel görelilik kuramını tamamlayıp sonuçlarını yayımlamasıyla beraber de bunu yaptı. Bulduğu denklemlerin tuhaf ve beklenmedik bir özelliği vardı. Özgün biçiminde bunlar durağan bir evren olasılığına izin vermiyordu. Denklemler uzayın zaman geçtikçe gerileceği veya küçüleceği ama hareketsiz duramayacağı konusunda ısrarcıydı. O dönemde bütün evrenin Samanyolu'ndan ibaret olduğunun düşünüldüğünü hatırlatalım; Samanyolu'nda da herhangi bir genişleme veya büzüşme izine rastlanmıyordu. Bulutsulardaki ilk birkaç kırmızıya kayma ölçülmüştü fakat kimse bunun ne anlama geldiğini bilmiyordu, zaten Einstein da Slipher'in çalışmasından habersizdi. Bu yüzden denklemlerine betimlediği evrenin hareketsiz tutulabilmesi amacıyla bir terim ekledi. Genellikle Yunanca lambda harfiyle (λ) gösterilen ve kozmolojik sabit denen "bu terim" Einstein'ın sözleriyle "yıldızların ivmelerinin düşük olması olgusunun gerektirdiği üzere, sadece maddenin yarı durağan dağılımını mümkün kılma amacı için gereklidir". Aslında tek bir "kozmolojik sabite" referans vermek yanlıştır. Einstein'ın kurduğu denklemler lambda için farklı değerler seçmenize izin verir; bazıları model evrenin hızlı genişlemesini, en az biri durağan kalmasını ve bazıları da küçülmesini sağlar. Her durumda Einstein'ın, 1917'de bilinen evrenle örtüşen eşsiz bir matematiksel madde ve uzayzaman betimlemesi bulduğunu düşündüğü kesindi.

Genişleyen Evren

Öte yandan genel görelilik kuramının denklemlerinin kamuoyuna duyurulmasıyla birlikte diğer matematikçiler bu denklemleri farklı evren modellerini betimlemek için kullandılar. Hemen 1917 yılında, Willem de Sitter Hollanda'da Einstein'ın üssel bir hızla genişleyen bir evreni betimleyen denklemlerine bir çözüm buldu. Üssel hızla genişleyen bir evrende iki parçacık arasındaki uzaklık belirli bir zamandan sonra ikiye katlanır, bir sonraki eşit zaman aralığında dörde katlanır, bir sonraki zaman aralığında sekize katlanır, bir sonraki zaman aralığında on altı katına ulaşır vs. Rusya'dan Aleksandr Friedmann (1888–1925) denklemler için tam bir çözüm kümesi buldu, bazıları genişleyen evrenleri, bazıları da

büzüşen evrenleri betimleyen sonuçlarını 1922 yılında yayımladı. (Einstein denklemlerinin evrenin eşsiz bir betimlemesini sağlayacağını umduğu için, bu onu rahatsız etti). Aynı zamanda resmen bir papaz olan Belçikalı astronom Georges Lemaître (1894–1966) Einstein'ın denklemleri için 1927 yılında bağımsız olarak bulduğu benzer çözümleri yayımladı. ABD'yi 1920'lerin ortasında ziyaret etmiş ve Andromeda Bulutsusundaki Sefelerin keşfinin (toplantıya katılmayan Hubble adına) Henry Norris Russell tarafından açıklandığı toplantıda yer almış olan Lemaître ile Hubble arasında bir bağ vardı. Lemaître Einstein'la da mektuplaşmıştı. Öyle veya böyle, 1930'ların başında Hubble ve Humason yüze yakın galaksi için uzaklık ve kırmızıya kayma sonuçlarını yayımladıkları ve kırmızıya kaymanın uzaklığa orantılı olduğunu gösterdikleri sırada, sadece evrenin genişlediği anlaşılmış değil, elde bu genişlemeyi tasvir eden (bu tür kozmolojik modeller için bir seçim sebebi olan) bir matematiksel betimleme de vardı.

Kozmolojik kırmızıya kaymaya sebep olanın uzayda hareket eden galaksiler, dolayısıyla Doppler etkisi olmadığını vurgulamamız gerekir. Buna zaman geçtikçe, tam da Einstein'ın denklemlerinin 1917'de gösterdiği ancak onun inanmayı reddettiği gibi, galaksiler arasındaki uzayın açılması sebep olur. Işık bir başka galaksiden bize doğru gelirken uzay geriliyorsa, o halde ışığın kendisi de daha uzun dalga boylarına gerilir; bu da görünen ışığın tayfın kırmızı ucuna doğru hareket etmesi anlamına gelir.[11] Gözlemlenen kırmızıya kayma –uzaklık ilişkisinin (Hubble yasası) varlığı– evrenin geçmişte daha küçük olduğunun işaretidir. Bu geçmişte galaksilerin boş uzay denizinde hep beraber bir öbek şeklinde toplaşmış olmaları değil, galaksiler arasında veya onların "dışında" hiç uzay olmadığı anlamına gelir, çünkü dışarısı yoktur. Dolayısıyla bu da evrenin bir başlangıcı olduğuna işaret eder. 1930'larda bu Eddington dahil çok sayıda gökbilimci için itici ama Roma Katolik Kilisesi rahibi Lemaître'ın tüm kalbiyle benimseyeceği bir yaklaşımdı. Lemaître İlksel Atom dediği (kimi yerlerde kozmik yumurta diye de geçen) fikri geliştirdi; buna göre evrendeki maddenin hepsi başlangıçta, süperatomik bir çekir-

[11] Bunu kalın bir elastik banda dalgalı bir çizgi çizip ardından elastik bandı gererek gözünüzde canlandırabilirsiniz.

değe benzer bir öbeğin içerisindeydi, ardından bu dev bir fisyon bombası gibi patladı ve parçalarına ayrıldı. Fikir 1930'larda popüler bir ilgiyle karşılandı ancak gökbilimcilerin çoğu Eddington gibi evrenin gerçekte bir başlangıcının olamayacağını düşündü. Günümüzde bilinen adıyla Büyük Patlama modelinin[12] ana akım astronominin bir parçası (o sırada küçük bir parçası) olması 1940'larda, içi içine sığmayan mizaçlı Rus göçmen George Gamow (1904–1968) ve Washington DC'deki George Washington Üniversitesi ve Johns Hopkins Üniversitesindeki meslektaşlarının çalışmalarının ardından oldu.

İlk başta çok sayıda gökbilimcinin evrenin bir başlangıcı olduğu fikrini kabullenmekte yaşadığı zorlukların haricinde, 1930'lu ve 1940'lı yıllarda Hubble ve Humason'un yaptığı (Wilson dağı ekibi 254 santimetrelik teleskopa sahip olmanın teknolojik avantajını koruyor olsa da başka gökbilimcilerin de onların izinden yürüdüğü) gözlemlerin düz yorumlanmasında da bir sorun vardı. Bahsettiğimiz gözlem sorunları ve Sefeler ile diğer değişken yıldız türlerinin karıştırılmasından hâlâ muzdarip olan Hubble'ın 1930'ların başında hesapladığı uzaklık ölçeğinin bugün kabaca on kat hatalı olduğunu biliyoruz. Bu onun evrenin bizim bugün düşündüğümüzden on kat daha hızlı genişlediğini düşündüğü anlamına gelir. Genel görelilik kuramından çıkarsanan kozmolojik denklemleri kullanarak (en basit biçimi içerisinde bu çözümler, bugün Einstein-de Sitter modeli olarak bilinen ve 1930'lu yılların başında Einstein ve de Sitter'in beraber çalışarak geliştirdikleri bir evren modeline karşılık gelir) kırmızıya kayma–uzaklık ilişkisinden Büyük Patlama'dan bu yana ne kadar süre geçtiğini hesaplamak düz bir yaklaşım olur. Hubble'ın verileri evrenin olduğundan on kat daha hızlı genişlediğini gösterdiği için bu verilere dayanarak yapılan hesaplamalar evrenin yaşına ilişkin modern değerden on kat daha düşük bir sonuç, 1,2 milyar yıl sonucunu verdi ki bu dünyanın gayet iyi belirleyebildiğimiz yaşının ancak üçte biridir. Bir şeylerin yanlış olduğu açıktı ve yaş konusu çözümlenmeden İlksel Atom fikrinin ciddiye alınması birçok kişi açısından zor olacaktı.

[12] Aslında gökbilimci Fred Hoyle'un nefret ettiği modeli hafife alma amacıyla ortaya attığı bir isimdir.

Durağan Evren Modeli

Bu yaş problemi 1940'lı yıllarda Fred Hoyle (1915–2001), Herman Bondi (1919–) ve Thomas Gold'un (1920–) Büyük Patlama'ya alternatif bir model olarak durağan evren modeliyle çıkış yapmalarının nedenlerinden biriydi. Bu yorumda evrenin ebedi olduğu ve hep genişlediği ancak her zaman bugünküyle hemen hemen aynı gözüktüğü, çünkü galaksiler birbirinden uzaklaştıkça arkalarında oluşan boşluklarda yeni maddenin hidrojen atomları formunda sürekli biçimde ve tam da yeni galaksilerin bu boşlukları dolduracağı hızda oluştuğu kabul ediliyordu. 1950'li yıllardan 1960'lı yıllara girerken bu Büyük Patlama'ya akla yatkın ve tutarlı bir alternatif oluşturdu; nihayetinde maddenin istikrarlı biçimde her seferinde bir atom şeklinde oluşması, evrendeki bütün atomların tek bir olayda, Büyük Patlama'da yaratıldığını varsaymaktan daha garip değildi. Fakat yirminci yüzyılın ikinci yarısında geliştirilen yeni radyo astronomi teknikleri dahil gözlemlerde yaşanan ilerlemeler evrenin uzak ucundaki, çok uzun zaman önce onlardan ayrılan ışık (veya radyo dalgaları) aracılığıyla gördüğümüz galaksilerin yakınımızdaki galaksilerden farklı olduklarını göstererek, evrenin zaman geçtikçe ve galaksiler yaşlandıkça değişmekte olduğunu kanıtladı. Daha iyi teleskoplar yapıldıkça (Palomar dağında 1947 yılında inşası tamamlanarak Hale'in ismi verilen 508 cm'lik reflektörü özel olarak analım) ve Sefeler ile diğer türden değişken yıldızların birbirine karıştırılması giderilince zaman içerisinde yaş sorunu da çözüldü. Baş etmesi hâlâ daha zor olan evrenin genişleme hızının ölçümlerinde yaşanan belirsizliği yüzde 10'luk bir belirsizliğe dek indirmek uzun bir zaman aldı; hâttâ bu bile ancak 1990'ların sonunda Hubble Uzay Teleskopunun yardımıyla başarılabildi.[13] Yirminci yüzyılın sonuna ulaştığımızda evrenin yaşı akla yatkın bir doğrulukla belirlendi, bunun 13 ila 16 milyar yıl arasında olduğu düşünülüyor. Bunun yaşça dünya ve en yaşlı yıldızlar dahil yaşını ölçebileceğimiz her şeyden çok

[13] En son veriler evrenin şu anda daha hızlı genişlemeye başlamış olabileceğini ileri sürüyor, bunun nedeni büyük olasılıkla bir kozmolojik sabit olması. Bu evrenin yaşı hesaplamalarını önemli ölçüde etkilemez ve henüz sürmekte olan bu çalışmanın tartışılması da bu kitabın kapsamı dışında.

daha büyük olduğunu rahatlıkla söyleyebiliriz.[14] Şüphesiz tüm bunlar Gamow ve arkadaşları için Büyük Patlama sırasında ne olduğunun bilimsel araştırmasına giriştiklerinde henüz çok uzak bir geleceğin bilgileriydi.

Büyük Patlamanın Doğası

Gamow 1920'lerde Friedmann'ın öğrencisi olmuş, Göttingen Üniversitesi, Cavendish Laboratuarı ve Kopenhag'taki Niels Bohr Enstitüsünü ziyaret etmiş ve kuantum fiziğinin gelişimine önemli katkılar yapmıştı. Özellikle, kuantum belirsizliğinin alfa bozunumu sırasında alfa parçacıklarının tünelleme denilen bir süreç sonucunda radyoaktif atom çekirdeğinden kaçmalarını nasıl sağladığını gösterdi. Alfa parçacıklarını yerlerinde tutan yeğin nükleer kuvvettir ve klasik kurama göre bu parçacıklar bu çekirdeklerden kaçmaya yetmeyecek kadar, tam sınırda bir enerjiye sahiptirler. Kuantum kuramıysa tekil bir alfa parçacığının bu işin yerine getirilmesi için gereken enerjiyi kuantum belirsizliğinden "ödünç alabileceğini" söyler, çünkü dünya hiçbir zaman onun ne kadar enerjiye sahip olduğundan tam olarak emin olmaz. Parçacık çekirdekten dışarıya tünel kazmış gibi kaçar ve ödünç almış olduğu enerjiyi dünya ödünç aldığının bile farkına varmadan geri öder. Nobel komitesinin çok sayıdaki ihmaline bir örnek olarak Gamow nükleer fizik kavrayışımıza yaptığı bu değerli katkı sebebiyle ödüle layık görülmez.

Gamow'un kuantum ve nükleer fiziği alanındaki bu birikimi, öğrencisi Ralph Alpher (1921–) ve Alpher'in çalışma arkadaşı Robert Herman'la (1922–1997) beraber Büyük Patlama'nın doğasını inceleme biçimlerine renk kattı. Gamow 1940'lar ve 1950'li yılların başında George Washington Üniversitesindeki görevinin yanı

[14] Bu aslında çok büyük bir keşiftir. Evrenin yaşı esasen genel görelilik kuramından hesaplanır ve çok büyük ölçekteki fiziğin yasalarına bağlanır; yıldızların yaşıysa birazdan bahsedeceğimiz üzere esasen kuantum mekaniğinin, çok küçük ölçekteki fiziğin yasalarından hesaplanır. Buna rağmen evrenin yaşının yaşlı yıldızların yaşından tam da Büyük Patlama sonrası ilk yıldızların oluşumu için gereken zamana izin verecek ölçüde yaşlı olduğu ortaya çıkmıştır. Büyük ölçekli ve küçük ölçekli fizik arasındaki bu uyuşma bilimin bütününün sağlam temeller üzerinde yükseldiğinin bir göstergesidir.

sıra Johns Hopkins Üniversitesinin Uygulamalı Fizik Laboratuarında danışmanlık yapıyordu. Alpher de 1944 yılından itibaren aynı yerde tam zamanlı olarak çalışıyor, öte yandan akşamları ve hafta sonları George Washington Üniversitesinde lisans, yüksek lisans ve doktora derecelerini (1948'de aldı) almak için okuyordu. Hermann'ın daha alışılageldik bir akademik süreci oldu, Princeton'dan doktorasını aldıktan sonra 1943'te Johns Hopkins Laboratuarına katılarak başlangıçta o da Alpher gibi savaş çalışmalarında yer aldı. Yine Alpher gibi o da erken evren konusundaki çalışmalarını boş zamanında, teknik açıdan hobi olarak yürüttü. Alpher doktora çalışmasında Gamow'un denetmenliğinde, gözlemlenebilen bütün bir evrenin bugünkü güneş sistemimizden daha küçük bir hacimde toplandığı Büyük Patlama'da var olduğunu düşündükleri koşullar altında, basit elementlerden karmaşık elementlerin oluşumunu araştırdı. Bizi ve görünür evrenin geri kalanını oluşturan kimyasal elementler bir yerlerden gelmiş olmalıydı ve Gamow bunların oluşumunun hammaddesinin sıcak bir nötron ateş topu olduğunu düşündü. Bu, ilk nükleer bombaların kısa süre önce patlatılmış ve yine ilk nükleer reaktörlerin henüz inşa edilmekte olduğu bir zamandı. Çekirdeklerin birbirleriyle nasıl etkileşime girdiği konusunda önemli bir bilgi birikimi elde edilmiş olmasına rağmen henüz sınıflandırılmamış bilgilerden oluşan veri bankası da giderek genişliyordu. Nükleer reaktörlerde nötronlara tabi tutulduğunda çeşitli malzeme türlerine ne olduğu, çekirdeklerin nötronları teker teker soğurup daha ağır elementlerin çekirdeklerine dönüşmesi ve fazla enerjiden gama ışınımı biçiminde kurtulması konularındaki bilgiler sınıflandırılmayı bekliyordu. Kararsız çekirdekler kimi zaman bu şekilde oluşabiliyor ve iç bileşimine beta ışınımı (elektronlar) yayarak uyum gösteriyordu. Evrenin ham malzemesinin nötronlar olduğu varsayılsa da, bu yolla nötronlar da bozunuma uğrayarak elektronlar ve protonlar üretiyor ve bunlar beraberce ilk element olan hidrojeni oluşturuyorlardı. Bir hidrojen çekirdeğine bir nötron eklendiğinde bir dötoryum (ağır hidrojen) çekirdeği oluşuyor, bir proton daha eklendiğinde helyum-3 oluşuyordu. Bir nötron daha eklendiğinde helyum-4 doğuyordu, ancak iki helyum-3 çekirdeğinin füzyonuna iki proton eklenmesiyle de bunu yapmak

mümkündü vs. Öyle veya böyle, dötoryum ve helyum-3'ün hemen hemen hepsi helyum-4'e dönüşüyordu. Alpher ve Gamow ellerindeki tüm farklı elementler için nötron tutma verilerine bakarak bu şekilde en rahat oluşan çekirdeklerin en sık rastlanan elementlerin çekirdekleri olduğunu, bu yolla kolayca oluşmayan çekirdeklerin de nadir elementlere karşılık geldiğini buldular. Özellikle de bu sürecin diğer elementlerle karşılaştırıldığında olağanüstü miktarda helyum üreteceğini tespit ettiler ki bu o dönemde yıldızların ve güneşin bileşimine ilişkin yapılmış olan gözlemlerle de uyumluydı.

Ardalan Işımasının Öngörülmesi

Bu çalışma Alpher'in doktora tezi için gereken malzemeyi sağlamakla kalmadı, *Physical Review* dergisinde yayımlanacak bir makaleye de temel hazırladı. Makaleyi teslim etme zamanı geldiğinde müzmin şakacı Gamow (Alpher'in itirazlarını dikkate almayarak) ortak yazar olarak eski dostu Hans Bethe'nin de (1906–) adını eklemeye karar verdi; bunun tek nedeni Alpher, Bethe, Gamow sıralamasının kulağına hoş gelmesiydi (alfa, beta, gama). Onu keyiflendiren bir tesadüf olarak da makale *Physical Review*'ın 1 Nisan 1948 tarihli sayısında yayımlandı. Bu yayın, Büyük Patlama kozmolojisinin niceliksel bir bilim olarak başlangıcına işaret eder.

Alfa-beta-gama makalesinin yayımlanmasından kısa bir süre sonra Alpher ve Herman Büyük Patlama'nın doğasına ilişkin çok önemli bir öngörüde bulundular. Büyük Patlama zamanında evreni dolduran sıcak ışımanın bugünkü evreni dolduruyor olması gerektiğini, ancak uzayın evrensel genişlemesiyle birlikte genişlediği için ölçülebilir bir miktarda soğumuş olacağını fark ettiler. Bunu ilk gama ışınları ve X ışınlarının dalga boylarını elektromanyetik tayfın radyo kısmına dek geren uç derecede bir kırmızıya kayma olarak düşünebilirsiniz. 1948 yılının sonraki döneminde Alpher ve Herman bu etkiye ilişkin, bu ardalan ışımasının uygun sıcaklıktaki bir kara cisim ışıması olduğunu varsayarak yaptıkları hesaplamaları duyurdukları bir makale yayımladılar. Ardalan ışımasının sıcaklığının günümüzde yaklaşık 5 K, yani –268 °C olması gerektiğini buldular. O dönem Gamow bu çalış-

manın geçerliliğini reddetti, ancak 1950 yılına gelindiğinde fikrin ateşli savunucusu oldu ve hesaplamanın ayrıntılarını sıkça yanlış aktararak (toplamalarda hiçbir zaman iyi olmadı) ve Alpher ve Herman'a hak ettikleri saygıyı göstermeyerek bu çalışmaya birkaç popüler eserinde[15] referans verdi. Sonuç bunu hak edenler tamamen Alpher ve Herman olmasına rağmen, onun adının sıkça ardalan ışımasının varlığının tahmin edilmesiyle birlikte yanlış olarak anılması oldu.

Ardalan Işımasının Ölçülmesi

O dönemde kimse bu tahmine fazla dikkat göstermedi. Bilenler yanlış biçimde eldeki radyo astronomi teknolojisinin uzayda her yönden gelen bu kadar zayıf bir radyo ıslığının ölçülmesi için yeteri kadar iyi olmadığını düşündüler; teknolojiye sahip olanlar da bu tahminden habersizdiler. 1960'lı yılların başında New Jersey'deki Holmdel yakınlarındaki Bell Laboratuarları araştırma istasyonununda bir boynuz antenle çalışan iki radyo astronom, uzayda her yönden gelen ve yaklaşık 3 K sıcaklığındaki bir kara cisim ışımasına denk düşen belli belirsiz bir radyo gürültüsüyle rahatsız edildiklerini buldular. Arno Penzias (1933–) ve Robert Wilson (1936–) ne keşfettikleri hakkında en ufak bir fikre sahip değildiler; ancak hemen aşağıdaki Princeton Üniversitesinde Jim Peebles (1935–) yönetiminde çalışan bir ekip Büyük Patlama'nın yankısını bulmayı özel olarak hedefleyen bir radyo teleskop inşa ediyordu ve bunun nedeni Alpher ve Herman'ın öncü çalışması değil, Peebles'ın onlardan bağımsız olarak benzer hesaplamalar gerçekleştirmiş olmasıydı. Bell'deki araştırmacıların ne bulduklarının haberi Princeton'a ulaşınca Peebles olan bitene hızla açıklık getirebilecek durumdaydı. 1965 yılında yayımlanan keşif, birçok gökbilimcinin Büyük Patlama modelini bir tür soyut kuramsal oyun olarak görmeyi bırakıp içerisinde yaşadığımız evrenin olası bir betimlemesi olarak ciddiye almaya başlamalarının dönüm noktası oldu. 1978 yılında Penzias ve Wilson keşifleri nedeniyle Nobel ödülüne layık görüldüler; oysa bu onuru belki de ödül

[15] Örneğin *The Creation of the Universe* [Evrenin Yaratılışı] kitabı.

alamayan Alpher ve Herman'a oranla daha az hak ediyorlardı.[16]

Modern Ölçümler: COBE Uydusu

O zamandan bu yana kozmik ardalan ışıması çok sayıda farklı alet aracılığıyla en ince ayrıntılarına dek gözlemlendi, buna ünlü COBE uydusu dahil ve sadece 2,725 K sıcaklığında mükemmel bir kara cisim ışıması (şimdiye dek rastlanan en mükemmel kara cisim ışıması) olduğu doğrulandı. Büyük Patlama'nın gerçekten olduğunun veya daha bilimsel bir dille ifade edersek görünen evrenin bundan 13 milyar yıl önce son derece sıcak, yoğun bir aşama geçirdiğinin en güçlü tekil kanıtı budur. Yirmi birinci yüzyılda kozmologlar bu süper sıcak enerji ateş topunun başlangıçta nasıl ortaya çıktığı muammasını çözmeye uğraşıyorlar ancak henüz tartışmalı olan bu fikirleri burada aktarmayacağız ve kozmoloji anlatımımızı bildiğimiz kadarıyla evrenin bir Büyük Patlama'dan doğduğu yönünde çok kuvvetli kanıtların ortaya çıktığı noktada sonlandıracağız; buna bir tarih vermek gerekirse 1992 ilkbaharında Cobe sonuçlarının duyurulması en uygun tarih olarak seçilebilir. Sonuç olarak, gözlem yoluyla doğru olduğu kanıtlanmış tahminler yürütmüş olması nedeniyle bugün Büyük Patlama modeli Büyük Patlama kuramı olarak isimlendirilmeye hak kazanmıştır.

Büyük Patlama'dan sonra ortaya çıkan şey tam olarak nedir? Alpher ve Herman sonrasında hesaplamalarını rafineleştirdiler ve çekirdeklere tekrar tekrar, her seferinde bir nötron eklenmesi yoluyla üretilen elementler (nükleosentez) şemalarında temel bir problem olduğunu keşfettiler. Bir süre sonra atomik ölçekte kütleleri 5 birim veya 8 birim olan hiçbir kararlı çekirdek olmadığı ortaya çıktı. İşe (bugün $E = mc^2$ gereği Büyük Patlama ateş topundaki saf enerjiden ortaya çıktığı düşünülen) protonlar ve nötronlardan oluşan bir denizle başlandığında, hidrojen ve helyum yapmak kolaydır ve Gamow'un takımının öncülüğünü yaptığı hesaplamaların modern versiyonları bize bu yolla Büyük

[16] Nobel Komitesinin de çok sayıda başka insan gibi tahminin Gamow tarafından yapıldığını düşündüğünden hep kuşkulanmışımdır. 1978'te Gamow ölmüştü ve Nobel ödülleri hiçbir zaman ölenlere verilmez. Alpher ve Herman'ın göz ardı edilmesini açıklayabilecek bildiğimiz başka bir neden yok.

Patlama'da kabaca yüzde 75'i hidrojen ve yüzde 25'i helyum olan bir karışımın yapılabileceğini söylemektedir. Fakat helyum-4'e bir nötron eklerseniz o kadar kararsız bir izotop elde edersiniz ki, daha fazla etkileşime geçerek kararlı bir çekirdek oluşturmaya zaman bulamadan önce bu yeni nötron dışarı atılır. Bir helyum-3 çekirdeği ile bir helyum-4 çekirdeğinin birbirine tutunduğu nadir rastlanan etkileşimlerle çok az bir lityum-7 oluşturulabilir, ancak Büyük Patlama'nın ateşinde var olan koşullar altında bir sonraki adım bir berilyum-8 çekirdeğinin oluşmasıdır ki bu da derhal iki helyum-4 çekirdeğine bölünür. Büyük Patlama'da sadece hidrojen ve helyum (eser miktarda lityum-7 ve dötoryum) oluşturuyor olabilseniz, o zaman bütün diğer elementlerin başka yerde oluşturulmuş olması gerekirdi. Bu "başka yer" için olası tek alternatif yıldızların içidir. Fakat bunun nasıl olduğunun anlaşılması hemen değil aşama aşama mümkün oldu, başlangıcıysa 1920'lerin sonu ve 1930'lu yıllarda güneş ve yıldızların dünyayla aynı elementlerin karışımından oluşmadığının anlaşılmasıydı.

Güneşin temelde dünyayla aynı türde ancak daha sıcak malzemelerden oluşmuş olduğu fikri uzun bir geçmişe sahiptir ve gök cisimlerinin tanrı muamelesi görmekten uzaklaşıp bilimsel diyebileceğimiz bir yaklaşımla ele alınması yönündeki ilk girişimlere dek uzanır. Bu açıdan MÖ beşinci yüzyılda yaşamış Yunan filozof Atinalı Anaxagoras'a kadar geriye gidebiliriz. Anaxagoras güneşin bileşimi konusunda ilk düşüncesini bir göktaşının Aegospotami yakınlarına düşmesinin ardından geliştirdi. Göktaşı yere ulaştığında kırmızı ateş rengindeydi ve gökyüzünden gelmişti; dolayısıyla Anaxagoras bunun güneşten geldiğine hükmetti. Yapısı büyük oranda demirdendi, dolayısıyla Anaxagoras güneşin demirden oluştuğuna karar verdi. O dönemde ne dünyanın yaşını, ne kırmızı sıcak bir demir güllenin soğumasının ne kadar süreceğini ne de güneşin parlamasını sağlayan bir enerji formu olup olmadığını bilme olanağı olmadığı için, güneşin kırmızı sıcak demirden bir top olduğu fikri iş gören bir hipotez durumundaydı (Anaxagoras'ı çok sayıda kişinin ciddiye aldığı da söylenemez). Benzer biçimde, insanlar yirminci yüzyılın başında güneşin ısısının kaynağının nükleer enerji olduğunu düşünmeye başladıklarında, radyumun görece küçük bir miktarının radyoaktif bozunumunun güneşin parlamasını sağla-

dığının öğrenilmesi, (görece kısa bir süre için bile olsa) güneşin kütlesinin çoğunun ağır metallerden oluşabileceği fikrini teşvik etti. Bunun sonucunda birkaç astronom ve fizikçi nükleer füzyonun güneşi ve yıldızları sıcak tutan enerjiyi nasıl sağlayabileceğini araştırmaya başladıklarında, yıldızların içerisinde ağır elementlere daha sık, protonlaraysa daha nadir rastlandığı varsayımıyla, protonların (hidrojen çekirdeklerinin) ağır elementlerin çekirdekleriyle kaynaştığı süreçleri araştırarak işe başladılar. 1920 yılında hidrojenin helyuma dönüşmesi konusunda ileri görüşlü yorumlara sahip olan Eddington bile hâlâ bir yıldızın kütlesinin başlangıçta sadece yüzde 5'inin hidrojen formunda olabileceğini varsayıyordu.

Protonların ağır çekirdeklerin içerisine girdiği süreç, bir alfa parçacığının (helyum çekirdeği) bir ağır çekirdekten kaçtığı alfa bozunumu sürecinin tam tersidir ve Gamow'un keşfettiği kuantum tünellemede geçerli olan kurallar onda da geçerlidir. Gamow'un tünelleme etkisi hesaplamaları 1928 yılında yayımlandı; ondan tam bir yıl sonra Galli astrofizikçi Robert Atkinson (1889–1982) ve onun daha önce Gamow'la birlikte çalışmış Alman çalışma arkadaşı Fritz Houtermans (1903–1966), protonlar ağır çekirdeklerle kaynaşınca yıldızların içerisinde gerçekleşebilecek nükleer tepkime türünü anlatan bir makale yayımladılar. Makaleleri "kısa bir süre önce Gamow artı yüklü parçacıkların, geleneksel inanç enerjilerinin yetersizliğinden vazgeçmese bile atom çekirdeği içerisine girebileceklerini gösterdi" cümlesiyle başlıyordu. Kilit nokta budur. Eddington özellikle kütlesinden, çapından ve uzaya bıraktığı enerji hızından yola çıkarak güneşin merkezindeki sıcaklığı hesaplamak için fizik yasalarını kullandı. Tünelleme etkisi olmaksızın bu sıcaklık (yaklaşık 15 milyon K), çekirdeklerin karşılıklı elektrik itkilerini yenmelerine ve birbirlerine tutunmalarına yetecek kuvvetle bir araya gelmelerini sağlamak için gerekenden çok çok düşüktür. 1920'li yılların başında fizikçiler protonların kaynaşarak helyum oluşturmaları için gerekli olan sıcaklık ve basınç koşullarını ilk kez hesapladıklarında, bu birçoğuna aşılmaz bir sorun olarak göründü. 1926 yılında, tam kuantum devriminin gerçekleştiği sırada yayımlanan *The Internal Constitution of the Stars* [*Yıldızların İç Yapısı*] adlı kitabında Eddington buna "yıldızların bu süreç için yeterince sıcak olmadığı eleştirisini getiren-

lerle tartışmıyoruz; onlara gidip *daha sıcak* bir yer bulmalarını söylüyoruz" cevabını verdi. Bu genellikle Eddington'un kendisini eleştirenlere cehenneme gitmelerini söylediği şeklinde yorumlanır. Kuantum devrimi ve özellikle tünelleme Eddington'un silahlarına davranmakta haklı olduğunu kısa süre sonra gösterdi ve farklı bilimsel disiplinlerin birbirine bağlılığını bundan daha açık gösteren bir şey olamaz. Yıldızların iç işleyişini kavrayıştaki ilerlemenin sağlanması, ancak protonlar gibi varlıkların kuantum özelliklerinin anlaşılmaya başlanmasıyla mümkün olabilirdi.

Yine de gördüğümüz üzere Atkinson ve Houtermans bile 1928 yılında güneşin ağır metaller yönünden zengin olduğunu varsaymaktaydı. Fakat tam hesaplamalarını gerçekleştirdikleri dönemde spektroskopi, bu varsayıma gölge düşürecek kadar yetkinlik kazandı. Britanya doğumlu gökbilimci Cecilia Payne (daha sonra Cecilia Payne Gaposchkin; 1900–1979) 1928 yılında Radcliffe College'da Henry Norris Russell'ın denetmenliğinde doktora çalışmasını sürdürüyordu. Spektroskopi kullanarak yıldız atmosferlerinin bileşimlerinin hidrojen ağırlıklı olduğunu keşfetti. Bu o kadar şaşırtıcı bir sonuçtu ki, sonuçlarını yayımladığında Russell ona, gözlemlenen spektroskopik özelliklerin yıldızların gerçekte hidrojenden oluştuğunu gösterdiğinin kabul edilemeyeceğini, bunların yıldız koşulları altında tayftaki görünüşlerini abartan bazı garip hidrojen davranışları nedeniyle ortaya çıkmış olması gerektiğini belirten bir şerh koyması için ısrar etti. Fakat hemen hemen aynı dönemde Alman Albrecht Unsöld (1905–1995) ve genç İrlandalı astronom William McCrea (1904–1999) birbirlerinden bağımsız olarak yıldız tayflarında hidrojen çizgilerinin belirginliğinin, yıldızların atmosferlerinde bütün diğer atomların toplam sayısından bir milyon kat daha fazla hidrojen atomu olduğuna işaret ettiğini gösterdiler.

Yıldızlar Nasıl Parlar: Nükleer Füzyon Süreci

1920'lerin sonunda bir araya toplanan tüm bu çalışma parçaları, yıldızların parlamasını sağlayan şeyin anlaşılmaya başlanmasına işaret ediyordu. Yine de astrofizikçilerin süreci açıklaması en muhtemel nükleer etkileşimleri saptamaları birkaç yıl, görünen

evrenin bileşiminde baskın olan hidrojenin hangi miktarda olduğunu tam olarak bulmaları da ondan biraz daha uzun bir zaman aldı. Bu kısmen talihsiz bir tesadüfün sonucuydu. 1930'larda astrofizikçiler yıldızların iç yapısını daha ayrıntılı olarak betimleyen modeller geliştirdiklerinde bu modellerin iki şekilde işlediğini buldular. Yıldızlarla aynı türde büyüklük, sıcaklık ve kütleye sahip sıcak gaz toplarının varlığını öngörebilmeleri için, sıcak cisimlerin bileşiminin ya kabaca üçte iki oranında ağır elementler ve üçte bir oranında hidrojenden (ya da hidrojen ve helyum karışımından) oluşmuş veya ağır elementler eser miktarda olacak şekilde en az yüzde 95 oranında hidrojen ve helyumdan oluşmuş olması gerekiyordu. Denklemlerin öngördüğü sıcak gaz toplarının özellikleri sadece bu iki karışımla gerçek yıldızların özellikleriyle uyuşuyor, aksi halde uyuşmuyordu. Yıldızların içerisinde eser miktardan daha fazla hidrojen olduğunun henüz daha yeni farkına varmış olan astrofizikçiler, başta doğal olarak üçte ikilik ağır element görüşünü desteklediler ve bu neredeyse bir on yıl daha protonların ağır çekirdeklere tünellemeyle girdikleri etkileşimleri araştırmaya yoğunlaşmaları anlamına geldi. Ancak hidrojeni helyuma dönüştüren karmaşık süreçleri keşfettikten sonra ağır elementlerin yıldızlarda nadir görüldüğünü ve hidrojen ve helyumun yıldız maddesinin yüzde 99'unu oluşturduğunu fark edebildiler.

Zamanı gelen çoğu bilimsel fikirde olduğu gibi, yıldızların parlamasını sağlayan nükleer füzyon süreçlerindeki temel etkileşimler, birbirlerinden bağımsız farklı araştırmacılar tarafından hemen hemen aynı anda tespit edildi. Temel katkıları yapan kişiler 1930'ların son yıllarında, o sırada Cornell Üniversitesinde çalışan Almanya doğumlu Hans Bethe ve Berlin'de çalışan Carl von Weizsäcker (1912–) oldu. Yıldızların içerisinde var olduğu bilinen sıcaklıklar altında tünelleme gibi kuantum süreçlerine izin vererek, uygun enerji salımıyla hidrojenin helyuma çevrilmesini sağlayan iki sürecin varlığını tanımladılar. Bunlardan proton-proton zinciri olarak bilinenin güneş gibi yıldızlarda egemen olan etkileşim olduğu açığa çıktı. Bu süreçte iki proton, bir pozitronun salınmasıyla bir araya gelir ve bir dötoryum (ağır hidrojen) çekirdeği oluşturur.[17] Bu çekirdekle bir proton daha kaynaştığında hel-

[17] Bu etkileşimlerin çoğunda nötrinolar da salınır, ancak sadelik amacıyla

yum-3 oluşur (iki proton artı bir nötron) ve iki helyum çekirdeği bir araya gelip dışarıya iki proton saldıklarında sonuç helyum-4 çekirdeğidir (iki proton artı iki nötron). Güneşten en az bir buçuk kat daha kütleli yıldızların içerisinde bulunan biraz daha yüksek sıcaklıklarda bu ikinci süreç daha etkili olarak işler; çok sayıda yıldızdaysa her iki süreç birden işlemektedir. Karbon döngü adı verilen ikinci süreç ise bir döngü içerisinde işler ve protonların bu çekirdeklere Atkinson ve Houtermans'ın öngördüğü şekilde tünelleme yapabileceği birkaç karbon çekirdeğinin varlığını gerektirir. Süreç döngü şeklinde işlediği için bu ağır çekirdekler etkin katalizör rolü oynayarak döngünün sonunda değişmeden kalırlar. Bir karbon-12 çekirdeğiyle başlandığında, buna bir protonun eklenmesi kararsız azot-13'ü oluşturur, bu da karbon-13 haline gelebilmek için dışarı bir pozitron atar.[18] İkinci bir proton eklenmesi azot-14'ü oluşturur, üçüncü protonun azot-14 çekirdeğine eklenmesiyse kararsız oksijen-15'in oluşumuna sebep olur, o da azot-15 olabilmek için bir pozitronu dışarıya atar. Artık sona geldik: Dördüncü protonun eklenmesiyle çekirdek dışarıya tam bir alfa parçacığını salar ve geri dönerek tekrar başlangıçtaki karbon-12 haline gelir. Fakat alfa parçacığı da aslında helyum-4 çekirdeğidir. Yol boyunca dışarıya birkaç pozitron ve bol enerji salınmasının ardından ulaşılan net sonuç, dört protonun tek bir helyum çekirdeğine dönüşmesidir.

Bu süreçlerin tanımlanması II. Dünya Savaşının başlamasından kısa bir süre önce oldu ve yıldızların iç işleyişinin anlaşılmasında ilerleme sağlanabilmesi için 1940'ların sonunda normal koşullara dönülmesini beklemek gerekti. Yine de bu alandaki çalışmalar, savaş zamanında nükleer silahların ve ilk nükleer reaktörlerin gelişimi amacıyla nükleer etkileşimlerin anlaşılması için girilen uğraşıdan çok büyük fayda sağladı. İlgili bilgilerin gizliliğinin kaldırılması, astrofizikçilere yıldızların içerisinde gerçekleşen bahsettiğimiz türden etkileşimlerin hızlarının hesaplanmasında yardımcı oldu. Alpher, Herman ve Gamow'un çalışmalarının gösterdiği hidrojen ve helyumdan adım adım daha ağır elementlerin üretilmesi sürecinde karşılaşılan "kütle boşlukları" sorunu

bu ayrıntılara girmiyoruz.

[18] Bir pozitron atılması çekirdekteki protonlardan birini nötrona çevirir.

nedeniyle 1950'lerde birkaç gökbilimci yıldızların içerisinde ağır elementlerin (nihayetinde bir yerlerden gelmeleri şarttı) nasıl üretilebileceği sorununu ele aldı. Ortaya atılan fikirlerden biri üç helyum-4 çekirdeğinin (üç alfa parçacığı) esasen aynı anda bir araya gelerek, ara adım olarak son derece kararsız bir berilyum-8 üretmek zorunda kalmadan kararlı bir karbon-12 çekirdeği üretebilmeleri olasılığıydı. Bu konuda çözüm 1953 yılında Britanyalı gökbilimci Fred Hoyle'dan geldi. "Klasik" fizik ne kadar güneş gibi bir yıldızın içerisindeki koşullar altında iki protonun kaynaşamayacağını söylerse söylesin, nükleer fiziğin en basit kavranışı böylesi "üçlü-alfa" etkileşimlerin gerçekleşebileceğini, ancak bunun bir yıldızın ömrü sırasında yeterli karbon miktarını sağlayamayacak kadar nadir olduğunu söylüyordu. Çoğu durumda bu tür üçlü çarpışmalar parçacıkları tek bir çekirdek şeklinde birleştirmemeli, paramparça etmeliydi.

"Rezonans" Kavramı

Proton füzyonu [birleşmesi] bulmacası kuantum tünelleme sayesinde çözüldü. Hoyle üçlü alfa muammasına, karbonun varlığı olgusu dışında bir kanıta ihtiyaç duymadan benzer bir derinlikli çözüm ileri sürdü; karbon-12 çekirdeği üçlü alfa parçacığı kaynaşması olasılığını çok yükselten, rezonans adı verilen bir özelliğe sahip olsa gerekti. Bu rezonanslar normalden yüksek enerji durumlarıdır. Çekirdeğin taban enerjisi bir gitar telinde çalınan ana notaya benzetilirse, rezonanslar da aynı telde çalınan ve sadece belli notaların (belli harmonilerin) mümkün olduğu daha yüksek notalara benzetilebilir. Hoyle'un öngördüğü rezonans fikrinde gizemli bir yön yoktu; ancak karbon-12'nin hangi rezonanslara sahip olacağını önceden hesaplamanın herhangi bir yolu da yoktu ve her şeyin yolunda gitmesi için karbon-12'nin (çok saf bir notaya karşılık gelecek şekilde) çok kesin bir enerjiye sahip bir rezonansı olması gerekiyordu. Hoyle Caltech'te çalışan bir deneysel fizikçi olan Willy Fowler'ı (1911–1995) karbon-12 çekirdeğinde bu tip bir rezonansın varlığını sınayan deneyler gerçekleştirmeye ikna etti. Sonuç tam da Hoyle'un tahmin ettiği gibi oldu. Bu rezonansın varlığı üç alfa parçacığının, çarpışarak etrafa saçılmak

yerine, kolayca birleşebilmelerine izin veriyordu. Bu enerjili bir karbon-12 çekirdeği yaratıyor, daha sonra çekirdek fazla enerjisini dışarıya yayıyor ve (taban durumu olarak tanımlanan) temel enerji düzeyine yerleşiyordu. Bu keşif, yıldızların içerisinde helyumdan daha ağır elementlerin nasıl üretilebildiğinin sırrını aydınlatan keşifti.[19] Elinizde çalışabileceğiniz karbon çekirdekleri varsa eğer, daha ağır elementler oluşturmak için bunlara daha fazla alfa parçacığı ekleyebilir (böylece karbon-12'den oksijen-16'ya, oradan neon-20'ye vs ilerleyebilir) veya Atkinson, Houtermans ve farklı bir bağlamda Alpher ve Herman vd'lerinin önerdiği biçimde tek tek proton eklemesi yapabilirdiniz (karbon döngüde bu tür bir süreç de işletilebilir). Hoyle, Fowler ve onların Britanya doğumlu meslektaşları Geoffrey Burbidge (1925–) ve Margaret Burbidge (1922–) 1957 yılında yayımladıkları bir makaleyle bize yıldızların içerisinde elementlerin bu yolla nasıl oluştuğunu anlatan tanılayıcı bir açıklama sağladılar.[20] Bu makalenin ardından astrofizikçiler yıldızların iç işleyişini ayrıntılarıyla modellemeyi ve bu modelleri gerçek yıldız gözlemleriyle karşılaştırma yoluyla yıldızların yaşam döngülerini tespit etmeyi ve başka birçok şeyin yanı sıra galaksimizdeki en yaşlı yıldızların yaşını da hesaplamayı başardılar.

Yıldızların içerisinde işleyen nükleer füzyon süreçlerinin kavranması, Büyük Patlama'da üretilen hidrojen ve helyumdan demir dahil bütün elementlerin nasıl türeyebildiğini anlamamızı sağladı. Dahası bu şekilde üretildiği düşünülen farklı elementlerin oranları geniş evrende görülen oranlarla, karbonun oksijene göreli miktarı veya neonun kalsiyuma göreli miktarı vs ile örtüştü. Ancak bu demirden daha ağır elementlerin varlığını açıklayamaz, çünkü demir çekirdekleri gündelik yaşamda karşılaştığımız maddenin en kararlı formunun en az enerjiyle temsilcisidir. Daha ağır elementlerin (altın, uranyum veya kurşun gibi) çekirdeklerini oluşturmak için, çekirdeklerin birbirleriyle kaynaşmaya zorlan-

[19] Bunun Rutherford'un alfa ışımasının helyum çekirdekleriyle olduğunu tespit edişinin üzerinden yarım yüzyıl bile geçmeden yapıldığını da not edelim.

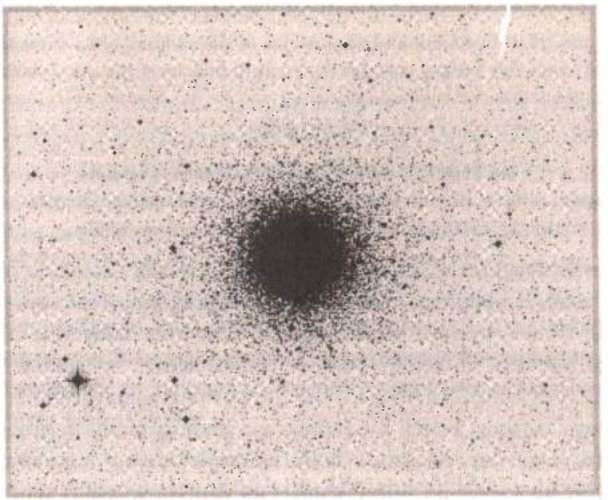
[20] Yazarların isimlerinin alfabetik sırası Burbidge, Burbidge, Fowler ve Hoyle olduğu için gökbilimciler kendi aralarında bu makaleye "B²FH" adını taktılar.

ması için enerji eklenmesi gerekir. Bu, güneşten daha kütleli yıldızlar hayatlarının sonuna ulaşıp kendilerini var eden ısıyı (az önce bahsettiğimiz türden etkileşimlerle) yaratan nükleer yakıtlarını tükettiklerinde gerçekleşir. Yakıtları bitince bu yıldızlar dramatik bir biçimde kendi üzerlerine çökerler ve böylelikle dev miktarda bir kütleçekim enerjisi serbest kalır ve ısıya çevrilir. Bunun bir etkisi, tek bir yıldızın birkaç hafta boyunca sıradan yıldızlardan oluşmuş bir galaksinin toplamı kadar parlak olması ve bir süpernovaya dönüşmesidir; bir diğeri en ağır elementlerin oluşumu için çekirdekleri kaynaştıracak enerjiyi sağlamasıdır. Üçüncü etki bu ağır elementler dahil olmak üzere yıldızın malzemesinin çoğunun yıldızlar arası uzaya saçılacağı dev bir patlamanın gerçekleşmesi ve bu saçılan parçaların yeni yıldızların, gezegenlerin ve hâttâ insanların hammaddesine katılmasıdır. Tüm bunları anlatan kuramsal modeller çok sayıda kişi tarafından 1960'lı ve 1970'li yıllarda başka galaksilerdeki (nadir gerçekleşen olaylar olan) süpernova gözlemleri temel alınarak geliştirildi. Ardından 1987'de yakın komşumuz Büyük Macellan Bulutunda bir süpernova patlaması görüldü; bu astronomik teleskopun icadından bu yana görülen en yakın süpernovaydı. Modern teleskopların bu olayın aylar boyunca gözlemine odaklanmasıyla, mümkün bütün dalga boylarında en ince ayrıntısına dek yapılan gözlemlerin analiziyle birlikte bu süpernovada gerçekleşen süreçlerin bu modellerin öngörüleriyle çok yakından örtüştüğü görüldü. Böylece yıldızların işleyişinin temellerinin anlaşılmasında son eksik parçaları da tamamlamış olduk. Tek bir insanın yaşam süresi içerisinde gerçekleşen bu kavrayışın tüm bir gelişimine şahit olmuş astronomlar açısından bu, elementlerin kökeniyle ilgili en önemli ve heyecanlı keşif oldu ve kuramsal modelin büyük ölçüde doğru olduğunu kanıtladı.

CHON ve Evrende İnsanın Yeri

Bu bizleri tüm bilimsel faaliyet tarihinin bana göre en önemli keşfine ulaştırdı. Gökbilimciler yıldızların içerisinde farklı türlerde ne kadar malzemenin üretildiğini ve süpernovalar ve daha küçük yıldız patlamalarıyla uzaya saçıldığını büyük bir kesinlikle

hesaplayabiliyorlar. Spektroskopiyi kullanarak uzaydaki gaz ve toz bulutları içinde yeni yıldızlar ve gezegen sistemlerinin biçimlendiği farklı türlerden malzemelerin miktarını ölçme yoluyla bu hesaplamalarını doğrulayabiliyorlar. Buldukları sonuç şu: Bir soy gaz olan ve kimyasal tepkimelere girmeyen helyum dışında evrende en sık rastlanan dört element hidrojen, karbon, oksijen ve azot; bunların İngilizce başharf kısaltmasıyla CHON'dur. Bu Galileo'nun teleskopunu gökyüzüne ilk çevirdiği günden başlayıp 1987 yılındaki süpernova gözlemleriyle sonuçlanan tüm bir araştırma sürecinin ortaya çıkardığı kesin bir gerçektir. Yüzyıllar boyunca yıldızların bilimsel açıdan araştırılmasıyla bir alakası yokmuş gibi görünen bir başka araştırma süreci, bundan bir süre öncesinde Vesalius'un insan vücudunun incelenmesini bilimsel temele oturtma çabasıyla başlamıştı. 1950'li yıllarda DNA araştırmalarıyla doruğuna ulaşan bu araştırma sürecinin ortaya koyduğu nihai gerçek, özel bir hayati kuvvetin varlığına dönük herhangi bir kanıt olmadığı, aksine dünya üzerindeki tüm yaşamın, bizlerinki dahil kimyasal süreçlere dayalı olduğuydu. Yaşamın kimyasında en sık rastlanan dört element de hidrojen, karbon, oksijen ve azottur. Bizler tam da evrende en kolay bulunan hammaddelerden oluşuyoruz. Buradan çıkan sonuç dünyanın özel bir yer olmadığı ve CHON'a dayalı yaşam formlarının evrende sadece bizim galaksimiz değil başka yerlerde de görülmesinin olası olduğudur. Bu insanın evrende özel, ayrıcalıklı bir yere sahip olmadığının kesinleşmesi, Kopernik ve *De Revolutionibus*'la başlayan sürecin tamamlanmasıdır. Dünya ortalama bir galaksinin dış kısımlarındaki sıradan bir yıldızın çevresinde dönen sıradan bir gezegendir. Galaksimiz yüz milyarlarca yıldıza sahiptir, görünen evrende de yüz milyarlarca galaksi vardır, bunların hepsi de CHON zengini güneş gibi yıldızlarla doludur ve gaz ve toz bulutlarıyla süslenmiştir. Dünyanın evrenin merkezinde olduğu, güneşin ve yıldızların onun çevresinde döndüğü, insanoğlunun bütün diğer "düşük" yaşam formlarından niteliksel olarak farklı, yaradılışın biricik zirvesi olduğu biçimindeki Ön-Rönesans düşüncesi kadar gerçeğe aykırı bir şey olamaz.



41. Küresel yıldız kümesi NGC 362'nin optik görüntüsü (negatifi)

Bilinmeyene Doğru

Peki, bu keşifler kimilerinin iddia ettiği gibi bilimin kendi sonuna ulaşmak üzere olduğu anlamına mı geliyor? Artık yaşamın ve evrenin nasıl işlediğini bildiğimize göre geriye ayrıntıları tamamlamak dışında bir şey kalmadı mı? Ben kaldığına inanıyorum. Ayrıntıları tamamlamak bile çok uzun bir iş olacak; yine de bilimin şu anda niteliksel bir değişim geçirdiğini söyleyebiliriz. Daha önce de kullandığım ve henüz daha iyisini bulamadığım benzetme, satranç analojisidir. Küçük bir çocuk, atın hareketi gibi karmaşık olanlar dahil olmak üzere oyunun tüm kurallarını öğrenebilir. Fakat bu çocuğu satranç ustası yapmaz, hâttâ gelmiş geçmiş en büyük satranç büyükustası bile satranç oyunu hakkında bilinebilecek her şeyi bildiğini iddia etmez. *De Revolutionibus*'un yayımlanmasından dört buçuk yüzyıl sonra bizler oyunun kurallarını yeni öğrenmiş olan bu küçük çocuğun durumundayız. Genetik mühendislik ve yapay zekâ gibi gelişmelerle oyunu oynamak için ilk denemelerimizi yapmaya yeni başlıyoruz. Önümüzdeki beş yüzyıl, belki de beş bin yıl ne getirir, kim bilir...

Sonsöz:
Bir Şeyleri Anlamanın Hazzı

Bilim bireysel bir etkinliktir. Birkaç nadir örnek haricinde bilimciler tarih boyunca mesleklerini icra ederken şan, şeref veya maddi bir ödül arayışıyla davranmamış, dünyanın işleyişine ilişkin kendi meraklarını tatmin peşinde koşmuşlardır. İçlerinden bazıları gördüğümüz üzere keşiflerini hiç kimseye açmayarak bunu uç noktaya taşımış, belirli bir bulmacayı çözmüş olmanın bilgisiyle mutlu, başarıları hakkında böbürlenmeye ihtiyaç duymamışlardır. Her ne kadar her bilim insanı (her bilimciler nesli) kendi dönemlerinin bağlamında, eldeki teknolojinin yardımıyla daha önce yapılanların üzerinden ilerleyerek var olup yaşıyor olsa da, katkısını nihayetinde bir birey olarak yapar. Bu yüzden bilim tarihine ilişkin, bir bilim insanını imleyen şeyi açıklığa kavuşturmak ve bir bilimsel gelişmenin nasıl bir diğerine sebep olduğunu açığa çıkarmak umuduyla temelde biyografik bir yaklaşım kullanmak (en azından bu tip bir tarih yazımındaki ilk denememde) bana da doğal geldi. Bunun günümüzde tarihçilerce fazla tercih edilmeyen bir yaklaşım olduğunun ve kitabımı okuyan profesyonel tarihçilerin beni eski moda, hâttâ gerici olmakla suçlayabileceklerinin farkındayım. Fakat eski modaysam da, bu kabul görenin dışında olduğumu bilmeyişimden değil, böyle olmayı bizzat seçmiş olmamdandır. Tarih çalışmaları alanında en az tarihçi sayısı kadar farklı tarih yaklaşımının var olduğunun ve her bir yaklaşımın konuya ışık tutabileceğinin de bilincindeyim. Varsa bile çok az sayıda tarihçi, nasıl bir insanın tek bir fotoğrafı o kişi hakkındaki her şeyi bize anlatamazsa, tek bir kişinin tarih görüşünün (veya yorumunun) tarih hakkındaki bütün "gerçeği" ortaya koyabileceğini iddia eder. Benim bilim tarihi yaklaşımımda profesyonellere bile düşünme vesilesi sağlayacak bir şeylerin kendisine yer bulmuş olmasını umut ediyorum.

Bilim yapma süreci kişisel bir faaliyet olsa da, bilim esasen kişiler üstüdür. Bilim mutlak, nesnel gerçekleri kapsar. Bilim üretim süreci ile bilimin kendisinin birbirine karıştırılması, bilim insanlarının soğukkanlı, mantıklı birer makine olarak resmedildiği popüler söylenceye kaynaklık etmiştir. Oysa bilimciler nihai gerçeğin peşinde koşarken sıcakkanlı, mantıksız, hâttâ çılgın halde olabilirler. İlgilendiği bir dizi alanda (bilim, simya, din) tek bir amaç peşinde geliştirdiği saplantı düzeyindeki takıntıları ve güttüğü kişisel kan davalarındaki (Henry Cavendish'e karşı olanı kesinlikle garip olan) gözü dönmüşlüğüyle Isaac Newton, bazı ölçütler yönünden baktığımızda aklını yitirmişti. Bu yüzden bu kitapta da neyin öznel ve bu yüzden tartışmaya açık olduğu ile neyin nesnel ve tartışmasız doğru olduğu arasında ayrım yapabilmek önem taşımaktadır.

Bunun bilim tarihine ilişkin konmuş bir son nokta olduğunu iddia etmiyorum; hiçbir kitap bunu yapamaz. Bütün hikâyeler gibi bu da özneldir; ancak bir profesyonel tarihçi olarak değil, bilimsel araştırmayla profesyonel ilişki kurmuş bir insanın perspektifinden yazılmıştır ve bunun kendisine göre avantaj ve dezavantajları olmuştur. Bana sağladığı en önemli artı –buna kitapta da açıklık getirildiğini sanıyorum– bilimde Kuhncu "devrimler" fikrini reddedişim ve bilimsel gelişmeyi esasen artımlı, adım adım ilerleyen bir süreç olarak görmemdir. Bilimsel ilerlemenin iki anahtarı, bana öyle geliyor ki, kişilerin yaptıkları ve daha önce olanların giderek birikmesinden ilerleniyor olmasıdır. Bilimi insanlar yapar, insanlar bilim tarafından yapılmaz ve benim amacım da sizlere bilim yapan insanları ve bunu nasıl yaptıklarını anlatmaktı. Bilimin dünya genelinde yaşanan ekonomik ve toplumsal altüst oluşlardan belli ölçüde ayrılmış olduğu ve aynı zamanda gerçekten nesnel gerçeğin araştırılmasıyla ilgili olduğu fikri, bu bilim yaklaşımıyla yakından ilişkilidir.

Bilimsel araştırma alanında herhangi bir deneyim ve eğitim sahibi olmayan tarihçiler veya sosyologlar yer yer bilimsel gerçeğin sanatsal gerçekten daha fazla bir geçerlilik taşımadığını ve (kabaca ifade edersek) Viktoryen dönem sanatçılarının yaptığı resimler nasıl bir süre sonra moda olmaktan çıkmışsa, aynı şekilde Albert Einstein'ın genel görelilik kuramının da moda-

sının geçebileceğini ileri sürüyorlar. Bu kesinlikle böyle değil. Einstein'ın kuramını aşacak bir evren betimlemesi, bu kuramın hem bütün sınırlamalarının ötesine geçmek hem de nasıl genel görelilik Newton'ın kütleçekim kuramını kapsıyorsa, genel göreliliğin bütün başarılarını kapsamak zorundadır. İleride karşımıza Einstein'ın kuramının sınanmış olduğu herhangi bir alanda yanlış olduğunu söyleyen başarılı bir evren betimlemesi asla çıkmayacak. Örneğin ışığın güneş gibi bir yıldızın yakınından geçerken belirli bir miktarda "büküldüğü" olgusal, nesnel bir gerçektir ve genel görelilik kuramı ışığın ne kadar büküldüğünü söylemeye her zaman devam edecektir. Daha basit bir düzeyden ifade edersek, birçok başka bilimsel olgu gibi kütleçekimin ters kare yasası öylesine kesin bir gerçektir ki bu yasanın nasıl keşfedildiğini anlatan hiçbir tarih aktarımı "esas gerçek" olamaz. Kimse Newton'ın elmanın düşüşünü gözlemlemesinin kütleçekim üzerine düşünüşünü ne derece etkilediğini hiçbir zaman bilemez; hikâyeyi anlattığı sırada Newton bile ayrıntıları doğru hatırlayamamış olabilir. Yine de hepimiz hangi kütleçekim yasasını keşfettiğini bilebiliriz. Dolayısıyla benim aktarımlarım bilimsel gerçeklerin nasıl keşfedildiğinin kanıtlarının yorumlanması açısından kişisel ve özneldir; ancak bu bilimsel gerçeklerin ne olduğunun anlatılmasında kişilerüstü ve nesneldir. Robert Hooke'un Newton'ın iftirasına uğradığı yönündeki görüşüme katılabilir veya katılmayabilirsiniz; ancak her iki durumda da Hooke'un esneklik yasasının gerçekliğini kabul etmek durumundasınız.

Bilimsel gerçeğin arzuladığımız yöne uyum sağlaması için çarpıtılamadığı şeklindeki aksi yöndeki gerekçelendirmeye belirli bir örnek vermek gerekirse, bundan yarım yüzyıl önce SSCB'deki Stalinist rejim koşullarında genetik çalışmalarının sonuçlarının çarpıtılmasını hatırlatmak yeterli olacaktır. Trofim Denisovich Lysenko'nun (1898–1976) bu rejimde büyük etki yaratmasının ve onay görmesinin nedeni, Mendelci genetik ilkelerinin diyalektik materyalizm ilkelerine karşıt görüldüğü koşullarda onun genetik ve kalıtım konusundaki fikirlerinin biyolojik dünyaya ilişkin politik doğrucu bir yaklaşım sunmasıydı. Diyalektik materyalizme aykırılık meselesi bir yana, Mendelci genetiğin kalıtımın nasıl işlediğine ilişkin iyi bir betimleme sağladığı, Lysenkoculuğun-

sa sağlamadığı bir gerçektir ve bunun Lysenko'nun Sovyet tarım pratiği üzerindeki etkisi nedeniyle gayet pratik bir düzeyde, çok feci yansımaları olmuştur.

Ciddi ciddi ileri sürüldüğünü gördüğüm en acayip argümanlardan birisi de, bir elmanın bir ağaçtan düşüşünün nedenini betimlemek için "kütleçekim" gibi bir kelimenin kullanılmasının, "kütleçekim" kelimesi sonuçta bir etiket olduğu için, bunun elmanın neden düştüğünü açıklamak için "Tanrı'nın istencini" yardıma koşmaktan farksız bir mistisizm içerdiğiydi. Bunun bir etiket olduğu kesindir; aynı şekilde "Beethoven'ın Beşinci Senfonisi" kelimeleri de bir müzik parçası değil, bir müzik parçasını imleyen bir etikettir ve aynı müzik parçasına işaret etmek amacıyla V harfi için alternatif bir etiket olarak Mors alfabesi sembolleri de kullanılabilirdi. Bilim insanları kelimelerin aslında kolaylık olsun diye kullandığımız etiketler olduğunun ve ona başka bir isim verdiğimizde de gülün aynı güzellikte koktuğunun gayet bilincindedirler. Bu yüzden parçacık kuramında temel bir varlığın etiketi olarak kuark gibi anlamsız bir kelimeyi kullanmayı bilerek seçmiş ve değişik kuark türlerini tanımlamak için renk isimleri (kırmızı, mavi ve yeşil) kullanmışlardır. Kuarkların gerçekten de bu renklere sahip olduğunu ileri sürmezler. Elmaların nasıl düştüğünün bilimsel betimlemesi ile elmaların nasıl düştüğünün mistik betimlemesi arasındaki fark, olguya koyduğunuz isim ne olursa olsun, bunun kesin bir yasa aracılığıyla bilimsel yolla betimlenmiş olması (bu örnekte ters kare yasası) ve aynı yasanın bir elmanın ağaçtan düşüşünden ayın dünyanın yörüngesinde hareket etmesine dek evrende her yerde uygulanabilmesidir. Bir mistik açısından, bir elmanın ağaçtan düşüşü ile mesela bir kuyrukluyıldızın güneşin yanından geçişi arasında bir ilişki kurulmasını beklemek için herhangi bir sebep yoktur. Öte yandan "kütleçekim" kelimesi, Newton'ın *Principia*'sı ile Einstein'ın genel görelilik kuramını bünyesinde toplayan bütün bir fikirler toplamının kısa yoldan ifadesinden ibarettir. "Beethoven'ın Beşinci Senfonisi" kelimeleri nasıl bir senfoni orkestrasının şefine zengin bir müzik deneyimini anımsatıyorsa, "kütleçekim" kelimesi de bir bilim insanında zengin bir fikirler ve yasalar toplamını akla getirir. Önemli olan etiket değil, onun altında yatan evrensel yasadır ve bilime tah-

min gücünü sağlayan da budur. Bu yasayı ister "kütleçekime" ister "Tanrı'nın istencine" yorun, diğer yıldızların yörüngesindeki gezegenlerin de (ve kuyrukluyıldızların) ters kare yasasının etkisi altında olduğunu güvenle söyleyebiliriz. Kuşkusuz buna bizim kullandığımızdan farklı bir isim verecek olsalar da, bu gezegenlerde yerleşmiş tüm zeki varlıkların da aynı ters kare yasasını ölçeceklerinden emin olabiliriz.

Benim açımdan bu konu üzerinde daha fazla durmaya gerek yok. Bunun nedeni bilimin ilgilendiği kesin gerçeklerin bizim dışımızda var olması. Büyük bilim insanlarına ivme kazandıran da ün veya servet açlığı değil, Newton'dan Cavendish'e, Charles Darwin'den Feynman'a bu büyük bilim insanlarının çoğunun arkadaşları ısrar etmese ulaştıkları bulguları yayımlamaya bile gerek duymayacak kadar tatmin edici bulduğu, ancak keşfedilecek gerçekler olmasa da var olmayacak olan bir zevktir. Bu da Richard Feynman'ın sözleriyle "bir şeyleri anlamanın hazzı"dır.

KAYNAKÇA

J. A. Adhémar, *Révolutions de la mer* (yazar tarafından basılmış, Paris, 1842).

Elizabeth Cary Agassiz, *Louis Agassiz, his life and correspondence* (Houghton Mifflin & Co, Boston, 1886; iki cilt olarak yayımlanmış).

Ralph Alpher ve Robert Herman, *Genesis of the Big Bang* (OUP, Oxford, 2001).

Angus Armitage, *Edmond Halley* (Nelson, Londra, 1966).

Isaac Asimov, *Asimov's New Guide to Science* (Penguin, Londra, 1987).

John Aubrey, *Brief Lives* (ed. Andrew Clark), cilt I ve II (Clarendon Press, Oxford, 1898).

Ralph Baierlein, *Newton to Einstein* (CUP, Cambridge, 1992).

Nora Barlow (ed.), *The Autobiography of Charles Darwin, 1809–1882, with original omissions restored* (William Collins, Londra, 1958).

A. J. Berger, J. Imbrie, J. Hays, G. Kukla ve B. Saltzman (ed.), *Milankovitch and Climate* (Reidel, Dordrecht, 1984).

W. Berkson, *Fields of Force* (Routledge, Londra, 1974).

David Berlinski, *Newton's Gift* (The Free Press, New York, 2000).

A. J. Berry, *Henry Cavendish* (Hutchinson, Londra, 1960).

Mario Biagioli, *Galileo, Courtier* (University of Chicago Press, Chicago,1993).

P. M. S. Blackett, E. Bullard ve S. K. Runcorn, *A Symposium on Continental Drift* (Royal Society, Londra, 1965).

W. Bragg ve G. Porter (ed.), *The Royal Institution Library of Science*, cilt 5 (Elsevier, Amsterdam, 1970).

S. C. Brown, *Benjamin Thompson, Count Rumford* (MIT Press, Cambridge, MA, 1979).

Janet Browne, *Charles Darwin: voyaging* (Jonathan Cape, Londra, 1995).

Leonard C. Bruno, *The Landmarks of Science* (Facts on File, NewYork, 1989).

John Campbell, *Rutherford* (AAS Publications, Christchurch, New Zealand, 1999).

G. M. Caroe, *William Henry Bragg* (CUP, Cambridge, 1978).

Carlo Cercignani, *Ludwig Boltzmann* (OUP, Oxford, 1998).

S. Chandrasekhar, *Eddington* (CUP, Cambridge, 1983).

John Robert Christianson, *On Tycho's Island* (CUP, Londra, 2000).

Frank Close, *Lucifer's Legacy* (OUP, Oxford, 2000).

Lawrence I. Conrad, Michael Neve, Vivian Nutton, Roy Porter ve Andrew Wear, *The Western Medical Tradition: 800 BC to AD 1800* (CUP, Cambridge, 1995).

Alan Cook, *Edmond Halley* (OUP, Oxford, 1998).

James Croll, *Climate and Time in their Geological Relations* (Daldy, Isbister, & Co., Londra, 1875).
J. G. Crowther, *British Scientists of the Nineteenth Century* (Kegan Paul, Londra, 1935).
J. G. Crowther, *Founders of British Science* (Cresset Press, Londra, 1960).
J. G. Crowther, *Scientists of the Industrial Revolution* (Cresset Press, Londra, 1962).
William Dampier, *A History of Science*, 3. Baskı (CUP, Cambridge, 1942).
Charles Darwin, *The Origin of Species by Means of Natural Selection*, 1859 yılındaki ilk basımın eklerle yeniden basımı (Pelican, Londra, 1968; yeniden basım Penguin Classics, 1985).
Charles Darwin ve Alfred Wallace, *Evolution by Natural Selection* (CUP, Cambridge, 1958).
Erasmus Darwin, *Zoonomia*, Part 1 (J. Johnson, Londra, 1794).
Francis Darwin (ed.), *The Life and Letters of Charles Darwin* (John Murray,
Londra, 1887). Daha kısaltılmış bir versiyonu da var: *The Autobiography of Charles Darwin and Selected Letters* (Dover, New York, 1958).
Francis Darwin (ed.), *The Foundations of the Origin of Species: two essays written in 1842 and 1844 by Charles Darwin* (CUP, Cambridge, 1909).
Richard Dawkins, *The Blind Watchmaker* (Longman, Harlow, 1986).
René Descartes, *Discourse on Method and the Meditations*, çev. F. E. Sutcliffe (Penguin, Londra, 1968).
Adrian Desmond ve James Moore, *Darwin* (Michael Joseph, Londra, 1991).
Ellen Drake, *Restless Genius: Robert Hooke and his earthly thoughts* (OUP, New York, 1996).
Adrian Desmond, *Huxley* (Addison Wesley, Reading, MA, 1997).
Stillman Drake, *Galileo at Work* (Dover, New York, 1978).
Stillman Drake, *Galileo* (OUP, Oxford, 1980).
J. L. E. Dryer, *Tycho Brahe* (Adam & Charles Black, Edinburgh, 1899).
A. S. Eddington, *The Internal Constitution of the Stars* (CUP, Cambridge, 1926).
A. S. Eddington, *The Nature of the Physical World* (CUP, Cambridge, 1928).
Margaret 'Espinasse, *Robert Hooke* (Heinemann, Londra, 1956).
John Evelyn, *Diary* (ed. E. S. de Beer) (OUP, Londra, 1959).
C. W. F. Everitt, *James Clerk Maxwell* (Scribner's, New York, 1975).
J. J. Fahie, *Galileo: his life and work* (John Murray, Londra, 1903).
Otis Fellows ve Stephen Milliken, *Buffon* (Twayne, New York, 1972)
Georgina Ferry, *Dorothy Hodgkin* (Granta, Londra, 1998).
Richard Feynman, *QED: the strange theory of light and matter* (Princeton University Press, Princeton, NJ, 1985).

Richard Fifield (ed.), *The Making of the Earth* (Blackwell, Oxford, 1985).
Antony Flew, *Malthus* (Pelican, Londra, 1970).
Tore Frängsmyr (ed.), *Linnaeus: the man and his work* (University of California Press, Berkeley, 1983).
Galileo Galilei, *Galileo on theWorld Systems* (*Dialogue*'dan kısaltarak çeviren MauriceA. Finocchiaro) (University of California Press, 1997).
George Gamow, *The Creation of the Universe* (Viking, New York, 1952).
G. Gass, Peter J. Smith ve R. C. L. Wilson (ed.), *Understanding the Earth*, ikinci baskı (MIT Press, Cambridge, MA, 1972).
J. Geikie, *The Great Ice Age*, 3. Baskı (Stanford, Londra, 1894; 1. Baskıyı yayımlayan Isbister, Londra, 1874).
Wilma George, *Biologist Philosopher: a study of the life and writings of Alfred Russel Wallace* (Abelard-Schuman, New York, 1964).
William Gilbert, *Loadstone and Magnetic Bodies ve on The Great Magnet of the Earth, De Magnete*'nin 1600 yılındaki basımından P. Fleury Mottelay tarafından çevrildi (Bernard Quaritch, Londra, 1893).
C. C. Gillispie, *Pierre-Simon Laplace* (Princeton University Press, Princeton NJ, 1997).
H. E. Le Grand, *Drifting Continents and Shifting Theories* (CUP, Cambridge, 1988).
Frank Greenaway, *John Dalton and the Atom* (Heinemann, Londra, 1966).
John Gribbin, *In Search of Schrödinger's Cat* (Bantam, Londra, 1984).
John Gribbin, *In Search of the Double Helix* (Penguin, Londra, 1995).
John Gribbin, *In Search of the Big Bang* (Penguin, Londra, 1998).
John Gribbin, *The Birth of Time* (Weidenfeld & Nicolson, Londra, 1999).
John Gribbin, *Stardust* (Viking, Londra, 2000).
John ve Mary Gribbin, *Richard Feynman: a life in science* (Viking, Londra, 1994).
John Gribbin ve Jeremy Cherfas, *The First Chimpanzee* (Penguin, Londra, 2001).
JohnGribbin ve JeremyCherfas, *The Mating Game*(Penguin, Londra, 2001).
Howard Gruber, *Darwin on Man* (Wildwood House, Londra, 1974).
Thomas Hager, *Force of Nature: the life of Linus Pauling* (Simon&Schuster, New York, 1995).
Marie Boas Hall, *Robert Boyle and Seventeenth-Century Chemistry* (CUP, Cambridge, 1958).
Marie Boas Hall, *Robert Boyle on Natural Philosophy* (Indiana University Press, Bloomington, 1965).
Rupert Hall, *Isaac Newton* (Blackwell, Oxford, 1992).
Harold Hartley, *Humphry Davy* (Nelson, Londra, 1966).

Arthur Holmes, *Principles of Physical Geology* (Nelson, Londra, 1944).
Robert Hooke, *Micrographia* (Royal Society, Londra, 1665).
Robert Hooke, *The Posthumous Works of Robert Hooke* (ed. Richard Waller)
(Royal Society, Londra, 1705).
Robert Hooke, *The Diary of Robert Hooke* (ed. Henry Robinson ve Walter Adams) (Taylor & Francis, Londra, 1935).
Ken Houston (ed.), *Creators of Mathematics: the Irish connection* (University College Dublin Press, 2000).
Jonathan Howard, *Darwin* (OUP, Oxford, 1982).
Michael Hunter (ed.), *Robert Boyle Reconsidered* (CUP, Cambridge, 1994).
Hugo Iltis, *Life of Mendel* (Allen & Unwin, Londra, 1932).
John Imbrie ve Katherine Palmer Imbrie, *Ice Ages* (Macmillan, Londra, 1979).
James Irons, *Autobiographical Sketch of James Croll, with memoir of his life and work* (Stanford, Londra, 1896).
Bence Jones, *Life & Letters of Faraday* (Longman, Londra, 1870).
L. J. Jordanova, *Lamarck* (OUP, Oxford, 1984).
Horace Freeland Judson, *The Eighth Day of Creation* (Jonathan Cape, Londra, 1979).
C. Jungnickel ve R. McCormmach, *Cavendish: the experimental life* (Bucknell University Press, New Jersey, 1996).
F. B. Kedrov, *Kapitza: life and discoveries* (Mir, Moskova, 1984).
Hermann Kesten, *Copernicus and his World* (Martin Secker & Warburg, Londra, 1945).
Geoffrey Keynes, *A Bibliography of Dr Robert Hooke* (Clarendon Press, Oxford, 1960).
Desmond King-Hele, *Erasmus Darwin* (De La Mare, Londra, 1999).
David C. Knight, *Johannes Kepler and Planetary Motion* (Franklin Watts, New York, 1962).
W. Köppen ve A. Wegener, *Die Klimate der Geologischen Vorzeit* (Borntraeger, Berlin, 1924).
Helge Kragh, *Quantum Generations* (Princeton University Press, Princeton, NJ, 1999).
Ulf Lagerkvist, *DNA Pioneers and Their Legacy* (Yale University Press, New Haven, 1998).
H. H. Lamb, *Climate: present, past and future* (Methuen, Londra, cilt 1 1972, cilt 1 1977).
E. Larsen, *An American in Europe* (Rider, New York, 1953).
A.-L. Lavoisier, *Elements of Chemistry*, translated by Robert Kerr (Dover, New York, 1965; 1790 baskısının tıpkıbasımı).
Cherry Lewis. *The Dating Game* (CUP, Cambridge, 2000).
James Lovelock, *Gaia* (OUP, Oxford, 1979).

James Lovelock, *The Ages of Gaia* (OUP, Oxford, 1988).
E. Lurie, *Louis Agassiz* (University of Chicago Press, 1960).
Charles Lyell, *Principles of Geology* (Penguin, Londra, 1997; ilk basım üç cilt olarak John Murray, Londra, 1830–33).
Charles Lyell, *Elements of Geology* (John Murray, Londra, 1838).
Katherine Lyell (ed.), *Life, Letters and Journals of Sir Charles Lyell, Bart.* (iki ciltlik baskı, John Murray, Londra, 1881).
Maclyn McCarty, *The Transforming Principle* (Norton, New York, 1985).
Douglas McKie, *Antoine Lavoisier* (Constable, Londra, 1952).
H. L. McKinney, *Wallace and Natural Selection* (Yale University Press, New Haven, 1972).
Frank Manuel, *Portrait of Isaac Newton* (Harvard University Press, Cambridge, MA, 1968).
Ursula Marvin, *Continental Drift* (Smithsonian Institution, Washington DC, 1973).
James Clerk Maxwell, *The Scientific Papers of J. Clerk Maxwell* (ed. W. D. Niven) (CUP, Cambridge, 1890).
Jagdish Mehra, *Einstein, Physics and Reality* (World Scientific, Singapore, 1999).
Milutin Milankovitch, *Durch ferne Welten und Zeiten* (Köhler & Amalang, Leipzig, 1936).
Ruth Moore, *Niels Bohr* (MIT Press, Cambridge, MA 1985).
Yuval Ne'eman ve Yoram Kirsh, *The Particle Hunters*, ikinci baskı (CUP, Cambridge, 1996).
J. D. North, *The Measure of the Universe* (OUP, Oxford, 1965).
Robert Olby, *The Path to the Double Helix* (Macmillan, Londra, 1974).
C. D. O'Malley ve *reas Vesalius of Brussels 1514–1564* (University of California Press, Berkeley, 1964).
Henry Osborn, *From the Greeks to Darwin* (Macmillan, New York, 1894).
Dorinda Outram, *Georges Couvier* (Manchester University Press, Manchester, 1984).
Dennis Overbye, *Einstein in Love* (Viking, New York, 2000).
H. G. Owen, *Atlas of Continental Displacement: 200 million years to the present* (CUP, Cambridge, 1983).
Abraham Pais, *Subtle is the Lord...* (OUP, Oxford, 1982).
Abraham Pais, *Inward Bound: of matter and forces in the physical world* (OUP, Oxford, 1986).
Linus Pauling ve Peter Pauling, *Chemistry* (Freeman, San Francisco, 1975).
Samuel Pepys, *The Shorter Pepys* (seçme ve çeviri Robert Latham; Penguin, Londra, 1987).
Roger Pilkington, *Robert Boyle: father of chemistry* (John Murray, Londra, 1959).

John Playfair, *Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth* (1802 baskısının yeniden tıpkıbasımı, George White'ın önsözüyle) (Dover, New York, 1956).

Franklin Portugal ve Jack Cohen, *A Century of DNA* (MIT Press, Cambridge, MA, 1977).

Lawrence Principe, *The Aspiring Adept* (Princeton University Press, Princeton, NJ, 1998).

Bernard Pullman, *The Atom in the History ofHuman Thought* (OUP, Oxford, 1998).

Lewis Pyenson ve Susan Sheets-Pyenson, *Servants of Nature* (Harper Collins, Londra, 1999).

Susan Quinn, *Marie Curie* (Heinemann, Londra, 1995).

Peter Raby, *Alfred Russel Wallace* (Chatto & Windus, Londra, 2001).

Charles E. Raven, *John Ray* (CUP, Cambridge, 1950).

James Reston, *Galileo* (Cassell, Londra, 1994).

Colin A. Ronan, *The Cambridge Illustrated History of the World's Science* (CUP, Cambridge, 1983).

S. Rozental (ed.), *Niels Bohr* (North-Holland, Amsterdam, 1967).

Jo´ sef Rudnicki, *Nicholas Copernicus* (Copernicus Quatercentenary Celebration Committee, Londra, 1943).

Anne Sayre, *Rosalind Franklin & DNA* (Norton, New York, 1978).

Stephen Schneider ve Randi Londer, *The Coevolution of Climate & Life* (Sierra Club, San Francisco, 1984).

Erwin Schrödinger, *What is Life?* ve *Mind and Matter* (CUP, Cambridge, 1967) (ilk baskıları ayrı ayrı 1944 ve 1958 yıllarında yayımlanmış iki kitabın birlikte basımı).

J. F. Scott, *The Scientific Work of René Descartes* (Taylor&Francis, Londra, 1952).

Steven Shapin, *The Scientific Revolution* (University of Chicago Press, Londra, 1966).

John Stachel (ed.), *Einstein's Miraculous Year* (Princeton University Press, Princeton, NJ, 1998).

Frans A. Stafleu, *Linnaeus and the Linneans* (A. Oosthoek's Uitgeversmaatschappij NV, Utrecht, 1971).

Tom Standage, *The Neptune File* (Allen Lane, Londra, 2000).

G. P. Thomson, *J. J. Thomson* (Nelson, Londra, 1964).

J. J. Thomson, *Recollections and Reflections* (Bell & Sons, Londra, 1936).

Norman Thrower (ed.), *The Three Voyages of Edmond Halley* (Hakluyt Society, Londra, 1980).

Conrad von Uffenbach, *Londra in 1710* (çev. ve ed. W. H. Quarrell ve Margaret Mare) (Faber & Faber, Londra, 1934).

Alfred Russel Wallace, *My Life* (Chapman & Hall, Londra; ilk basım iki cilt olarak yayımlandı,1905; gözden geçirilmiş tek cilt basım, 1908).

James Watson, 'The Double Helix', in Gunther Stent (ed.), *The Double Helix* 'critical edition' (Weidenfeld & Nicolson, Londra, 1981).

Alfred Wegener, *The Origin of Continents and Oceans* (Methuen, Londra, 1967) (dördüncü Almanca baskının çevirisi, 1929'da yayımlandı).

Richard Westfall, *Never at Rest: a biography of Isaac Newton* (CUP, Cambridge, 1980).

Richard Westfall, *The Life of Isaac Newton* (CUP, Cambridge, 1993) (*Never at Rest*'in daha kısa ve daha rahat okunan bir versiyonu).

Michael White: *Isaac Newton: the last sorcerer* (Fourth Estate, Londra, 1997).

Michael White ve John Gribbin, *Einstein: a life in science* (Simon& Schuster, Londra, 1993).

Michael White ve John Gribbin, *Darwin: a life in science* (Simon& Schuster, Londra, 1995).

A. N. Whitehead, *Science and the Modern World* (CUP, Cambridge, 1927).

Peter Whitfield, *Landmarks in Western Science* (British Library, Londra, 1999).

L. P. Williams, *Michael Faraday* (Chapman, Londra, 1965).

David Wilson, *Rutherford* (Hodder & Stoughton, Londra, 1983).

Edmund Wilson, *The Cell in Development and Inheritance* (Macmillan, New York, 1896).

Leonard Wilson, *Charles Lyell* (Yale University Press, New Haven, 1972).

Thomas Wright, *An Original Theory of the Universe* (Chapelle, Londra, 1750) (tıpkıbasım, ed. Michael Hoskin, Macdonald, Londra, 1971).

W. B. Yeats, 'Among School Children' örneğin *Selected Poetry* içerisinde (ed. Timothy Webb) (Penguin, Londra, 1991).

David Young, *The Discovery of Evolution* (CUP, Cambridge, 1992).

Arthur Zajonc, *Catching the Light* (Bantam, Londra, 1993).

JOHN GRIBBIN
BİLİM TARİHİ

Bilim Tarihi dünyayı algılayışımızı değiştiren insanların ve onların içerisinde yaşadıkları altüst oluş dönemlerinin büyüleyici öyküsüdür. Düşünceleri yüzünden Engizisyonda yargılanan Galileo'dan rakiplerini tarih kitaplarından silen Newton'a; keşfettiği ve adını verdiği element yüzünden ölen Marie Curie'den geçmişte buzul çağının yaşandığını kanıtlamak için meslektaşlarını bir dağın tepesine çıkartan Louis Agassiz'e dek herkesi bu kitapta bulabilirsiniz. Öncüler, ileriyi görenler, kendine özgü şahsiyetlerle dolu bu kitap bilim tarihinin daha önce hiç anlatılmamış bir hikâyesini sunuyor.

"Bilimdeki kişisel dram ve başarıları aktaran bir kitap arıyorsanız, daha fazla aramanıza gerek yok."

–Guardian

"Sürükleyici ve eğlendirici … Sizi içine zevkle, rahatlıkla çekiyor."

–Independent on Sunday

"Olağanüstü bir kitap… Sayısız miti yıkıyor ve bilimin çok bilinen bazı masallarının arkasındaki gerçekleri açığa çıkartıyor (örneğin Galileo Pisa Kulesi'nden aşağıya farklı ağırlıklar hiç atmamış)."

–Economist

"Ele aldığı kişilerin zafer ve yenilgilerini sanki onları kişisel olarak tanıyormuş gibi izliyoruz…"

–Sunday Telegraph

ALFA
Ticarethane Sokak, No: 15, 34110
Cağaloğlu, Fatih - İstanbul
T. 0212 513 3420 (pbx)
F. 0212 519 3300
www.alfakitap.com



BİLİM BİLİM TARİHİ
ISBN: 978-605-106-885-5
9 786051 068855